

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

### RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA

### TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

### ELABORATI GENERALI

### GEOTECNICA

Relazione geotecnica generale

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I V 0 I 0 0 D 2 6 R B G E 0 0 0 5 0 0 1 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	A. Mingoia <i>[Signature]</i>	Dic. 2021	G. Nitti <i>[Signature]</i>	Dic. 2021	G. Fadda <i>[Signature]</i>	Dic. 2021	F. Arduini Giu. 2024
B	Emissione definitiva	A. Mingoia <i>[Signature]</i>	Feb. 2022	G. Nitti <i>[Signature]</i>	Feb. 2022	G. Fadda <i>[Signature]</i>	Feb. 2022	ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dott. Ing. Fabrizio Arduini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° 18902 del 4/4
C	Emissione esecutiva	R. Colombero <i>[Signature]</i>	Giu. 2024	G. Nitti <i>[Signature]</i>	Giu. 2024	M. Firpo <i>[Signature]</i>	Giu. 2024	

File: IV0I00D26RBGE0005001C.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	13
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	14
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	15
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	15
3.2	DOCUMENTI CORRELATI .....	16
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	17
5	CENNI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI.....	18
6	CAMPAGNE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	19
6.1	INDAGINI E PROVE IN SITO .....	19
6.2	PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO.....	20
7	DEFINIZIONE DELLE UNITÁ GEOTECNICHE E DESCRIZIONE DEI PROFILI .....	23
7.1	FINALE LIGURE .....	23
7.2	BORGIO VEREZZI.....	24
7.3	PIETRA LIGURE.....	25
7.4	BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2.....	26
7.5	CERIALE 1 .....	27
7.6	CERIALE 2 .....	28
7.7	CERIALE 3 .....	29
7.8	ALBENGA 1.....	31
7.9	ALBENGA 2.....	32
7.10	ANDORA .....	33
7.11	SEZIONI GEOTECNICHE TRASVERSALI .....	34
	<i>Galleria artificiale Parei.....</i>	<i>34</i>
	<i>Galleria artificiale Bastia 1.....</i>	<i>35</i>

	<i>Galleria artificiale Bastia 2</i> .....	36
8	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b> .....	37
8.1	<b>CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI</b> .....	38
	<i>Composizione granulometrica</i> .....	38
	<i>Peso di volume, peso secco, peso specifico dei grani</i> .....	40
	<i>Contenuto d'acqua - Limiti di consistenza</i> .....	42
	<i>Densità relativa</i> .....	44
	<i>Resistenza al taglio</i> .....	45
	<i>Grado di sovraconsolidazione</i> .....	52
	<i>Caratteristiche di deformazione</i> .....	54
8.2	<b>CARATTERIZZAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI</b> .....	58
9	<b>SINTESI DELLE UNITÁ GEOTECNICHE</b> .....	73
9.1	<b>UNITÁ TERRENI</b> .....	73
9.2	<b>UNITÁ ROCCE</b> .....	73
10	<b>PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO</b> .....	75
10.1	<b>PARAMETRI GEOTECNICI MEDI OPERATIVI – UNITÁ GEOTECNICHE</b> .....	75
10.2	<b>PARAMETRI GEOTECNICI MEDI OPERATIVI – UNITÁ ROCCE</b> .....	77
11	<b>IDROGEOLOGIA</b> .....	79
11.1	<b>CONSIDERAZIONI SULL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE</b> .....	79
11.2	<b>CONSIDERAZIONI SULL'IDROLOGIA SOTTERRANEA</b> .....	79
11.3	<b>ASPETTI IDROGEOLOGICI DELLE FORMAZIONI INTERFERITE DAL TRACCIATO – CLASSI DI PERMEABILITÀ</b> .....	79
11.4	<b>PROVE DI PERMEABILITÀ</b> .....	83
11.5	<b>MISURE PIEZOMETRICHE</b> .....	86
12	<b>CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA SISMICITÀ DELL'AREA</b> .....	98
12.1	<b>AZIONI SISMICHE DI PROGETTO</b> .....	100
12.2	<b>CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE AI FINI DEL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA</b> .....	103

12.3	STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE .....	107
	<i>Condizioni di esclusione da verifica a liquefazione .....</i>	<i>107</i>
	<i>Dati di pericolosità sismica e magnitudo .....</i>	<i>108</i>
	<i>Metodologia di analisi.....</i>	<i>110</i>
12.4	RISULTATI .....	113
13	POTENZIALI CRITICITÀ .....	141
13.1	FINALE LIGURE .....	141
13.2	BORGIO VEREZZI.....	141
13.3	PIETRA LIGURE.....	141
13.4	BORGHETTO SANTO SPIRITO 1 E 2 .....	142
13.5	CERIALE 1, 2, 3.....	142
13.6	ALBENGA 1, 2.....	142
13.7	ALASSIO .....	142
13.8	ANDORA.....	143
14	CONCLUSIONI .....	144

## INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1. QUADRO DI RIFERIMENTO DELLE SEZIONI GEOTECNICHE TRASVERSALI .....	34
TABELLA 2. CORRELAZIONI GEOTECNICHE UTILIZZATE PER L'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE SPT.....	37
TABELLA 3. COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA – BORGIO VEREZZI .....	38
TABELLA 4. COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA – PIETRA LIGURE .....	38
TABELLA 5. COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2.....	38
TABELLA 6. COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA – CERIALE 1, 2, 3.....	39
TABELLA 7. COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA – ALBENGA 1, 2 .....	39
TABELLA 8. COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA – ANDORA.....	39
TABELLA 9. PESO DI VOLUME – BORGIO VEREZZI.....	40
TABELLA 10. PESO DI VOLUME – PIETRA LIGURE .....	40
TABELLA 11. PESO DI VOLUME – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2.....	40
TABELLA 12. PESO DI VOLUME – CERIALE 1, 2, 3.....	41

TABELLA 13. PESO DI VOLUME – ALBENGA 1, 2.....	41
TABELLA 14. PESO DI VOLUME – ANDORA.....	41
TABELLA 15. CONTENUTO D’ACQUA E LIMITI DI CONSISTENZA – BORGIO VEREZZI.....	42
TABELLA 16. CONTENUTO D’ACQUA E LIMITI DI CONSISTENZA – PIETRA LIGURE .....	42
TABELLA 17. CONTENUTO D’ACQUA E LIMITI DI CONSISTENZA – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2.....	42
TABELLA 18. CONTENUTO D’ACQUA E LIMITI DI CONSISTENZA – CERIALE 1, 2, 3.....	43
TABELLA 19. CONTENUTO D’ACQUA E LIMITI DI CONSISTENZA – ALBENGA 1, 2.....	43
TABELLA 20. CONTENUTO D’ACQUA E LIMITI DI CONSISTENZA – ANDORA.....	43
TABELLA 21. DENSITÀ RELATIVA – BORGIO VEREZZI .....	44
TABELLA 22. DENSITÀ RELATIVA – PIETRA LIGURE .....	44
TABELLA 23. DENSITÀ RELATIVA – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2 .....	44
TABELLA 24. DENSITÀ RELATIVA – CERIALE 1, 2, 3 .....	44
TABELLA 25. DENSITÀ RELATIVA – ALBENGA 1, 2 .....	44
TABELLA 26. DENSITÀ RELATIVA – ALASSIO.....	45
TABELLA 27. DENSITÀ RELATIVA – ANDORA.....	45
TABELLA 28. COESIONE NON DRENATA – BORGIO VEREZZI .....	45
TABELLA 29. COESIONE NON DRENATA – PIETRA LIGURE .....	46
TABELLA 30. COESIONE NON DRENATA – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2 .....	46
TABELLA 31. COESIONE NON DRENATA – CERIALE 1, 2, 3 .....	46
TABELLA 32. COESIONE NON DRENATA – ALBENGA 1, 2 .....	47
TABELLA 33. COESIONE NON DRENATA – ALASSIO.....	47
TABELLA 34. COESIONE NON DRENATA – ANDORA.....	47
TABELLA 35. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI COESIVI – BORGIO VEREZZI.....	48
TABELLA 36. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI COESIVI – PIETRA LIGURE.....	48
TABELLA 37. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI COESIVI – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2.....	48
TABELLA 38. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI COESIVI – CERIALE 1, 2, 3.....	49
TABELLA 39. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI COESIVI – ALBENGA 1, 2.....	49
TABELLA 40. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI COESIVI – ALASSIO .....	49
TABELLA 41. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI COESIVI – ANDORA .....	49
TABELLA 42. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI INCOERENTI – BORGIO VEREZZI .....	50
TABELLA 43. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI INCOERENTI – PIETRA LIGURE .....	50
TABELLA 44. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI INCOERENTI – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2 .....	50
TABELLA 45. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI INCOERENTI – CERIALE 1, 2, 3 .....	51
TABELLA 46. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI INCOERENTI – ALBENGA 1, 2 .....	51
TABELLA 47. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI INCOERENTI – ALASSIO.....	51

TABELLA 48. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. TERRENI INCOERENTI – ANDORA .....	51
TABELLA 49. GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR – BORGIO VEREZZI.....	52
TABELLA 50. GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR – PIETRA LIGURE.....	52
TABELLA 51. GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2.....	52
TABELLA 52. GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR – CERIALE 1, 2, 3.....	53
TABELLA 53. GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR – ALBENGA 1, 2.....	53
TABELLA 54. GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR – ALASSIO .....	53
TABELLA 55. GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR – ANDORA .....	53
TABELLA 56. MODULO DI DEFORMABILITÀ. TERRENI COESIVI – BORGIO VEREZZI.....	54
TABELLA 57. MODULO DI DEFORMABILITÀ. TERRENI COESIVI – PIETRA LIGURE.....	54
TABELLA 58. MODULO DI DEFORMABILITÀ. TERRENI COESIVI – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2.....	54
TABELLA 59. MODULO DI DEFORMABILITÀ. TERRENI COESIVI – CERIALE 1, 2, 3.....	55
TABELLA 60. MODULO DI DEFORMABILITÀ. TERRENI COESIVI – ALBENGA 1, 2.....	55
TABELLA 61. MODULO DI DEFORMABILITÀ. TERRENI COESIVI – ALASSIO .....	55
TABELLA 62. MODULO DI DEFORMABILITÀ. TERRENI COESIVI – ANDORA .....	55
TABELLA 63. COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2 .....	56
TABELLA 64. COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA – CERIALE 1, 2, 3 .....	56
TABELLA 65. COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA – ALBENGA 1, 2 .....	56
TABELLA 66. MODULO DI YOUNG – BORGIO VEREZZI.....	56
TABELLA 67. MODULO DI YOUNG – PIETRA LIGURE .....	56
TABELLA 68. MODULO DI YOUNG – BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2.....	57
TABELLA 69. MODULO DI YOUNG – CERIALE 1, 2, 3.....	57
TABELLA 70. MODULO DI YOUNG – ALBENGA 1, 2.....	57
TABELLA 71. MODULO DI YOUNG – ALASSIO .....	57
TABELLA 72. MODULO DI YOUNG – ANDORA.....	57
TABELLA 73. VALORI DEL MODULO ELASTICO DELL’AMMASSO .....	61
TABELLA 74. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA FORMAZIONE ALN.....	63
TABELLA 75. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA FORMAZIONE ALN ALT.....	64
TABELLA 76. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA FORMAZIONE CMV .....	65
TABELLA 77. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA FORMAZIONE ELM .....	66
TABELLA 78. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA FORMAZIONE SPM.....	67
TABELLA 79. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA FORMAZIONE MOG.....	68
TABELLA 80. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA FORMAZIONE MOG ALT .....	69
TABELLA 81. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA FORMAZIONE PDN.....	70
TABELLA 82. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA FORMAZIONE PDN ALT .....	71

TABELLA 83. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA FORMAZIONE TES .....	72
TABELLA 84– BORGIO VEREZZI .....	75
TABELLA 85– PIETRA LIGURE.....	75
TABELLA 86– BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2 .....	76
TABELLA 87– CERIALE 1, 2, 3 .....	76
TABELLA 88– ALBENGA 1, 2 .....	76
TABELLA 89 – ALASSIO .....	76
TABELLA 90 – ANDORA .....	77
TABELLA 91. VALORI RELATIVI DI PERMEABILITÀ (DA HAMILL & BELL, 1986). O = OCCASIONALE, S.F. = SPESSORE FESSURATO, G = GIUNTI, S = PIANI DI STRATIFICAZIONE, ALT. = ALTERAZIONE E GIUNTI DESCRESCENTI IN PROFONDITÀ .....	81
TABELLA 92. STIMA DELLA PERMEABILITÀ SECONDARIA CON LA FREQUENZA DI DISCONTINUITÀ (DA HAMILL & BELL, 1986)...	81
TABELLA 93. PERMEABILITÀ STIMATA DELLE UNITÀ GEOTECNICHE (DA CELICO, MODIF.) PERMEABILITÀ PER P = POROSITÀ, F = FESSURAZIONE, C = FESSURAZIONE E CARISMO; CLASSE DI PERMEABILITÀ I = IMPERMEABILE, B = BASSO, M = MEDIO, A = ALTO.....	82
TABELLA 94. VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (VICENZETTO ANNO 1999) .....	83
TABELLA 95. VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (VICENZETTO 2001, IMPREFOND 2001, PNG 2005) .....	84
TABELLA 96. VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (GEORICERCHE 2021) .....	85
TABELLA 97. VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ K DESUNTI DALLE PROVE DI PERMEABILITÀ IN FORO .....	85
TABELLA 98-A. QUADRO DELLE LETTURE PIEZOMETRICHE DISPONIBILI .....	95
TABELLA 99. STORIA SISMICA DI PIETRA LIGURE.....	98
TABELLA 100. STORIA SISMICA DI BORGHETTO S. SPIRITO .....	98
TABELLA 101. STORIA SISMICA DI CERIALE .....	99
TABELLA 102. STORIA SISMICA DI ALBENGA .....	99
TABELLA 103. STORIA SISMICA DI ALASSIO .....	100
TABELLA 104 - VALORI DEI PARAMETRI $A_G$ , $F_o$ E $T_c^*$ PER SUOLO RIGIDO - COMUNE DI FINALE LIGURE.....	101
TABELLA 105 - VALORI DEI PARAMETRI $A_G$ , $F_o$ E $T_c^*$ PER SUOLO RIGIDO - COMUNE DI BORGIO VEREZZI .....	101
TABELLA 106 - VALORI DEI PARAMETRI $A_G$ , $F_o$ E $T_c^*$ PER SUOLO RIGIDO - COMUNE DI PIETRA LIGURE .....	102
TABELLA 107 - VALORI DEI PARAMETRI $A_G$ , $F_o$ E $T_c^*$ PER SUOLO RIGIDO - COMUNE DI BORGHETTO S. SPIRITO .....	102
TABELLA 108 - VALORI DEI PARAMETRI $A_G$ , $F_o$ E $T_c^*$ PER SUOLO RIGIDO - COMUNE DI CERIALE .....	102
TABELLA 109 - VALORI DEI PARAMETRI $A_G$ , $F_o$ E $T_c^*$ PER SUOLO RIGIDO - COMUNE DI ALBENGA.....	102
TABELLA 110 - VALORI DEI PARAMETRI $A_G$ , $F_o$ E $T_c^*$ PER SUOLO RIGIDO - COMUNE DI ALASSIO .....	103
TABELLA 111 - VALORI DEI PARAMETRI $A_G$ , $F_o$ E $T_c^*$ PER SUOLO RIGIDO - COMUNE DI ANDORA .....	103
TABELLA 112. SINTESI DEI RISULTATI DELLE PROVE MASW E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DEFINITA .....	106
TABELLA 113. RISULTATI DELLE ANALISI DI LIQUEFAZIONE.....	140
TABELLA 114. QUADRO RIASSUNTIVO DELLE PROVE DI LABORATORIO SUI CAMPIONI DI ROCCIA .....	146

TABELLA 115. RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO SUI CAMPIONI DI ROCCIA (ESTRATTI DAI CERTIFICATI DI LABORATORIO “ESECUZIONE DI PROVE DI LABORATORIO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI E DELLE ROCCE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLE OPERE IN GALLERIA, NOVEMBRE 2001 - MARZO 2002”)	147
TABELLA 116. BORGIO VEREZZI - QUADRO RIASSUNTIVO DELLE PROVE DI LABORATORIO SUI CAMPIONI DI TERRENO	147
TABELLA 117. PIETRA LIGURE - QUADRO RIASSUNTIVO DELLE PROVE DI LABORATORIO SUI CAMPIONI DI TERRENO	148
TABELLA 118. BORGHETTO S. SPIRITO 1 E 2 - QUADRO RIASSUNTIVO DELLE PROVE DI LABORATORIO SUI CAMPIONI DI TERRENO	152
TABELLA 119. CERIALE 1,2 E 3 - QUADRO RIASSUNTIVO DELLE PROVE DI LABORATORIO SUI CAMPIONI DI TERRENO	155
TABELLA 120. ALBENGA 1 E 2 - QUADRO RIASSUNTIVO DELLE PROVE DI LABORATORIO SUI CAMPIONI DI TERRENO	156
TABELLA 121. ANDORA - QUADRO RIASSUNTIVO DELLE PROVE DI LABORATORIO SUI CAMPIONI DI TERRENO	156

## INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1. CAMPAGNE INDAGINI PREGRESSE	21
FIGURA 2. CAMPAGNA INDAGINI INTEGRATIVE DEL 2021	22
FIGURA 3. FUSI GRANULOMETRICI DI TERRENI SUSCETTIBILI ALLA LIQUEFAZIONE PER $U_c < 3,5$ E PER $U_c > 3,5$	108
FIGURA 4. ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 DEL TERRITORIO ITALIANO (INGV, 2004)	109
FIGURA 5. VALORI DI $M_{w,MAX}$ PER LE ZONE SISMOGENETICHE DI ZS9 (INGV, 2004)	109
FIGURA 6. RELAZIONE TRA SFORZO DI TAGLIO CICLICO A LIQUEFAZIONE E $N_{1(60)}$ – SISMA DI RIFERIMENTO MAGNITUDO = 7.5 (SEED ET AL., 1985)	112
FIGURA 7. GSI PER AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI (HOEK & MARINOS, 2000)	157
FIGURA 8. GSI PER AMMASSI ROCCIOSI ETEROGENEI COME I FLYSCH	158
FIGURA 9. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ ALN PER GSI=40	159
FIGURA 10. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ ALN PER GSI=60	160
FIGURA 11. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ ALN ALT PER GSI=10	161
FIGURA 12. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ ALN ALT PER GSI=20	162
FIGURA 13. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ CMV PER GSI=60	163
FIGURA 14. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ CMV PER GSI=70	164
FIGURA 15. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ ELM PER GSI=25	165
FIGURA 16. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ ELM PER GSI=35	166
FIGURA 17. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ SPM PER GSI=40	167
FIGURA 18. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ SPM PER GSI=50	168
FIGURA 19. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ MOG PER GSI=15	169
FIGURA 20. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ MOG PER GSI=20	170
FIGURA 21. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ MOG ALT PER GSI=10	171

FIGURA 22. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ MOG ALT PER GSI=15.....	172
FIGURA 23. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ PDN PER GSI=40.....	173
FIGURA 24. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ PDN PER GSI=45.....	174
FIGURA 25. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ PDN ALT PER GSI=15.....	175
FIGURA 26. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ PDN ALT PER GSI=20.....	176
FIGURA 27. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ TES PER GSI=20.....	177
FIGURA 28. INVILUPPI DI ROTTURA UNITÀ TES PER GSI=25.....	178
FIGURA 29. PIETRA LIGURE -CONTENUTO NATURALE D'ACQUA.....	179
FIGURA 30. BORGHETTO S. SPIRITO - CONTENUTO NATURALE D'ACQUA.....	180
FIGURA 31. CERIALE - CONTENUTO NATURALE D'ACQUA.....	181
FIGURA 32. ALBENGA - CONTENUTO NATURALE D'ACQUA.....	182
FIGURA 33. ANDORA - CONTENUTO NATURALE D'ACQUA.....	183
FIGURA 34. PIETRA LIGURE - PESO DELL'UNITÀ DI VOLUME.....	184
FIGURA 35. PIETRA LIGURE - PESO SECCO DELL'UNITÀ DI VOLUME.....	185
FIGURA 36. PIETRA LIGURE - PESO SPECIFICO DEI GRANI.....	186
FIGURA 37. BORGHETTO S. SPIRITO - PESO DELL'UNITÀ DI VOLUME.....	187
FIGURA 38. BORGHETTO S. SPIRITO - PESO SECCO DELL'UNITÀ DI VOLUME.....	188
FIGURA 39. BORGHETTO S. SPIRITO - PESO SPECIFICO DEI GRANI.....	189
FIGURA 40. CERIALE - PESO DELL'UNITÀ DI VOLUME.....	190
FIGURA 41. CERIALE - PESO SECCO DELL'UNITÀ DI VOLUME.....	191
FIGURA 42. CERIALE - PESO SPECIFICO DEI GRANI.....	192
FIGURA 43. ALBENGA - PESO DELL'UNITÀ DI VOLUME.....	193
FIGURA 44. ALBENGA - PESO SECCO DELL'UNITÀ DI VOLUME.....	194
FIGURA 45. ALBENGA - PESO SPECIFICO DEI GRANI.....	195
FIGURA 46. ANDORA - PESO DELL'UNITÀ DI VOLUME.....	196
FIGURA 47. ANDORA - PESO SECCO DELL'UNITÀ DI VOLUME.....	197
FIGURA 48. ANDORA - PESO SPECIFICO DEI GRANI.....	198
FIGURA 49. PIETRA LIGURE - LIMITE DI LIQUIDITÀ.....	199
FIGURA 50. PIETRA LIGURE - LIMITE DI PLASTICITÀ.....	200
FIGURA 51. PIETRA LIGURE - INDICE DI PLASTICITÀ.....	201
FIGURA 52. BORGHETTO S. SPIRITO - LIMITE DI LIQUIDITÀ.....	202
FIGURA 53. BORGHETTO S. SPIRITO - LIMITE DI PLASTICITÀ.....	203
FIGURA 54. BORGHETTO S. SPIRITO - INDICE DI PLASTICITÀ.....	204
FIGURA 55. CERIALE - LIMITE DI LIQUIDITÀ.....	205
FIGURA 56. CERIALE - LIMITE DI PLASTICITÀ.....	206

FIGURA 57. CERIALE - INDICE DI PLASTICITÀ .....	207
FIGURA 58. ALBENGA - LIMITE DI LIQUIDITÀ .....	208
FIGURA 59. ALBENGA - LIMITE DI PLASTICITÀ .....	209
FIGURA 60. ALBENGA - INDICE DI PLASTICITÀ .....	210
FIGURA 61. ANDORA - LIMITE DI LIQUIDITÀ.....	211
FIGURA 62. ANDORA - LIMITE DI PLASTICITÀ.....	212
FIGURA 63. ANDORA - INDICE DI PLASTICITÀ.....	213
FIGURA 64. PIETRA LIGURE - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA PROVE DI LABORATORIO.....	214
FIGURA 65. BORGHETTO S. SPIRITO - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA PROVE DI LABORATORIO .....	215
FIGURA 66. CERIALE - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA PROVE DI LABORATORIO .....	216
FIGURA 67. ALBENGA - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA PROVE DI LABORATORIO .....	217
FIGURA 68. ANDORA - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA PROVE DI LABORATORIO .....	218
FIGURA 69. PIETRA LIGURE - COESIONE EFFICACE DA PROVE DI LABORATORIO .....	219
FIGURA 70. BORGHETTO S. SPIRITO - COESIONE EFFICACE DA PROVE DI LABORATORIO.....	220
FIGURA 71. CERIALE - COESIONE EFFICACE DA PROVE DI LABORATORIO.....	221
FIGURA 72. ALBENGA - COESIONE EFFICACE DA PROVE DI LABORATORIO .....	222
FIGURA 73. ANDORA - COESIONE EFFICACE DA PROVE DI LABORATORIO.....	223
FIGURA 74. BORGHETTO S. SPIRITO - COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE DI LABORATORIO.....	224
FIGURA 75. CERIALE - COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE DI LABORATORIO.....	225
FIGURA 76. PIETRA LIGURE - COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST ESEGuite IN LABORATORIO SUI CAMPIONI PRELEVATI.....	226
FIGURA 77. BORGHETTO S. SPIRITO - COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST ESEGuite IN LABORATORIO SUI CAMPIONI PRELEVATI.....	227
FIGURA 78. CERIALE - COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST ESEGuite IN LABORATORIO SUI CAMPIONI PRELEVATI.....	228
FIGURA 79. ALBENGA - COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST ESEGuite IN LABORATORIO SUI CAMPIONI PRELEVATI.....	229
FIGURA 80. ANDORA - COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST ESEGuite IN LABORATORIO SUI CAMPIONI PRELEVATI.....	230
FIGURA 81. PIETRA LIGURE - GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DA PROVE PP E VT ESEGuite IN LABORATORIO SUI CAMPIONI PRELEVATI.....	231
FIGURA 82. BORGHETTO S. SPIRITO - GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DA PROVE PP E VT ESEGuite IN LABORATORIO SUI CAMPIONI PRELEVATI.....	232
FIGURA 83. CERIALE - GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DA PROVE PP E VT ESEGuite IN LABORATORIO SUI CAMPIONI PRELEVATI .....	233

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 11 di 288

FIGURA 84. ALBENGA - GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DA PROVE PP E VT ESEGUITE IN LABORATORIO SUI CAMPIONI PRELEVATI .....	234
FIGURA 85. ANDORA - GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DA PROVE PP E VT ESEGUITE IN LABORATORIO SUI CAMPIONI PRELEVATI .....	235
FIGURA 86. BORGIO VEREZZI– COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST .....	236
FIGURA 87. PIETRA LIGURE – COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST .....	237
FIGURA 88. BORGHETTO S. SPIRITO – COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST .....	238
FIGURA 89. CERIALE – COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST.....	239
FIGURA 90. ALBENGA – COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST ...	240
FIGURA 91. ANDORA – COESIONE NON DRENATA RICAVATA DA PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST ....	241
FIGURA 92. BORGIO VEREZZI – GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DALLE PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST .....	242
FIGURA 93. PIETRA LIGURE – GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DALLE PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST .....	243
FIGURA 94. BORGHETTO S. SPIRITO – GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DALLE PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST .....	244
FIGURA 95. CERIALE – GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DALLE PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST .....	245
FIGURA 96. ALBENGA – GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DALLE PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST .....	246
FIGURA 97. ANDORA – GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR RICAVATO DALLE PROVE IN SITO CON POCKET PENETROMETER E VANE TEST .....	247
FIGURA 98. BORGIO VEREZZI - RISULTATI PROVE SPT .....	248
FIGURA 99. PIETRA LIGURE - RISULTATI PROVE SPT .....	249
FIGURA 100. BORGHETTO S. SPIRITO - RISULTATI PROVE SPT .....	250
FIGURA 101. CERIALE - RISULTATI PROVE SPT .....	251
FIGURA 102. ALBENGA - RISULTATI PROVE SPT.....	252
FIGURA 103. ALASSIO - RISULTATI PROVE SPT .....	253
FIGURA 104. ANDORA - RISULTATI PROVE SPT .....	254
FIGURA 105. BORGIO VEREZZI - DENSITÀ RELATIVA DA PROVE SPT.....	255
FIGURA 106. PIETRA LIGURE - DENSITÀ RELATIVA DA PROVE SPT.....	256
FIGURA 107. BORGHETTO S. SPIRITO - DENSITÀ RELATIVA DA PROVE SPT .....	257

FIGURA 108. CERIALE - DENSITÀ RELATIVA DA PROVE SPT .....	258
FIGURA 109. ALBENGA - DENSITÀ RELATIVA DA PROVE SPT .....	259
FIGURA 110. ALASSIO - DENSITÀ RELATIVA DA PROVE SPT .....	260
FIGURA 111. ANDORA - DENSITÀ RELATIVA DA PROVE SPT .....	261
FIGURA 112. BORGIO VEREZZI - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA SPT .....	262
FIGURA 113. PIETRA LIGURE - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA SPT .....	263
FIGURA 114. BORGHETTO S. SPIRITO - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA SPT.....	264
FIGURA 115. CERIALE - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA SPT.....	265
FIGURA 116. ALBENGA - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA SPT .....	266
FIGURA 117. ALASSIO - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA SPT .....	267
FIGURA 118. ANDORA - ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DA SPT .....	268
FIGURA 119. BORGIO VEREZZI - COESIONE NON DRENATA RICAVATO DA PROVE SPT.....	269
FIGURA 120. PIETRA LIGURE - COESIONE NON DRENATA RICAVATO DA PROVE SPT .....	270
FIGURA 121. BORGHETTO S. SPIRITO - COESIONE NON DRENATA RICAVATO DA PROVE SPT.....	271
FIGURA 122. CERIALE - COESIONE NON DRENATA RICAVATO DA PROVE SPT.....	272
FIGURA 123. ALBENGA - COESIONE NON DRENATA RICAVATO DA PROVE SPT .....	273
FIGURA 124. ALASSIO - COESIONE NON DRENATA RICAVATO DA PROVE SPT .....	274
FIGURA 125. ANDORA - COESIONE NON DRENATA RICAVATO DA PROVE SPT .....	275
FIGURA 126. BORGIO VEREZZI – MODULO DI YOUNG RICAVATA DA PROVE SPT .....	276
FIGURA 127. PIETRA LIGURE – MODULO DI YOUNG RICAVATA DA PROVE SPT.....	277
FIGURA 128. BORGHETTO S. SPIRITO – MODULO DI YOUNG RICAVATA DA PROVE SPT .....	278
FIGURA 129. CERIALE – MODULO DI YOUNG RICAVATA DA PROVE SPT .....	279
FIGURA 130. ALBENGA – MODULO DI YOUNG RICAVATA DA PROVE SPT .....	280
FIGURA 131. ALASSIO – MODULO DI YOUNG RICAVATA DA PROVE SPT .....	281
FIGURA 132. ANDORA – MODULO DI YOUNG RICAVATA DA PROVE SPT .....	282
FIGURA 133. BORGHETTO S. SPIRITO – COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA .....	283
FIGURA 134. CERIALE – COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA .....	284
FIGURA 135. ALBENGA – COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA.....	285
FIGURA 136. PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI ROCCIA – RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE MONOASSIALE .....	286
FIGURA 137. PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI ROCCIA – POINT LOAD TEST.....	287
FIGURA 138. RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE MONOASSIALE DA POINT LOAD TEST.....	288

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 13 di 288

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato costituisce la Relazione Geotecnica Generale del potenziamento infrastrutturale previsto per la linea Genova - Ventimiglia per il raddoppio della tratta Finale Ligure - Andora.

La tratta in esame, della lunghezza totale di circa 33 km, corre prevalentemente all'interno di gallerie naturali, con tratti all'aperto e gallerie artificiali per 9 km circa.

La relazione è stata redatta considerando tutte le campagne di indagini ad oggi disponibili, includendo le recenti indagini eseguite ad opera di Georicerche nel 2021.

Si affrontano di seguito argomenti quali: l'analisi dei risultati delle indagini geologiche e geotecniche; la parametrizzazione media di riferimento, sia per i terreni, che per i substrati rocciosi; la definizione dei rapporti tra le opere in progetto ed i terreni; inquadramento sismico e analisi di liquefazione.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 14 di 288

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è quello di illustrare i risultati delle indagini in sito e delle prove di laboratorio, descrivere i rapporti tra le opere in progetto ed i terreni, caratterizzare i terreni e le rocce di fondazione dal punto di vista geotecnico e sismico, esaminare alcune criticità connesse con la realizzazione delle opere.

Nel seguito, sono sviluppati i seguenti punti:

- documenti e normativa di riferimento;
- breve cenno geologico;
- descrizione delle indagini;
- risultati delle indagini;
- descrizione dei profili geotecnici;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni;
- caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi;
- sismicità dell'area e verifiche di liquefazione;
- potenziali criticità.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV0I	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	15 di 288

### 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 Documenti Referenziati

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- [1] ITOLFERR, documento n° IV0I00D69RGGE0001001 intitolato Relazione geologica e geomorfologica, datato dicembre 2021
- [2] ITOLFERR, documento n° IV0I00D69RGGE0002001 intitolato Relazione idrogeologica, datato dicembre 2021
- [3] ITOLFERR, documenti n° IV0I00D69P5GE0005001-6 intitolati Planimetria ubicazione indagini geognostiche tav 1/6-6/6, datati dicembre 2021
- [4] ITOLFERR, documento n° IV0I00D69SGGE0005005 intitolato Indagini geognostiche: campagna 2010 sondaggi per viabilità NV01-NV05-NV06, datato dicembre 2021
- [5] ITOLFERR, documento n° IV0I00D69SGGE0001002 intitolato Report delle indagini geognostiche e prove in situ - campagne precedenti, datato dicembre 2021
- [6] ITOLFERR, documento n° L37100D69SGGE0005\_002÷003 intitolato “Esecuzione indagini geognostiche - Sondaggi 1-13: Stratigrafie” e “Esecuzione indagini geognostiche - Sondaggi 14-26: Stratigrafie”, datati febbraio 2006.
- [7] ITOLFERR, documento n° IV0I00D69IGGE0000002 intitolato Report indagini geofisiche campagne precedenti, datato dicembre 2021
- [8] ITOLFERR, documento n° IV0I00D69PRGE0000002 intitolato Prove geotecniche di laboratorio indagini pregresse, datato dicembre 2021
- [9] ITOLFERR, documento n° IV0I00D69RGGE0000001 intitolato Monitoraggio piezometrico settembre 2021 ÷ novembre 2021, datato dicembre 2021
- [10] ITOLFERR, documento n° IV0I00D69RGGE0001002 intitolato Rapporto attività di campagna rilevamento geologico - geomeccanico, datato dicembre 2021
- [11] ITOLFERR, documenti n° IV0I00D69FZGE0001001-6 intitolati Profilo geologico TAV. 1/6-6/6, datati dicembre 2021
- [12] ITOLFERR, documenti n° IV0I00D69FZGE0002001-6 intitolati Profilo idrogeologico tav 1/6-6/6, datati dicembre 2021
- [13] ITOLFERR, documento n° IV0I00D69RGGE0000002 intitolato Monitoraggio piezometrico progressivo, datato dicembre 2021

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV0I	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 16 di 288

### 3.2 Documenti Correlati

I documenti correlati sono:

- [14] ITALFERR, documenti n° IV0I00D26F6GE0005001A/12A intitolati “Profilo geotecnico”.
- [15] ITALFERR, documento n° IV0I00D26W9GE0005001A intitolato “Sezione geotecnica galleria 1/3 - PAREI”.
- [16] ITALFERR, documento n° IV0I00D26W9GE0005002A intitolato “Sezione geotecnica galleria 2/3 - BASTIA 1”.
- [17] ITALFERR, documento n° IV0I00D26W9GE0005003A intitolato “Sezione geotecnica galleria 3/3 - BASTIA 2”.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>				
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. FOGLIO C 17 di 288

#### 4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge 2 Febbraio 1974, n. 64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- Decreto Ministero. LL.PP. 11 Marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, ed i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circolare Ministero LL.PP. 24 Settembre 1988, n. 30483 “Istruzioni riguardanti “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” di cui al D.M. 11 Marzo 1988”.
- Raccomandazioni AGI giugno 1977 “Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”.
- ISRM “Raccomandazioni sulle Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose” in RIG 2/93.
- Raccomandazioni AGI maggio 1994 “Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio”.
- D.M. del 16 Gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.
- O.P.C.M. 20 marzo 2003, n.3274 e s.m.i. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Linee guida AGI 2005 “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”.
- Decreto Ministeriale 20 febbraio 2021 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Istruzioni RFI n. 44G per infrastrutture ferroviarie nuove non ad alta velocità ( $v \leq 250$  km/h).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>				
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.      FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C          18 di 288

## 5 CENNI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa lungo la costa ligure occidentale interamente all'interno della provincia di Savona, tra le località di Finale Ligure e Andora.

Le Alpi Liguri sono formate da un insieme di unità tettoniche, trasportate ed accumulate verso la parte esterna dell'arco alpino, successivamente retroflesse e poi coinvolte nelle deformazioni di età e direzione appenninica. In esse sono presenti complessi rocciosi derivati dal continente paleoeuropeo (dall'esterno all'interno: Domini Delfinese-Provenzale; Sub~Brianzonese; Brianzonese Esterno, Intermedio, Interno), dal suo margine s.s. (Dominio Piemontese s.l., la cui parte più esterna è detta Prepiemontese) e dall'Oceano Piemontese~Ligure (rappresentato da due grandi gruppi: Successioni Ofiolitifere Pre~Flysch e successioni dei Flysch); deve ancora essere chiarito se vi siano o meno coinvolti anche elementi di pertinenza insubrica o di un ipotetico microcontinente intraoceanico.

In una visione geologica di insieme dell'area Savonese, è possibile riconoscere due zone distinte sulla base di caratteri geologici e geomorfologici: una ubicata a Sud della Linea Aquila d'Arroscia – Ceriale, morfologicamente più depressa e più uniforme, occupata da terreni "flyschoidi" ed una posta a Nord di detta linea, molto più ampia e dalla morfologia più varia e accidentata, in cui affiorano i terreni della serie del Castellermo, delle serie brianzonesi, delle serie ad affinità brianzonese e della serie di Montenotte.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	19 di 288

## 6 CAMPAGNE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 6.1 Indagini e prove in sito

Nel presente studio si è fatto riferimento alle seguenti campagne indagini:

- 1) n. 9 sondaggi eseguiti dall'impresa Vicenzetto di Villa Estense (PD), campagna 2001;
- 2) n. 42 sondaggi (BH "n") eseguiti dall'impresa Imprefond di Trento – Trieste, presumibilmente nel 2001;
- 3) n. 26 sondaggi (PNL371"xxx") eseguiti dell'impresa PMG – Promogeo di Torino, campagna ottobre-dicembre 2005;
- 4) n. 4 sondaggi (LO01, LO02, LO03 e ALB2) eseguiti dall'impresa Vicenzetto di Villa Estense (PD), campagna 2005-2006;
- 5) n. 4 sondaggi (S48, S49, S50 e S51) eseguiti dall'impresa Vicenzetto di Villa Estense (PD) nella tratta San Lorenzo-Andora, nell'ambito della campagna del 1999;
- 6) n. 8 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU 1÷8) eseguite dall'impresa Imprefond di Trento – Trieste, campagna dell'ottobre 2001. Ai fini della interpretazione dei profili geotecnici, sono state considerate solamente quelle ubicate nelle planimetrie "ubicazione indagini" fornite come dati di base;
- 7) n. 9 profili sismici a rifrazione con tecnica tomografica (vedi doc. L371 00 D 69 IG GE0005 007),
- 8) n. 50 sondaggi (serie SAR21) e n. 25 MASW eseguiti dall'impresa Georicerche di Artigianale Cornegliana (PD).
- 9) N.25 MASW ad opera dell'impresa Socotec di Castel Baronia (AV).

In particolare, l'ubicazione dei punti relativi alla campagna di indagini integrative del 2021 è mostrata in .

Ai fini della caratterizzazione geotecnica dei terreni e delle rocce, sono stati utilizzati i dati relativi alle prove in sito realizzate durante le perforazioni ed alle prove geotecniche di laboratorio. In particolare, durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati effettuati:

- prelievo di campioni disturbati (rimaneggiati o semidisturbati) ed indisturbati, sottoposti successivamente a prove geotecniche di laboratorio;
- prove SPT (Standard Penetration Test) con punta aperta e recupero del campione rimaneggiato e punta chiusa;
- prove speditive sul materiale carotato con pocket penetrometer e vane test;
- rilievo del livello di risalita dell'acqua durante le operazioni di perforazione;
- prove di permeabilità in foro tipo Lefranc e tipo Lugeon, in funzione del tipo di terreno incontrato (si segnala che, relativamente alle prove eseguite nell'ambito delle campagne Imprefond 2001, Vicenzetto 2001 e Georicerche 2021);
- rilievo stratigrafico dei terreni e delle rocce carotati;

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	20 di 288

- rilievo geomeccanico delle carote nei tratti lapidei;
- documentazione fotografica delle carote dei sondaggi (si dispone unicamente della documentazione relativa alle campagne di indagini Promogeo 2005 e Georicerche 2021).

La posizione dei sondaggi è indicata nei profili geotecnici (Doc. rif. [14]).

Per maggiori dettagli sulle modalità esecutive delle indagini geognostiche, si rimanda agli specifici rapporti emessi dalle ditte esecutrici.

## 6.2 Prove geotecniche di laboratorio

Sui campioni di terreno prelevati durante le campagne delle indagini in sito sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio:

### determinazioni delle caratteristiche fisiche:

- riconoscimento stratigrafico, descrizione geotecnica e fotografia;
- misura speditiva della resistenza non drenata con pocket penetrometer e vane test;
- analisi granulometrica;
- limiti di Atterberg  $w_p$  e  $w_L$ ;
- contenuto d'acqua  $w$ ;
- peso dell'unità di volume  $\gamma$ ;
- peso specifico dei grani  $\gamma_s$ ;
- indice dei vuoti  $n$  e grado di saturazione  $S$ .

### determinazione delle caratteristiche meccaniche:

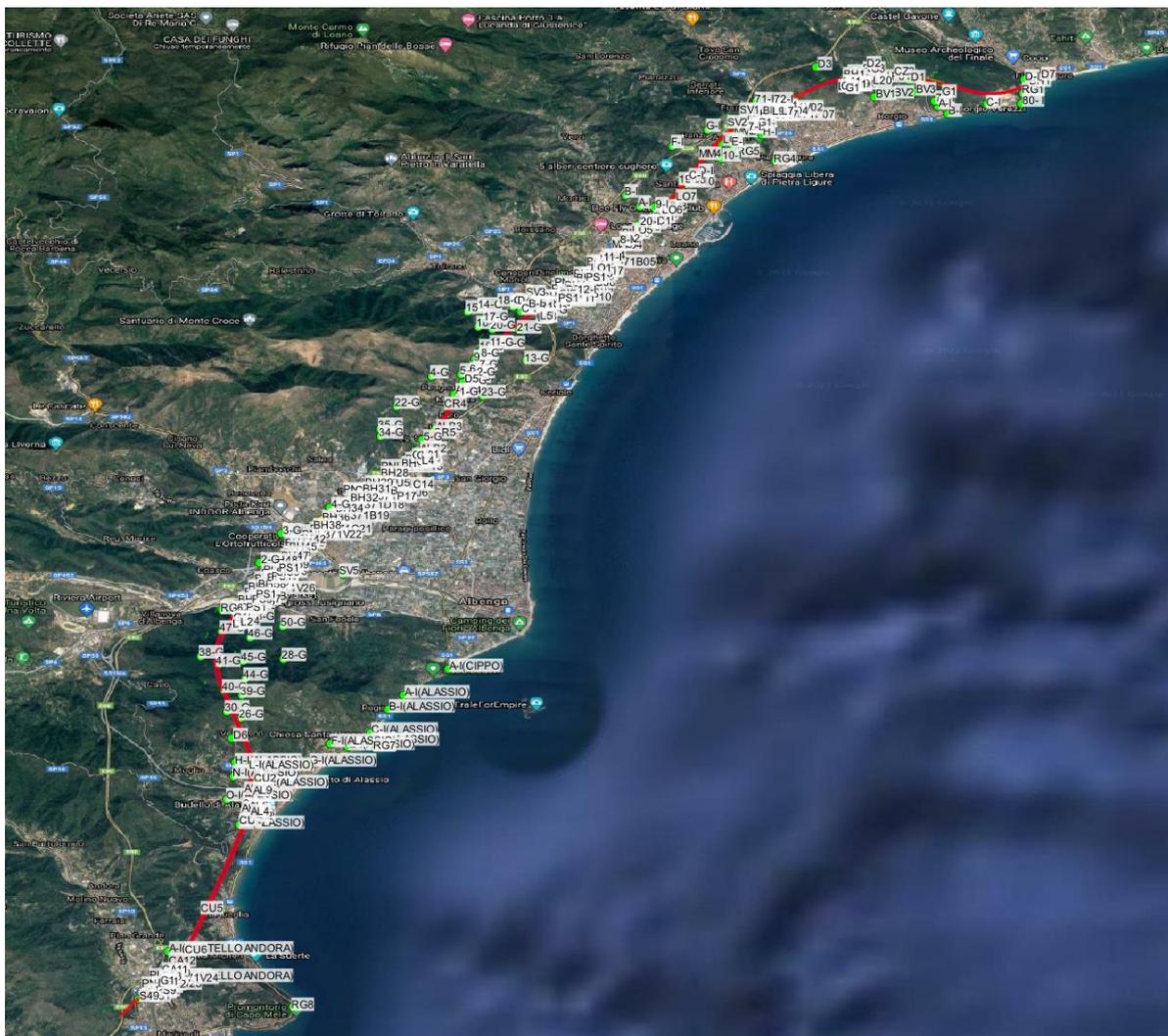
- prova triassiale consolidata non drenata (TxCU);
- prova triassiale non consolidata non drenata (TxUU);
- prova triassiale consolidata drenata (TxCD);
- prova di taglio diretto (TD);
- prova edometrica.

Sui campioni di roccia lapidea prelevati dalle cassette catalogatrici sono state eseguite prove di laboratorio finalizzate alla caratterizzazione dell'ammasso roccioso, in particolare:

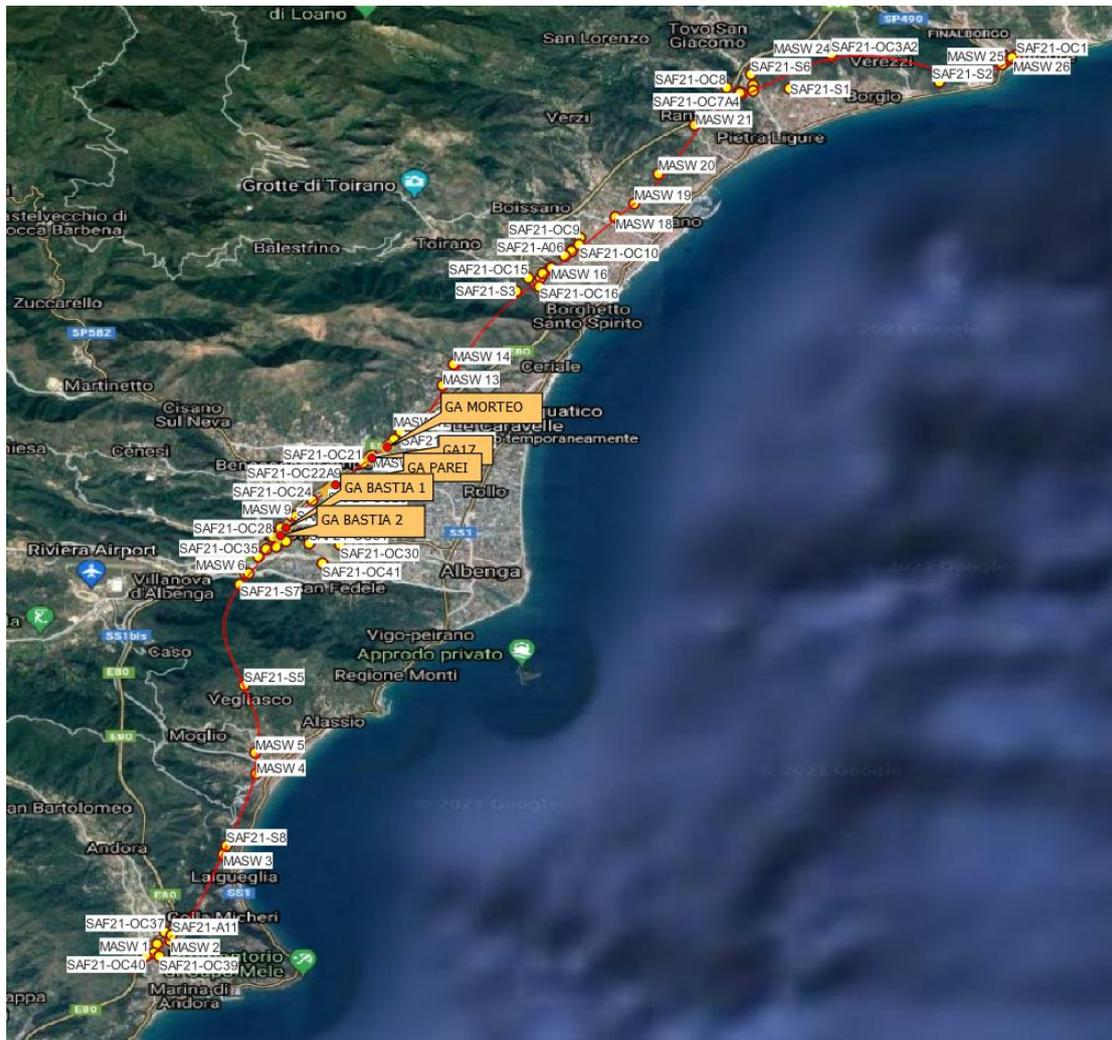
- determinazioni della massa volumica apparente e reale;

- determinazioni del contenuto di carbonato di calcio;
- prove dinamiche atte a determinare la velocità delle onde ultrasoniche;
- prove di compressione monoassiale (ELL);
- prove di trazione indiretta (brasiliana);
- prove di carico puntuale (point load test PLT).

Per la classificazione dell'ammasso roccioso, si è fatto riferimento anche ai certificati delle prove di laboratorio sui campioni di roccia prelevati.



**Figura 1. Campagne indagini pregresse**



**Figura 2. Campagna indagini integrative del 2021**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	23 di 288

## 7 DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE E DESCRIZIONE DEI PROFILI

Con riferimento ai risultati delle indagini, sono state individuate le unità geotecniche descritte nel seguito.

Ove le condizioni lo hanno permesso, la definizione delle unità geotecniche è stata mantenuta costante per tratte adiacenti. Il quadro delle tratte omogenee è riportato nel seguente elenco:

- ❖ Finale Ligure;
- ❖ Borgio Verezzi;
- ❖ Pietra Ligure;
- ❖ Borghetto S. Spirito 1 e 2;
- ❖ Ceriale 1, 2, 3;
- ❖ Albenga 1 e 2;
- ❖ Alassio;
- ❖ Andora.

La suddivisione degli strati può essere fatta con riferimento all'ambiente di formazione dei depositi presenti nell'area, tenendo in conto la complessa geologia che coinvolge le formazioni litoidi di substrato. Di seguito, per ognuna delle tratte studiate, si descrivono le unità riscontrate a partire dal piano campagna.

### 7.1 Finale Ligure

Il sondaggio BH1 (Imprefond), ubicato nei pressi dell'imbocco della galleria Caprazoppa. Sotto uno spessore di circa 1 m di terreno di riporto (Unità 1), la verticale intercetta un'alternanza di calcari e dolomie grigie di San Pietro dei Monti (SPM). Si riscontra inoltre la presenza di cavità carsiche tra 20,9 m e 24,7 m e tra 25,8 m 30,0 m.

Il sondaggio SAF-21-OC3-A01, anch'esso ubicato nelle vicinanze della galleria, si riscontra la presenza di circa 6m di terreno di riporto e ghiaia in matrice sabbiosa (Unità 1), giacente su uno spesso strato di frammenti litoidi e calcari e dolomie (SPM), fino a 20m pc.

In corrispondenza del sondaggio D7 (eseguito dalla Promogeo nel luglio 2010) si riscontra la presenza di terreno di riporto fino ad una profondità di 8,5 m circa dal boccaforo. Inferiormente si rinvencono i depositi alluvionali di natura prevalentemente incoerente (Unità 2) per uno spessore massimo di circa 12 m. A 20,7 m di profondità si riscontra la porzione alterata del substrato roccioso, probabilmente caratterizzata dai porfiroidi del Melogno (PDM).

#### UNITÀ 1

Terreno vegetale e materiale di riporto di varia natura, composto generalmente da ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, di colore variabile dal marrone al grigio. Si rinvencono saltuariamente frammenti di laterizi, materiale organico e plastico. In corrispondenza del sondaggio D7, è presente un livello di limo argilloso debolmente sabbioso da 6,4 m e 7,8 m.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>				
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.      FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C          24 di 288

## UNITÀ 2

Ghiaia eterometrica, talora sabbiosa e limosa e sabbia, localmente limosa, di colore variabile dal grigio al marrone ocreo. Gli elementi lapidei sono poligenici, ben arrotondati, con diametro massimo 1,5 cm.

## SUBSTRATO

Porfiroidi del Melogno (PDM-alt): Porzione alterata del substrato roccioso PDM (Carbonifero Sup. – Permiano Medio).

Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM): dolomie calcaree e calcari dolomitici (Trias medio; Ladinico - Anisico).

## 7.2 Borgio Verezzi

Il substrato litoide, rappresentato dalle dolomie calcaree e calcari dolomitici di San Pietro dei Monti, è stato incontrato dai due sondaggi di pertinenza, PLN371P01 (Promogeo 2005) e BH1 (Vicenzetto 2001), rispettivamente a profondità di 10 e 19 m circa.

In corrispondenza dell'asta del torrente Bottassano, al di sopra delle dolomie calcaree e calcari dolomitici di San Pietro dei Monti, si rinvengono i depositi alluvionali incoerenti (Unità 2) e coesivi (Unità 3).

Il versante interessato dall'imbocco della galleria Monte Grosso presenta uno spessore di detrito di falda quantificabile in alcuni metri, che aumentano verso la base. Il detrito di falda è debolmente cementato ed è costituito per lo più da elementi lapidei calcarei a spigoli vivi in matrice sabbioso limosa di colore rosso mattone.

## UNITÀ 1

Suolo e materiali di riporto di natura antropica (rilevati stradali, ecc...). Si riscontra in corrispondenza del foro di sondaggio BH1 fino ad 1,3 m di profondità da boccaforo.

## UNITÀ 2

Ghiaia eterometrica poligenica (per lo più calcarea), limosa o sabbiosa, angolare, di colore nocciola ocreo, nocciola arancio e marrone. Sono presenti piccoli trovanti poligenici.

Si riscontra nel foro di sondaggio BH1 tra 1,3 m e 18,55 m e nel sondaggio PLN371P01 da quota boccaforo fino a 2 m di profondità.

Nel sondaggio BH1, da 4,75 m a 7.10 m si rinviene un trovante calcareo di colore grigio molto fratturato, con fratture ossidate.

## UNITÀ 3

Limo sabbioso debolmente ghiaioso, da consistente a molto consistente, di colore marrone. Si rinviene in corrispondenza del sondaggio PNL371P01, tra 2 m e 10 m di profondità. Tra 8.90 m a 9.40 m, si rinviene un blocco di dolomia.

## SUBSTRATO

Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM): dolomie calcaree e calcari dolomitici (Trias medio; Ladinico - Anisico).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 25 di 288

### 7.3 Pietra Ligure

I sondaggi eseguiti nell'area intravalliva di pertinenza dei torrenti Maremola e Strada, PLN371V02, PLN371V03 e PLN371V04 (Promogeo 2005) MG4 (Vicenzetto 2001), BH6 e BH7 (Imprefond 2001) e SAF21-OC7-A4 (Georicerche) non incontrano il substrato litoide fino alle massime profondità indagate (40 m).

I terreni sono di natura prevalentemente sabbioso-ghiaiosa per spessori variabili da 20 a 30 m circa. Terreni più coesivi (prevalenza di limi da argillosi a sabbiosi) si rinvencono a profondità generalmente superiori ai 15 m pc ed in piccole lenti discontinue a varie profondità. I riporti antropici sono per lo più legati alla presenza di infrastrutture viarie.

Diversamente, il sondaggio SAF21-06 ubicato sul Monte Grosso ad una quota superiore a 100m slm, individua la presenza di coltri detritiche e calcari marnosi alternati con strati di limo sabbioso o argilloso fin dai primi metri di profondità. In fine, intorno alle pk 71+400 il sondaggio SAF21-OC4-A2-A3 mostra la presenza di circa 7m di riporti e terreni rimaneggiati (Unità 1), giacenti su uno strato di depositi alluvionali incoerenti (Unità 2) avente uno spessore di 2m e, a partire da circa 9m pc, si riscontra la presenza di Dolomia poco fratturata (SPM).

#### UNITÀ 1

Terreno vegetale e materiali di riporto di natura antropica (rilevati stradali, terreni rimaneggiati ecc...).

#### UNITÀ 2

Sabbia limosa ghiaiosa, sabbia con ghiaia e/o ghiaia con sabbia debolmente limosa, di colore marrone, da moderatamente addensata a molto addensata. Sono presenti, a varie quote, clasti eterometrici, poligenici, da angolari a sub-arrotondati.

Si riscontra in corrispondenza di tutti i fori di sondaggio eseguiti nell'area in esame, fino ad una profondità massima di 35 m circa dal p.c. (foro di sondaggio PLN371V03) alternata a lenti di argilla limosa. A tratti si rinvencono blocchi di quarzite.

#### UNITÀ 3

Limo sabbioso e/o limo sabbioso ghiaioso, di colore marrone molto consistente. Sono localmente presenti clasti eterometrici, poligenici prevalentemente angolari (sondaggi PLN371V02, PLN371V03, PLN371V04).

Limo argilloso e argilla limosa, di colore marrone chiaro, marrone rossiccio e localmente grigio-verdastro con sfumature ocra e arancio. Sono presenti livelli ghiaioso-sabbiosi (sondaggi BH6, BH7 e MG4).

#### SUBSTRATO

Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM): dolomie calcaree e calcari dolomitici (Trias medio; Ladinico - Anisico).

Calcari di Val Tanarello (TAN): calcari marnosi chiari localmente, alla base, arenacei (Giura Sup.- Malm).

Quarziti di Ponte di Nava (PDN): quarziti biancastre e verdoline, in strati e banchi, a volte scistose e cloritiche, con intercalazioni di peliti verso la sommità (Trias inf. - Scitico).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 26 di 288

#### 7.4 Borghetto S. Spirito 1 e 2

L'area di Borghetto S. Spirito è caratterizzata dalla presenza delle valli del torrente Varatello (Borghetto S. Spirito 2) e del Rio del Castellaro (Borghetto S. Spirito 1). In queste zone, i sondaggi geognostici disponibili (rispettivamente BH20, BH22, CR1, PNL371P10, PNL371P11, PNL371O12 e BH12, BH13, BH15, SAF21-OC11-A5 e SAF21-OC14-S10) non raggiungono il substrato roccioso. BH15 è stato individuato nella porzione occidentale della galleria artificiale Pineland, con i sondaggi PNL371B08, PNL371R09 e BH16. Si tratta della porzione alterata ed allentata delle Quarziti di Ponte Nava, che si presentano in foro di sondaggio spesso completamente destrutturate come sabbia ghiaiosa limosa. Nella porzione orientale della galleria, la formazione di base PDN si rinviene i facies conglomeratica a profondità di circa 30m pc, come dimostrato dal sondaggio SAF21-A6.

L'imbocco della galleria Castellari si colloca in terreni da limoso sabbiosi a limoso argillosi dell'Unità 3 (come rinvenuto nei sondaggi L01 e BH12), per un tratto di circa 160 m prima di incontrare il substrato costituito dalle Quarziti alterate di Ponte Nava (sondaggi L02, L03 PNL371B05 e BH11). Successivamente, dopo circa 150 m, la galleria interessa nuovamente i terreni alluvionali dell'Unità 3 (sondaggio MA4). Anche in questo caso, la porzione non alterata delle quarziti si rinviene a profondità maggiori rispetto alla galleria.

L'imbocco della galleria Croce interessa le Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM).

In corrispondenza del Rio Castellano, ad una profondità di circa 12 m rispetto al punto più depresso, si rinvencono le argille di Ortovero (con le perforazioni L01, BH12, BH13 e BH15). Le argille di Ortovero si riscontrano anche con i sondaggi BH20, PNL371P10, PNL371P11, in corrispondenza del Rio Varatello, ad una profondità di circa 30 m dal p.c..

In corrispondenza dell'asta valliva del torrente Varatello, le argille di Ortovero ORV sono sormontate dai conglomerati di Monte Villa (CMV-i) prelevati, in corrispondenza dei sondaggi BH20, BH22, PNL371P10, PNL371P11, PNL371O12 e CR1, come sabbia limosa, debolmente ghiaiosa, di colore variabile dal giallastro al marrone; a tratti si rinvencono frammenti di conglomerato poligenico.

#### UNITÀ 1

Terreno vegetale e materiale di riporto eterogeneo composto generalmente da sabbia e ghiaia da debolmente limosa a limosa, di colore variabile da marrone rossastro a grigio verdastro. Si rinvencono saltuariamente frammenti di laterizi, materiale organico e plastico ed elementi lapidei di dimensioni maggiori di 10cm.

Si riscontra nei fori di sondaggio BH20, BH22, PNL371P10, PNL371P11, PNL371O12, SAF21-OC13, SAF21-OC15, SAF21-OC16 e SAF21-A6, con uno spessore massimo di 4,5 m in corrispondenza del PNL371P10.

#### UNITÀ 2

Ghiaia eterometrica sabbiosa localmente limosa, sabbia e ghiaia in matrice limosa di colore marrone giallastro talvolta grigio, da mediamente addensata ad addensata. Presenza di clasti poligenici, generalmente silicatici, di dimensioni  $\approx 5 \div 10$  cm (BH18, PNL371P10, PNL371P11, PNL371O12, SAF21-A6, SAF21-OC11-A5, SAF21-OC13, SAF21-OC14-S10, SAF21-OC15 e SAF21-OC16).

Sabbia da media a grossolana, sabbia limosa debolmente ghiaiosa, talora argillosa, limo sabbioso ghiaioso, di colore marrone giallastro talvolta grigio, da debolmente ad addensata (BH15, PNL371B08, PNL371R09, BH20).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	27 di 288

### UNITÀ 3

Limo da debolmente sabbioso a con sabbia, localmente ghiaioso sabbioso, di colore marrone giallastro, da mediamente consistente a consistente.

Argilla e limo, limo argilloso, limo argilloso da sabbioso a con sabbia, di colore oca giallastro o grigio, da poco consistente a moderatamente consistente.

Si riscontra prevalentemente nell'area di Borghetto I, in corrispondenza di tutti i sondaggi disponibili nell'area, e nell'area di Borghetto II, alternata all'Unità 2, con le perforazioni PNL371R09, BH20, PNL371P10, PNL371P11, PNL371O12 e BH22, SAF21-A6, SAF21-OC11-A5 e SAF21-OC14-A5.

### SUBSTRATO

Argille di Ortovero (ORV): argilla limosa e limo argilloso, debolmente sabbioso, consistente, di colore grigio scuro, a tratti alternati a livelli sabbiosi (Pliocene Medio? Inferiore).

Conglomerati di Monte Villa (CMV-i): facies incoerente dei conglomerati di Monte Villa, costituita prevalentemente da sabbia limosa debolmente ghiaiosa e limo sabbioso debolmente ghiaioso, di colore marrone, molto addensata.

Quarziti di Ponte di Nava (PDN): quarziti biancastre e verdoline, in strati e banchi, a volte scistose e cloritiche, con intercalazioni di peliti verso la sommità (Trias inf. - Scitico).

Quarziti di Ponte di Nava (PDN alt.): porzione alterata delle quarziti di base (in carota di sondaggio si presentano spesso completamente destrutturate).

Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM): Dolomie calcaree e calcari dolomitici (Trias medio; Ladinico - Anisico).

### 7.5 Ceriale 1

Il substrato litoide, costituito dai conglomerati pliocenici di Monte Villa, è stato individuato in corrispondenza dei sondaggi CR6, PNL371O13, BH29 e PNL371C14, a profondità variabili da 18 m a 32 m dal piano di campagna.

Al tetto si rinvengono depositi alluvionali, con predominanza di sabbia e ghiaia (Unità 2), intercettata con i sondaggi BH25, BH26, PNL371O13 e PNL371C14 e SAF21-OC17-A8 e la facies incoerente dei conglomerati di Monte Villa (CMV-i), costituita prevalentemente da sabbia limosa, di colore marrone, molto addensata e clasti poligenici di diametro massimo pari a 5 ÷ 6 cm (sondaggi ALB2, CR6, BH28, BH29, PNL371C14 e SAF21-OC17-A8).

L'imbocco della galleria Croce incontra per circa 90 ÷ 100 m terreni prevalentemente ghiaioso – sabbiosi, seguiti dalla componente prevalentemente incoerente della formazione dei conglomerati di Monte Villa (CMV-i) che si riscontrano con il sondaggio CR6. Procedendo in direzione Genova, la galleria interessa nuovamente i depositi alluvionali (Unità 2 – 3) come si riscontra in corrispondenza della perforazione ALB2.

Si segnala a tratti la presenza di trovanti lapidei di natura generalmente quarzitica.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 28 di 288

### UNITÀ 1

Terreno vegetale e materiali di riporto di natura antropica (rilevati stradali ecc...).

### UNITÀ 2

Sabbia con limo ghiaiosa e ghiaia in matrice limosa, di colore marrone giallastro, da moderatamente addensata a molto addensata, con inclusi elementi lapidei di varia natura (arenacea, quarzosa e calcarea), da angolari a sub-arrotondati, di diametro massimo pari a 5 cm.

### UNITÀ 3

Argilla limosa e limo sabbioso debolmente ghiaioso, di colore marrone, con inclusi elementi lapidei di varia natura.

Limo con argilla, limo argilloso, di colore nocciola e grigio, da moderatamente a molto consistente. Localmente è presente ghiaia da sub-angolare a sub-arrotondata.

### SUBSTRATO

Conglomerati di Monte Villa (CMV-i): facies incoerente dei conglomerati di Monte Villa, costituita prevalentemente da ghiaia con sabbia e sabbia limosa, di colore marrone, molto addensata e clasti poligenici di diametro massimo pari a 5 ÷ 6 cm. A tratti sono presenti trovanti di quarzite.

Conglomerati di Monte Villa (CMV): conglomerato poligenico a tratti poco cementato, localmente alterato con livelli a componente sabbioso ghiaiosa e limosa argillosa. I clasti, di forma arrotondata ed allungata, centimetrici, sono di natura prevalentemente calcarea (Pliocene Sup.?- Medio?).

## 7.6 Ceriale 2

Il substrato litoide, costituito dai conglomerati di Monte Villa, è stato individuato nella quasi totalità dei sondaggi presenti nella porzione orientale, a profondità generalmente comprese tra 20 m e 29 m circa.

I terreni sovrastanti sono di varia natura ed andamento geometrico complesso, spesso diverso in funzione della verticale investigata.

Sotto una coltre superficiale di terreno vegetale e di riporto con spessore variabile da un minimo di 40 cm (BH29) ad un massimo di 4,2 m in corrispondenza dell'asta valliva del Rio Carenda (PNL371P17), si riscontrano i terreni alluvionali di natura prevalentemente incoerente (in corrispondenza delle perforazioni PNL371C14, PNL371C15, PNL371P17, PNL371B19, BH36, SAF21-OC20, SAF21-OC21 e SAF21-OC23) e coesiva (sondaggi BH29, BH31, BH32, PNL371D18, BH34 e SAF21-OC18), fino ad una profondità massima dal p.c. di 20 m circa in corrispondenza del sondaggio PNL371C15.

Inferiormente, ed in corrispondenza di tutte le perforazioni, si intercetta la facies incoerente (CMV-i) dei conglomerati di Monte Villa. Soltanto in corrispondenza della porzione occidentale si riscontra la presenza anche della componente coesiva CMV-c (sondaggi PNL371P17, BH32, PNL371D18, BH34, PNL371B19, BH36, SAF21-OC19 e SAF21-OC22).

### UNITÀ 1

Terreno vegetale e materiali di riporto di natura antropica (rilevati stradali ecc...).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	29 di 288

## UNITÀ 2

Ghiaia con sabbia limosa e sabbia limosa debolmente ghiaiosa, di colore marrone, da moderatamente addensata ad addensata, con inclusi elementi lapidei di varia natura, da angolari a sub-arrotondati, di diametro massimo pari a 10 cm. Localmente sono presenti clasti di quarzite (in corrispondenza dei sondaggi PNL371B19, PNL371C15, PNL371C14).

## UNITÀ 3

Limo con sabbia ghiaiosa ed argilla sabbiosa, di colore marrone rossastro, da moderatamente a molto consistente. Localmente è presente ghiaia da sub-angolare a sub-arrotondata e clasti di natura prevalentemente quarzifica con diametro massimo 3 cm.

## SUBSTRATO

Conglomerati di Monte Villa (CMV-i): facies incoerente dei conglomerati di Monte Villa, costituita prevalentemente da ghiaia eterometrica con sabbia e sabbia ghiaiosa limosa, di colore marrone, molto addensata e clasti poligenici arrotondati.

Conglomerati di Monte Villa (CMV-c): facies coesiva del conglomerato di Monte Villa, costituita prevalentemente da argilla limosa e limo argilloso debolmente sabbioso, di colore marrone grigio, consistente.

Conglomerati di Monte Villa (CMV): conglomerato poligenico a tratti poco cementato, localmente alterato con livelli a componente sabbioso ghiaiosa e limosa argillosa. I clasti, di forma arrotondata ed allungata, sono di natura prevalentemente calcarea (Pliocene Sup.- Medio?).

## 7.7 Ceriale 3

Come per le precedenti tratte Ceriale 1 e Ceriale 2, il substrato litoide, costituito dai conglomerati pliocenici di Monte Villa CMV, ha andamento vario ed irregolare. Nella porzione occidentale della tratta il substrato emerge rapidamente per diventare sub-affiorante in corrispondenza dell'imbocco della galleria artificiale Bastia 1 (vedi paragrafo seguente Albenga 1). Si riscontra ad una profondità variabile tra 24 m (PNL371O21) e 38 m circa dal p.c. (PNL371V22).

In corrispondenza dei sondaggi BH42, BH43, BH44, BH45 e BH46, il conglomerato poligenico CMV si presenta alternato, in carota di sondaggio, a limo ghiaioso, a tratti argilloso debolmente sabbioso e a livelli sabbiosi ghiaiosi sciolti.

Le argille di Ortovero si riscontrano soltanto in corrispondenza del sondaggio BH38, ad una profondità di circa 55 m.

In tutti i sondaggi disponibili nell'area, al di sopra della formazione dei conglomerati poligenici CMV, si riscontra la porzione incoerente CMV-i, per spessori variabili da un minimo di qualche metro (BH46) ad un massimo di oltre 30 m (BH38).

Sopra l'unità CMV-i, e soltanto in corrispondenza della porzione orientale della tratta, si riscontra la presenza anche della componente coesiva CMV-c (sondaggi PNL371B19, BH36, BH38 e PNL371O21) per spessori

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 30 di 288

variabili da 10 a 15 m circa. L'unità CMV-c si riscontra anche in corrispondenza della perforazione PNL371V22, sotto la porzione incoerente CMV-i, per uno spessore di circa 5 m.

I depositi alluvionali, prevalentemente incoerenti, si riscontrano in corrispondenza di tutte le perforazioni, con spessori maggiori nella parte più occidentale della tratta. Alcuni livelli coesivi si riscontrano con i sondaggi BH42, BH43, BH45.

Lo sbocco della galleria Parei interessa i depositi alluvionali incoerenti (Unità 2), come riscontrato con i sondaggi PNL371B19 e BH36.

### **UNITÀ 1**

Terreno vegetale e materiali di riporto di natura antropica (rilevati stradali ecc...) riscontrati con i sondaggi PNL371O20, PNL371O21, PNL371V22, BH42, BH43 e BH46.

### **UNITÀ 2**

Ghiaia con sabbia limosa e sabbia limosa debolmente ghiaiosa, di colore marrone, da moderatamente addensata ad addensata, con inclusi elementi lapidei di varia natura, da angolari a sub-arrotondati, di diametro massimo pari a 10 cm. Localmente sono presenti clasti di quarzite.

### **UNITÀ 3**

Limo sabbioso o con sabbia, localmente con ghiaia, di colore marrone, generalmente molto consistente, con inclusi elementi lapidei di natura arenacea. A tratti presenza di materiale organico.

Limo argilloso, debolmente sabbioso, di colore nocciola e grigio, da moderatamente a molto consistente. Localmente è presente ghiaia da sub-angolare a sub-arrotondata di diametro massimo pari a 10 cm.

### **SUBSTRATO**

Argille di Ortovero (ORV): argilla limosa e limo argilloso, debolmente sabbioso, consistente, di colore grigio scuro, a tratti alternati a livelli sabbiosi (Pliocene medio? Inferiore)

Conglomerati di Monte Villa (CMV-i): facies incoerente del conglomerato di Monte Villa, costituita prevalentemente da ghiaia, sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaioso, di colore marrone, molto addensata. Presenza di clasti poligenici, da angolari a sub arrotondati e, a tratti, clasti di conglomerato.

Conglomerati di Monte Villa (CMV-c): facies coesiva del conglomerato di Monte Villa, costituita prevalentemente da argilla limosa e limo argilloso debolmente sabbioso, a tratti ghiaioso con clasti poligenici, di colore dal marrone al grigio, molto consistente.

Conglomerati di Monte Villa (CMV): conglomerato poligenico a tratti poco cementato, localmente alterato con livelli a componente sabbioso ghiaiosa e limosa argillosa. I clasti, di forma arrotondata ed allungata, sono di natura prevalentemente calcarea (Pliocene Sup.?- Medio?).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	31 di 288

## 7.8 Albenga 1

L'area di Albenga 1 è caratterizzata dalla presenza della valle del rio Varetta, tra le due gallerie artificiali Bastia 1 e Bastia 2. In questa zona, i sondaggi geognostici BH46, BH47, BH48, BH59 e SAF21OC27-A10 interessano i conglomerati della formazione di Monte Villa. La formazione di base del conglomerato poligenico CMV si rinviene a quota variabile da 1 m (sondaggio BH48) a 35 m sul livello medio del mare (sondaggio BH49-BH59). Superiormente si rinviene la facies incoerente, costituita prevalentemente da ghiaia e sabbia in matrice limosa, di colore marrone, molto addensata e clasti poligenici da subangolari a subarrotondati (CMV-i).

Tra le due gallerie sono presenti terreni ghiaioso-sabbiosi di origine detritico alluvionale (Unità 2), rinvenuti con la perforazione BH48 fino ad una profondità di circa 17 m dalla quota boccaforo.

Le argille di Ortovero (ORV) sono state rinvenute nei sondaggi BH50, BH51, BH52 e BH53.

I sondaggi della porzione occidentale (BH54, BH55, BH56, BH27 e BH58) interessano i terreni alluvionali delle Unità 2 e 3, a copertura delle argille di Ortovero.

### UNITÀ 1

Terreno vegetale e materiali di riporto di natura antropica (rilevati stradali ecc...) riscontrati con i sondaggi BH50, BH51, BH52, BH54, BH55, BH56, BH57 e BH58, SAF21-OC24, SAF21-OC27 e SAF21-OC28 (profondità massima dal p.c. pari a 4,5 m in corrispondenza di BH55).

### UNITÀ 2

Ghiaia, ghiaia con sabbia e sabbia con ghiaia, a tratti limosa, di colore grigio e marrone chiaro, da moderatamente addensata a molto addensata. Sono presenti, a varie quote blocchi e clasti poligenici (calcare, arenaria, conglomerato) da angolari a sub-arrotondati.

Sabbia limosa o con limo localmente ghiaiosa, di colore marrone e grigio, da moderatamente addensata ad addensata, con inclusi elementi lapidei eterogenei di natura calcarea e arenacea, da angolari a sub-arrotondati.

### UNITÀ 3

Limo sabbioso o con sabbia, localmente con ghiaia, di colore marrone, generalmente molto consistente, con inclusi elementi lapidei di natura arenacea.

Limo con argilla, limo argilloso, di colore nocciola e grigio, da moderatamente a molto consistente. Localmente è presente ghiaia da sub-angolare a sub-arrotondata.

### SUBSTRATO

Argille di Ortovero (ORV): argilla limosa e limo argilloso, debolmente sabbioso, consistente, di colore grigio scuro, a tratti alternati a livelli sabbiosi (Pliocene Medio? Inferiore).

Conglomerati di Monte Villa (CMV-i): facies incoerente dei conglomerati di Monte Villa, costituita prevalentemente da ghiaia e sabbia in matrice limosa, di colore marrone, molto addensata e clasti poligenici da subangolari a subarrotondati (CMV-i).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	32 di 288

Conglomerati di Monte Villa (CMV): conglomerato poligenico a tratti poco cementato, localmente alterato con livelli a componente sabbioso ghiaiosa e limosa argillosa. I clasti, di forma arrotondata ed allungata, sono di natura prevalentemente calcarea (Pliocene Sup.?- Medio?).

## 7.9 Albenga 2

Il tratto in esame è interessato dai depositi alluvionali delle unità 2 e 3 (intercettate con tutte le perforazioni disponibili nella tratta in esame) che ricoprono dapprima le argille di Ortovero ORV e successivamente, in corrispondenza dell'asta del torrente Arroscia, la Formazione di Albenga ALN.

Le argille di Ortovero si rinvencono in corrispondenza dei sondaggi PNL371V26 e BH58 a circa 30 m dal p.c..

La porzione occidentale del profilo è caratterizzata dalla presenza della Formazione di Albenga (ALN), rinvenuta a profondità variabili da 14 m a 38 m circa in corrispondenza dei sondaggi BH62, BH63, BH64, BH65, BH66, BH67 e CU1 e, costituita da calcari chiari, arenarie grossolane quarzoso-feldspatiche e calcari scistosi.

In corrispondenza dell'imbocco della galleria Alassio si rinvencono terreni ghiaioso sabbiosi detritico-alluvionali, seguiti dalla Formazione di Albenga.

### UNITÀ 1

Materiale di riporto costituito da ghiaia e sabbia debolmente limosa, riscontrato in corrispondenza delle perforazioni BH65, BH66 e BH67 per una profondità massima dal p.c. di 5,9 m.

### UNITÀ 2

Ghiaia, ghiaia con sabbia e sabbia con ghiaia, a tratti limosa, di colore grigio e marrone chiaro, da moderatamente addensata a molto addensata. Sono presenti, a varie quote, blocchi e clasti poligenici (calcare, arenaria, conglomerato), da angolari a sub-arrotondati.

Sabbia limosa o con limo, localmente ghiaiosa, di colore marrone e grigio, da moderatamente addensata ad addensata, con inclusi elementi lapidei eterogenei di natura calcarea e arenacea, da angolari a sub-arrotondati.

### UNITÀ 3

Limo sabbioso o con sabbia, localmente con ghiaia, di colore marrone, generalmente molto consistente, con inclusi elementi lapidei di natura arenacea.

Limo con argilla, limo argilloso, di colore nocciola e grigio, da moderatamente a molto consistente. Localmente è presente ghiaia da sub-angolare a sub-arrotondata.

### SUBSTRATO

Argille di Ortovero (ORV): argilla limosa e limo argilloso, debolmente sabbioso, consistente, di colore grigio scuro, a tratti alternati a livelli sabbiosi (Pliocene Medio? Inferiore).

Formazione di Albenga (ALN): Calcescisto di colore grigio, con scistosità prevalentemente inclinata di 30°-40° rispetto al piano orizzontale. Calcare e calcare marnoso, di colore da grigio scuro a nerastro, con vene di calcite, molto compatto (Eocene? Paleocene?).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 33 di 288

Formazione di Albenga (ALN alt): alterata ed allentata, nei sondaggi si presenta completamente destrutturata (Eocene).

## 7.10 Andora

Allo sbocco della galleria Alassio si rinviene il substrato costituito dal Flysch di S. Remo (ELM), per lo più sub-affiorante, come riscontrato con i sondaggi CA10, PLN371O23 e SAF21-A11. Superiormente, il sondaggio CA10 individua una coltre superficiale, costituita da ghiaia argillosa limosa con clasti di natura prevalentemente calcarea (fino a 7,9 m circa), mentre in corrispondenza delle perforazioni PLN371O23 e SAF21-A11 si rinviene materiale di riporto fino a profondità rispettivamente di 2,5 m e 4.7m da boccaforo.

La formazione ELM si rinviene ad una profondità maggiore in corrispondenza del sondaggio PLN371V24 (circa 22 m da boccaforo).

Inoltre, sono presenti i terreni dell'unità 2 e 3 che ricoprono le argille di Ortovero ORV, come accertato con i sondaggi PLN371V25, S48, S49, S50 e S51.

### UNITÀ 1

Terreno vegetale e materiale di riporto eterogeneo, composto generalmente da sabbia e ghiaia da debolmente limosa a limosa, di colore variabile da marrone rossastro a grigio verdastro. Si rinvencono saltuariamente frammenti di laterizi e materiale organico (PLN371O23, S48, S49, S50, S51, SAF21-A11, SAF21-OC37, SAF21-OC38 e SAF21-OC39).

### UNITÀ 2

Ghiaia eterometrica sabbiosa debolmente limosa, mediamente addensata, con clasti poligenici da arrotondati ad angolari

Sabbia da media a grossolana, sabbia limosa debolmente ghiaiosa, talora limo sabbioso ghiaioso, di colore marrone giallastro talvolta grigio, da debolmente a molto addensata.

### UNITÀ 3

Limo argilloso da debolmente sabbioso a con sabbia, localmente ghiaioso sabbioso, di colore marrone giallastro, a tratti grigio, da mediamente consistente a consistente.

Argilla limosa a tratti sabbiosa, da poco a estremamente consistente, di colore grigio.

A tratti sono presenti clasti poligenici, sub-angolari e sub-arrotondati.

### SUBSTRATO

Argille di Ortovero (ORV): argilla limosa e limo argilloso, debolmente sabbioso, consistente, di colore grigio scuro, a tratti alternati a livelli sabbiosi (Pliocene Medio? Inferiore).

Flysch di S.Remo (ELM): calcare di colore grigio scuro, con intercalazioni e livelli di calcare marnoso ed argilla marnosa, da poco fratturato a fratturato, con discontinuità inclinate prevalentemente di 40°-50° (Eocene).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV0I	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 34 di 288

Flysch di S.Remo (ELM alt): alterato ed allentato; in carota di sondaggio si presenta spesso completamente destrutturato.

## 7.11 Sezioni geotecniche trasversali

Le sezioni geotecniche trasversali sono state elaborate in corrispondenza delle gallerie artificiali PAREI, BASTIA I e BASTIA II.

Il quadro riassuntivo è riportato nella tabella seguente. Ai fini della caratterizzazione geotecnica si fa riferimento ai parametri ricavati per le tratte Ceriale - Albenga.

SEZIONE	TRATTA DI RIFERIMENTO	SONDAGGI DI RIFERIMENTO
Galleria artificiale PAREI	Ceriale 2	PLN371D18, PLN371B19, BH34, BH36, VD4, SAF21-OC22-A9, SAF21-OC23
Galleria artificiale BASTIA 1	Albenga 1	BH47, SAF21-OC27-A10
Galleria artificiale BASTIA 2	Albenga 1	BH48, BH49, BH59, SAF21-OC28

**Tabella 1. Quadro di riferimento delle sezioni geotecniche trasversali**

### Galleria artificiale Parei

La galleria artificiale PAREI, caratterizzata da basse coperture, interessa quasi interamente i depositi alluvionali. In particolare, in corrispondenza dell'imbocco lato Ventimiglia e per quasi metà del suo sviluppo sono presenti i terreni alluvionali prevalentemente incoerenti (Unità 2) intercettati con i sondaggi PLN371B19, BH36 e SAF21-OC23 (ma anche in SAF21-OC22-A9). Le perforazioni PLN371D18 e BH34, in corrispondenza dell'imbocco lato Genova, mostrano la presenza dei depositi alluvionali prevalentemente coesivi (Unità 3).

La falda si rinviene a quote decisamente inferiori rispetto alla posizione della galleria.

Sulla base dei sondaggi disponibili nell'area in esame sono state individuate due sezioni in corrispondenza delle quali sono stati indicati i rapporti opera-terreni (cfr. elaborato IV0I00D26W9GE0005001A). Per la redazione dell'elaborato specifico si è anche fatto riferimento al sondaggio VD4, eseguito dall'impresa Tecnosol nel 1993, ad una distanza dall'asse della galleria di 100 m circa.

Il substrato costituito dai Conglomerati di Monte Villa (CMV), è stato rinvenuto ad una profondità di circa 22-25 m da p.c. (PLN371D18 e SAF21-OC22-A9). In corrispondenza di quest'ultimo, tra 20.5m pc e 24.8m pc, si evidenzia inoltre la presenza di uno strato di limo sabbioso debolmente argilloso e con tracce di sostanze organiche (Unità 3). Le unità geotecniche sovrastanti sono le seguenti:

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV0I	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	35 di 288

### UNITÀ 1

Terreno vegetale e di riporto (spessore massimo 40 cm).

### UNITÀ 2

Sabbia limosa a tratti ghiaiosa, di colore marrone, da moderatamente addensata ad addensata, con inclusi elementi lapidei di varia natura, da angolari a sub-arrotondati, di diametro massimo pari a 10 cm. In corrispondenza della perforazione PNL371B19 sono presenti clasti di quarzite a varie profondità.

### UNITÀ 3

Limo con sabbia ghiaiosa ed argilla con sabbia, di colore marrone rossastro, da moderatamente a molto consistente. Localmente è presente ghiaia da sub-angolare a sub-arrotondata e clasti di natura prevalentemente quarzite a varie profondità (sondaggi PNL371D18, BH34 e SAF21-OC22-A9).

#### **Conglomerati di Monte Villa (CMV-c)**

Facies coesiva del conglomerato di Monte Villa, costituita prevalentemente da argilla limosa, limo e limo argilloso con sabbia e ghiaia, di colore marrone rossastro e grigio, consistente. E' presente in corrispondenza di tutti i sondaggi disponibili nell'area in esame (spessore medio pari a 10 ÷ 15 m circa), ad eccezione del VD4. A tratti sono presenti clasti di quarzite.

#### **Conglomerati di Monte Villa (CMV-i)**

Facies incoerente dei conglomerati di Monte Villa, costituita prevalentemente da ghiaia eterometrica con sabbia e sabbia ghiaiosa limosa, di colore marrone, molto addensata e clasti poligenici arrotondati. E' presente in corrispondenza di tutti i sondaggi disponibili nell'area in esame.

#### **Galleria artificiale Bastia 1**

La galleria artificiale BASTIA I, caratterizzata da basse coperture, interessa la facies incoerente dei conglomerati pliocenici CMV-i, intercettata con i sondaggi BH47 e SAF21-OC27-A10, costituita da sabbia limosa e clasti poligenici da subangolari ad arrotondati. La falda si rinviene a quota decisamente inferiore rispetto a quella dell'arco rovescio.

I rapporti opera – terreni, determinati sulla base dell'unico sondaggio disponibile nell'area in esame, sono riportati nell'elaborato IV0I00D26W9GE0005002A, cui si rimanda per maggiori dettagli.

Il substrato costituito dai Conglomerati di Monte Villa (CMV), si rinviene ad una profondità di 7 m circa dal boccaforo. Tuttavia, da quanto riportato nella stratigrafia di riferimento si evince che il conglomerato è scarsamente cementato ed alternato a livelli sabbiosi limosi fino a fondo foro. Purtroppo non sono disponibili i risultati delle prove di laboratorio sui campioni prelevati nel corso della perforazione che attestino quanto indicato nella stratigrafia.

Si rimanda pertanto alle successive fasi della progettazione per effettuare indagini integrative che accertino i rapporti opera - terreni definiti in questa fase.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV0I	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 36 di 288

### Galleria artificiale Bastia 2

In considerazione dei sondaggi di riferimento è presumibile che, in corrispondenza dell'imbocco direzione Genova, la galleria si trovi al passaggio tra i depositi alluvionali incoerenti (Unità 2) in corrispondenza di BH48, BH49 e BH59 e la formazione dei conglomerati pliocenici di Monte Villa (CMV) riscontrati con i sondaggi BH49 e BH59. L'altro imbocco, invece, si presume possa vedere la presenza di depositi coesivi (Unità 3), come si evince dal sondaggio SAF21-OC28.

Come nel caso precedente la falda è presente a quota decisamente inferiore rispetto a quella dell'arco rovescio.

Il substrato costituito dai Conglomerati di Monte Villa (CMV), si rinviene ad una profondità di circa 11 m dal boccaforo dei sondaggi BH49 e BH59. Questi ultimi distano tuttavia dall'asse della galleria rispettivamente di 80 m e 100 m circa. Dalle stratigrafie di riferimento si desume che il conglomerato è parzialmente cementato.

Superiormente si riscontra la facies incoerente CMV-i costituita prevalentemente da sabbia e ghiaia in matrice limosa argillosa, di colore marrone, da addensata a ben addensata e clasti da subangolari a subarrotondati di diametro massimo pari a 8 cm. A tratti si riscontrano livelli di limo argilloso (BH49).

Dalle indagini disponibili in questa fase è possibile affermare che entrambi gli imbocchi della galleria interesseranno prevalentemente la porzione incoerente CMV-i, mentre la parte centrale sarà realizzata, con molta probabilità, all'interno della formazione dei conglomerati pliocenici.

Si ritiene tuttavia necessario effettuare, nelle successive fasi della progettazione, indagini integrative che accertino quanto riscontrato con i sondaggi attualmente disponibili. Tali indagini consentiranno di effettuare le scelte progettuali più adeguate per la realizzazione dell'opera in esame.

Nell'elaborato IV0I00D26W9GE0005003A, cui si rimanda per maggiori dettagli, sono indicati i rapporti operaterreni, in corrispondenza delle sezioni trasversali individuate.

Considerata la natura dei terreni presenti nelle aree in esame, la realizzazione delle gallerie artificiali di cui sopra dovrà essere preceduta da un adeguato sistema di protezione dei fronti di scavo.

Sulla base dei risultati delle indagini disponibili in questa fase e, tenuto conto della possibile presenza all'interno delle unità CMV-i e CMV-c (della formazione dei conglomerati di Monte Villa) di tratti ad elevato grado di cementazione, a diverse profondità, si ritiene che la soluzione più adeguata per la protezione provvisoria degli scavi sia costituita da paratie di micropali tirantate.

Tale scelta progettuale potrà essere confermata nelle successive fasi della progettazione integrando le indagini attualmente disponibili.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 37 di 288

## 8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente capitolo sono riportati i dati relativi alle proprietà fisico-meccaniche dei terreni, che consentono una caratterizzazione del sottosuolo ai fini geotecnici.

Ai fini della caratterizzazione geotecnica delle unità definite al paragrafo precedente, si è proceduto raccogliendo in 4 distinti archivi i seguenti dati:

- ❖ prove in foro  $N_{SPT}$ ;
- ❖ prove speditive su carote di sondaggio (Pocket Penetrometer e Vane Test);
- ❖ prove di laboratorio sui campioni di terreno;
- ❖ prove di laboratorio sui campioni di roccia.

L'interpretazione delle prove  $N_{SPT}$  è stata eseguita utilizzando di volta in volta le correlazioni di letteratura che più si adattavano al tipo di terreno rinvenuto nei sondaggi geognostici (v. Tabella 2). Per i terreni incoerenti sono stati ricavati densità relativa, angolo di resistenza al taglio e modulo di Young; per i terreni coesivi modulo edometrico e coesione non drenata. Per le prove a rifiuto è stato considerato un numero di colpi pari a 100.

Parametro ricavato	Autori	Parametri di base
Coesione non drenata	Terzaghi e Peck (1967), Stroud (1974)	$N_{SPT}$ , indice di plasticità
Modulo elastico non drenato	Stroud (1989)	$N_{SPT}$ , litologia
Angolo di resistenza al taglio	API (1987) Peck (1953) Meyerhof (1965)	$N_{SPT}$ , densità relativa, contenuto di fini
Densità relativa	Skempton (1986), Cubrinovski & Ishihara (1998)	$N_{SPT}$ , litologia, pressione litostatica efficace
Modulo di Young	Pasqualini (1983)	$N_{SPT}$ , pressione litostatica efficace

**Tabella 2. Correlazioni geotecniche utilizzate per l'interpretazione delle prove SPT**

Sulla base delle correlazioni sopra elencate, nelle tabelle che seguono si riassumono le stime ritenute rappresentative per la caratterizzazione delle singole zone; valori al di fuori dei range indicati sono da considerarsi come attribuibili a condizioni locali e quindi non d'interesse per la definizione di un quadro geotecnico generale.

## 8.1 Caratterizzazione dei terreni

### Composizione granulometrica

Nelle tabelle che seguono si riportano, per ciascuna unità geotecnica relativa ad una tratta omogenea, le percentuali in peso corrispondenti alle frazioni granulometriche (secondo il sistema di classificazione A.G.I.).

	UNITÀ	
	2	3
GHIAIA %	53	0.0
SABBIA %	24	5.1
LIMO + ARGILLA %	23	94.9

**Tabella 3. Composizione granulometrica – Borgio Verezzi**

	UNITÀ	
	2	3
GHIAIA %	14÷ 68	0÷32
SABBIA %	6÷60	9÷33
LIMO + ARGILLA %	9÷47	37÷87

**Tabella 4. Composizione granulometrica – Pietra Ligure**

	UNITÀ			
	2	3	CMV-i	ORV
GHIAIA %	0÷74	0 ÷8	0÷79	0÷1
SABBIA %	15÷76	1÷47	13÷66	2÷46
LIMO + ARGILLA %	9÷48	53÷99	8÷83	54÷98

**Tabella 5. Composizione granulometrica – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITÀ				
	2	3	CMV-i	CMV-c	ORV
GHIAIA %	10÷78	0÷25	15÷53	0÷21	0
SABBIA %	15÷51	5÷42	27÷46	2÷37	2
LIMO + ARGILLA %	6÷49	35÷95	20÷52	53÷98	98

**Tabella 6. Composizione granulometrica – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITÀ			
	1	2	3	ORV
GHIAIA %	32	26÷65	0÷32	0÷36
SABBIA %	25	17÷30	0÷54	0÷26
LIMO + ARGILLA %	43	15÷32	39÷100	52÷100

**Tabella 7. Composizione granulometrica – Albenga 1, 2**

	UNITÀ		
	2	3	ORV
GHIAIA %	42÷73	0÷31	0
SABBIA %	16÷31	7÷42	37
LIMO + ARGILLA %	11÷27	51÷92	63

**Tabella 8. Composizione granulometrica – Andora**

**Peso di volume, peso secco, peso specifico dei grani**

Nel seguito si riportano, per ciascuna unità geotecnica relativa ad una tratta omogenea, i valori del peso dell'unità di volume  $\gamma$ , del peso specifico dei grani  $\gamma_s$  e del peso secco  $\gamma_d$  determinati in laboratorio. I grafici di riferimento sono riportati nelle figure in Appendice.

	UNITÁ 3
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.7
$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	26.6
$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	14.5

**Tabella 9. Peso di volume – Borgio Verezzi**

	UNITÁ	
	2	3
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	/	20.5÷21.2
$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	26.3÷27.1	26.7÷27.0
$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	/	17

**Tabella 10. Peso di volume – Pietra Ligure**

	UNITÁ			
	2	3	CMV - i	ORV
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.5÷20.5	15.5÷20.9	20÷21	19.0÷20.0
$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	26÷27	26.3÷27.0	26÷27	27.0
$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	17	14.3÷17.6	17	15.0÷16.0

**Tabella 11. Peso di volume – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITÁ			
	2	3	CMV - i	CMV - c
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	20	20÷21	19.6÷23.6	19÷21
$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	26÷27	26÷27	26÷27	26÷27
$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	17	16÷18	/	15÷17

**Tabella 12. Peso di volume – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITÁ		
	2	3	ORV
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	/	18.4÷20.5	20÷21
$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	26÷27	/	26.8
$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	/	15÷17	15÷17

**Tabella 13. Peso di volume – Albenga 1, 2**

	UNITÁ		
	2	3	ORV
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	/	20.0	20.0
$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	26.9	26.2÷27.1	26.5
$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	/	15.9÷16.1	16.3

**Tabella 14. Peso di volume – Andora**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 42 di 288

### Contenuto d'acqua - Limiti di consistenza

I valori del contenuto d'acqua  $w$ , dei limiti di plasticità  $w_P$  e liquidità  $w_L$  e dell'indice di plasticità  $PI$  sono riportati nelle tabelle che seguono, per ciascuna unità geotecnica relativa ad una tratta omogenea. I grafici di riferimento sono riportati nelle figure in Appendice.

	UNITÁ 3
w [%]	29
$w_P$ [%]	30
$w_L$ [%]	58
PI [%]	28

**Tabella 15. Contenuto d'acqua e limiti di consistenza – Borgo Verezzi**

	UNITÁ	UNITÁ
	2	3
w [%]	/	22
$w_P$ [%]	15÷23	11÷29
$w_L$ [%]	21÷32	27÷43
PI [%]	4÷12	5÷18

**Tabella 16. Contenuto d'acqua e limiti di consistenza – Pietra Ligure**

	UNITÁ			
	2	3	CMV-i	ORV
w [%]	7.7÷22	10÷35	19÷25	23÷29
$w_P$ [%]	14 ÷ 17	13÷34	17 ÷ 22	16÷20
$w_L$ [%]	21 ÷ 30	21÷46	17 ÷ 31	26÷39
PI [%]	5 ÷ 13	4÷24	3 ÷ 10	4÷22

**Tabella 17. Contenuto d'acqua e limiti di consistenza – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITÁ				
	2	3	CMV-i	CMV-c	ORV
w [%]	15	16÷25	14÷18	22÷28	/
w <sub>P</sub> [%]	13÷ 19	15÷28	13÷22	16÷26	23
w <sub>L</sub> [%]	21÷ 32	22÷47	21÷44	23÷58	44
PI [%]	4÷14	5÷23	7÷22	5÷33	21

**Tabella 18. Contenuto d'acqua e limiti di consistenza – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITÁ			
	1	2	3	ORV
w [%]	19.3	8.6	12÷27	14÷30
w <sub>P</sub> [%]	18	10÷21	15÷24	17÷23
w <sub>L</sub> [%]	31	20÷29	13÷40	31÷38
PI [%]	13	3÷11	5÷20	8÷19

**Tabella 19. Contenuto d'acqua e limiti di consistenza – Albenga 1, 2**

	UNITÁ		
	2	3	ORV
w [%]	/	25	24
w <sub>P</sub> [%]	15	18÷26	21
w <sub>L</sub> [%]	24	28÷41	30
PI [%]	9	6÷17	9

**Tabella 20. Contenuto d'acqua e limiti di consistenza – Andora**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 44 di 288

### Densità relativa

Per i terreni incoerenti è possibile determinare il valore della densità relativa dai risultati delle prove SPT in funzione di  $N_{SPT}$  (Skempton, 1986). I grafici di riferimento sono riportati nelle figure in Appendice.

	UNITÁ 2
Dr [%]	50÷100

**Tabella 21. Densità relativa – Borgio Verezzi**

	UNITÁ 2
Dr [%]	40÷85

**Tabella 22. Densità relativa – Pietra Ligure**

	UNITÁ	
	2	CMV-i
Dr [%]	40÷85	45÷85

**Tabella 23. Densità relativa – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITÁ	
	2	CMV-i
Dr [%]	40÷90	50÷95

**Tabella 24. Densità relativa – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITÁ 2
Dr [%]	50÷100

**Tabella 25. Densità relativa – Albenga 1, 2**

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	45 di 288

	UNITÁ 2
Dr [%]	50-100

**Tabella 26. Densità relativa – Alassio**

	UNITÁ 2
Dr [%]	40÷80

**Tabella 27. Densità relativa – Andora**

### Resistenza al taglio

Nel seguito si riassumono le caratteristiche di resistenza al taglio per le unità geotecniche coesive ed incoerenti. I grafici di riferimento sono riportati nelle figure in Appendice.

#### Terreni coesivi – condizioni non drenate

Per la valutazione della coesione non drenata  $c_u$  sono disponibili i risultati di:

- prove con pocket penetrometer (P.P.) e vane test (V.T.) sulle carote estratte e sui campioni prelevati;
- prove SPT in foro;
- prove triassiali non consolidate non drenate (TxUU).

Nelle seguenti tabelle sono indicati i valori ritenuti rappresentativi, distinti per tratta omogenea.

	UNITÁ 3
$c_u$ P.P. e V.T. [kPa]	100÷200
$c_u$ SPT [kPa]	90÷200
$c_u$ Lab. P.P. e V.T. [kPa]	/
$c_u$ TxUU [kPa]	/

**Tabella 28. Coesione non drenata – Borgio Verezzi**

	UNITA' 3
$c_u$ P.P. e V.T. [kPa]	33 ÷ 180
$c_u$ SPT [kPa]	35 ÷ 110
$c_u$ Lab. P.P. e V.T. [kPa]	25
$c_u$ TxUU [kPa]	/

**Tabella 29. Coesione non drenata – Pietra Ligure**

	UNITÀ	
	3	ORV
$c_u$ P.P. e V.T. kPa]	10 ÷ 300	40 ÷ 300
$c_u$ SPT [kPa]	30 ÷ 240	100 ÷ 130
$c_u$ Lab. P.P. e V.T. [kPa]	25 ÷ 300	50 ÷ 300
$c_u$ TxUU [kPa]	22 ÷ 115	396

**Tabella 30. Coesione non drenata – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITÀ		
	3	CMV-c	ORV
$c_u$ P.P. e V.T. kPa]	25 ÷ 275	20 ÷ 300	155 ÷ 300
$c_u$ SPT [kPa]	50 ÷ 240	60 ÷ 200	140 ÷ 160
$c_u$ Lab. P.P. e V.T. [kPa]	138 ÷ 210	142 ÷ 346	/
$c_u$ TxUU [kPa]	118 ÷ 123	96 ÷ 123	/

**Tabella 31. Coesione non drenata – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITÀ	
	3	ORV
$c_u$ P.P. e V.T. [kPa]	10÷200	40÷300
$c_u$ SPT [kPa]	60÷300	/
$c_u$ Lab. P.P. e V.T. [kPa]	3 ÷ 95	20÷300
$c_u$ TxUU [kPa]	/	/

**Tabella 32. Coesione non drenata – Albenga 1, 2**

	UNITÀ 3
$c_u$ P.P. e V.T. kPa]	/
$c_u$ SPT [kPa]	70÷180
$c_u$ Lab. P.P. e V.T. [kPa]	/
$c_u$ TxUU [kPa]	/

**Tabella 33. Coesione non drenata – Alassio**

	UNITÀ	
	3	ORV
$c_u$ P.P. e V.T. kPa]	20÷200	120÷250
$c_u$ SPT [kPa]	20÷130	/
$c_u$ Lab. P.P. e V.T. [kPa]	25÷125	25
$c_u$ TxUU [kPa]	/	/

**Tabella 34. Coesione non drenata – Andora**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 48 di 288

### Terreni coesivi – condizioni drenate

Nelle successive tabelle si riassumono i valori dei parametri di resistenza a taglio in condizioni drenate (coesione  $c'$ , angolo di resistenza al taglio  $\varphi'$ ) ottenuti da:

- prove triassiali consolidate drenate (Tx CD);
- prove di taglio diretto consolidate drenate (TD).

I grafici di riferimento sono riportati nelle figure in Appendice.

	UNITÁ 3
$c'$ [kPa]	4
$\varphi'$ [°]	23

**Tabella 35. Parametri di resistenza al taglio. Terreni coesivi – Borgio Verezzi**

	UNITA' 3
$c'$ [kPa]	0 ÷ 40
$\varphi'$ [°]	24 ÷ 28

**Tabella 36. Parametri di resistenza al taglio. Terreni coesivi – Pietra Ligure**

	UNITA'	
	3	ORV
$c'$ [kPa]	0 ÷ 10	0 ÷ 20
$\varphi'$ [°]	24 ÷ 36	25 ÷ 32

**Tabella 37. Parametri di resistenza al taglio. Terreni coesivi – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITA'	
	3	CMV-c
c' [kPa]	1÷42	0÷36
φ' [°]	16÷30	19÷27

**Tabella 38. Parametri di resistenza al taglio. Terreni coesivi – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITA'	
	3	ORV
c' [kPa]	0÷1	0÷10
φ' [°]	23÷33	21÷26

**Tabella 39. Parametri di resistenza al taglio. Terreni coesivi – Albenga 1, 2**

	UNITÁ 3
c' [kPa]	/
φ' [°]	/

**Tabella 40. Parametri di resistenza al taglio. Terreni coesivi – Alassio**

	UNITÁ	
	3	ORV
c' [kPa]	12÷29	22
φ' [°]	25÷31	30

**Tabella 41. Parametri di resistenza al taglio. Terreni coesivi – Andora**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 50 di 288

### Terreni incoerenti

La valutazione dell'angolo di resistenza al taglio per i terreni incoerenti è stata ottenuta mediante:

- l'elaborazione delle prove SPT utilizzando le usuali correlazioni della letteratura geotecnica (cfr. cap. 8);
- prove di laboratorio (taglio diretto e compressione triassiale).

I valori ottenuti per le ciascuna unità omogenea sono diagrammati nelle figure in Appendice e riassunti nelle successive tabelle.

	UNITÁ
	2
$\varphi'$ da N <sub>spt</sub> [°]	29÷36
$\varphi'$ lab. [°]	/

**Tabella 42. Parametri di resistenza al taglio. Terreni incoerenti – Borgio Verezzi**

	UNITÁ
	2
$\varphi'$ da N <sub>spt</sub> [°]	29÷39
$\varphi'$ lab. [°]	/

**Tabella 43. Parametri di resistenza al taglio. Terreni incoerenti – Pietra Ligure**

	UNITÁ	
	2	CMV-i
$\varphi'$ da N <sub>spt</sub> [°]	29÷37	29÷41
$\varphi'$ lab. [°]	30÷33	28÷33

**Tabella 44. Parametri di resistenza al taglio. Terreni incoerenti – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITÁ	
	2	CMV-i
$\varphi'$ da Nspt [°]	29-42	30-42
$\varphi'$ lab [°]	25÷31	/

**Tabella 45. Parametri di resistenza al taglio. Terreni incoerenti – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITÁ		
	1	2	CMV-i
$\varphi'$ da Nspt [°]	35	30÷42	30÷41
$\varphi'$ lab. [°]	/	30	/

**Tabella 46. Parametri di resistenza al taglio. Terreni incoerenti – Albenga 1, 2**

	UNITÁ 2
$\varphi'$ da Nspt [°]	29-35
$\varphi'$ lab [°]	/

**Tabella 47. Parametri di resistenza al taglio. Terreni incoerenti – Alassio**

	UNITÁ 2
$\varphi'$ da Nspt [°]	29÷38
$\varphi'$ lab [°]	/

**Tabella 48. Parametri di resistenza al taglio. Terreni incoerenti – Andora**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>				
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C FOGLIO 52 di 288

### Grado di sovraconsolidazione

Il valore del grado di sovraconsolidazione OCR (Over Consolidation Ratio) è definito come il rapporto fra la pressione di preconsolidazione e la tensione litostatica verticale efficace alla profondità alla quale si riferisce.

Una stima di OCR per i terreni a grana fina può essere ottenuta a partire dal valore della coesione non drenata  $c_u$ , attraverso la relazione (Ladd, 1985):

$$\frac{c_u}{\sigma'_v} \cong 0.225 \cdot OCR^{0.8}$$

La stima del grado di sovraconsolidazione OCR è stata effettuata sulla base dei valori di  $c_u$ , sopra sintetizzati e ricavati con le prove con pocket penetrometer (P.P.) e vane test (V.T.) sulle carote estratte e sui campioni prelevati.

I grafici che illustrano l'andamento di OCR con la profondità sono riportati in Appendice. I valori di OCR per ciascuna unità geotecnica sono indicati nelle tabelle riepilogative, di seguito riportate, relativamente a ciascuna tratta omogenea.

	UNITÁ 3
OCR da Lab. P.P. e V.T. [kPa]	/
OCR da P.P. e V.T. [kPa]	8÷11

**Tabella 49. Grado di sovraconsolidazione OCR – Borgio Verezzi**

	UNITÁ 3
OCR da Lab. P.P. e V.T. [kPa]	0.5
OCR da P.P. e V.T. [kPa]	1÷5

**Tabella 50. Grado di sovraconsolidazione OCR – Pietra Ligure**

	UNITÁ 3	ORV
OCR da Lab. P.P. e V.T. [kPa]	2÷23	2÷15
OCR da P.P. e V.T. [kPa]	0÷20	0÷12

**Tabella 51. Grado di sovraconsolidazione OCR – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITÁ 3	CMV-c	ORV
OCR da Lab. P.P. e V.T. [kPa]	5÷12	5÷20	/
OCR da P.P. e V.T. [kPa]	3÷20	0÷18	1÷3

**Tabella 52. Grado di sovraconsolidazione OCR – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITÁ 3	ORV
OCR da Lab. P.P. e V.T. [kPa]	0÷15	0÷10
OCR da P.P. e V.T. [kPa]	1÷10	1÷9

**Tabella 53. Grado di sovraconsolidazione OCR – Albenga 1, 2**

	UNITÁ 3
OCR da Lab. P.P. e V.T. [kPa]	/
OCR da P.P. e V.T. [kPa]	/

**Tabella 54. Grado di sovraconsolidazione OCR – Alassio**

	UNITÁ 3	ORV
OCR da Lab. P.P. e V.T. [kPa]	1÷5	0.3
OCR da P.P. e V.T. [kPa]	1÷5	1÷5

**Tabella 55. Grado di sovraconsolidazione OCR – Andora**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 54 di 288

### Caratteristiche di deformazione

#### Terreni coesivi – Modulo di Young

I valori del modulo di deformabilità M sono stati ricavati dalle prove di compressione edometrica e dalle prove SPT e riassunti di seguito in termini di modulo di Young, assumendo un coefficiente di Poisson pari a 0.3 in condizioni drenate.

I grafici di riferimento sono riportati nelle figure in Appendice.

	UNITÁ 3
E da N <sub>spt</sub> [MPa]	5÷12
E lab. [MPa]	/

**Tabella 56. Modulo di deformabilità. Terreni coesivi – Borgio Verezzi**

	UNITÁ 3
E da N <sub>spt</sub> [MPa]	4÷22
E lab. [MPa]	/

**Tabella 57. Modulo di deformabilità. Terreni coesivi – Pietra Ligure**

	UNITÁ	
	UNITÁ 3	ORV
E da N <sub>spt</sub> [MPa]	4÷14	14÷20
E lab. [MPa]	3÷6	6.4

**Tabella 58. Modulo di deformabilità. Terreni coesivi – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITÁ	
	UNITÁ 3	CMV-c
E da Nspt [MPa]	3÷10	16
E lab. [MPa]	3.2	/

**Tabella 59. Modulo di deformabilità. Terreni coesivi – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITÁ	
	3	ORV
E da Nspt [MPa]	5÷24	/
E lab. [MPa]	3÷3.7	/

**Tabella 60. Modulo di deformabilità. Terreni coesivi – Albenga 1, 2**

	UNITÁ 3
E da Nspt [MPa]	5÷16
E lab. [MPa]	/

**Tabella 61. Modulo di deformabilità. Terreni coesivi – Alassio**

	UNITÁ 3
E da Nspt [MPa]	1.5 ÷ 14
E lab. [MPa]	/

**Tabella 62. Modulo di deformabilità. Terreni coesivi – Andora**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>				
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. FOGLIO C 56 di 288

### Terreni coesivi – Coefficiente di consolidazione

I valori del coefficiente di consolidazione primaria verticale sono stati ricavati dalle prove edometriche; i risultati sono riassunti nelle seguenti tabelle. I grafici di riferimento sono riportati nelle figure in Appendice.

	UNITÁ 3	ORV
$c_v$ [cm <sup>2</sup> /s]	2.6E-02÷9.8E-03	9.6E-03

**Tabella 63. Coefficiente di consolidazione primaria – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITÁ 3
$c_v$ [cm <sup>2</sup> /s]	7.73 E-03

**Tabella 64. Coefficiente di consolidazione primaria – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITÁ 3
$c_v$ [cm <sup>2</sup> /s]	3.3E-03÷7.4E-03

**Tabella 65. Coefficiente di consolidazione primaria – Albenga 1, 2**

### Terreni incoerenti – Modulo di Young

Il modulo di Young in condizioni drenate è stato determinato tramite l'elaborazione di prove SPT. I valori ottenuti sono riportati nelle successive tabelle; i relativi grafici sono allegati nelle figure in Appendice.

	UNITÁ 2
E' [MPa]	27÷70

**Tabella 66. Modulo di Young – Borgo Verezzi**

	UNITÁ 2
E' [MPa]	25÷110

**Tabella 67. Modulo di Young – Pietra Ligure**

	UNITÁ 2	CMV-i	ORV
E' [MPa]	25÷70	30÷70	40-55

**Tabella 68. Modulo di Young – Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	UNITÁ 2	CMV-i	ORV
E' [MPa]	20÷70	30÷70	45

**Tabella 69. Modulo di Young – Ceriale 1, 2, 3**

	UNITÁ 1	UNITÁ 2	CMV-i
E' [MPa]	21	25÷70	40

**Tabella 70. Modulo di Young – Albenga 1, 2**

	UNITÁ 2
E' [MPa]	15÷70

**Tabella 71. Modulo di Young – Alassio**

	UNITÁ 2
E' [MPa]	30÷70

**Tabella 72. Modulo di Young – Andora**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	58 di 288

## 8.2 CARATTERIZZAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Data la natura litoide del materiale costituente il substrato, si è concentrata l'attenzione sulla caratterizzazione del comportamento geotecnico del materiale nel suo complesso (ammasso roccioso), affrontando il problema mediante l'utilizzo dei metodi proposti da Hoek & Brown (2002-2006).

Per la determinazione dei parametri di input necessari alla caratterizzazione si è fatto riferimento alle prove di laboratorio eseguite sui campioni di roccia prelevati durante le indagini geognostiche, che hanno consentito di determinare, per le varie unità, i valori di riferimento dei seguenti parametri:

- massa volumica apparente e reale;
- velocità sonica delle onde di compressione e di taglio;
- modulo elastico;
- modulo elastico dinamico;
- indice di carico puntuale;
- resistenza alla compressione monoassiale;
- resistenza a trazione;
- tenore di carbonati.

I risultati delle prove di laboratorio sono riassunti in Appendice (Tabella 111).

Sono disponibili inoltre i risultati di alcune prove di laboratorio effettuate nell'ambito della "progettazione definitiva delle opere in galleria" (documento ITALFERR datato novembre 2001- marzo 2002). In Appendice (tabella 112) si riportano i risultati di alcune delle prove di laboratorio di questa campagna di indagine, considerati ai fini della caratterizzazione dell'ammasso.

Dai risultati delle prove di carico puntuale (point load test) disponibili, espressi in termini di indice di carico puntuale standard  $I_{s50}$ , sono stati desunti i valori della resistenza alla compressione uniassiale della roccia tramite la seguente relazione:

$$\sigma_c = k * I_{s(50)}$$

dove  $k$  è un coefficiente moltiplicativo, che Palmström suggerisce di variare in funzione di  $I_s$  come di seguito indicato:

$I_s$ (MPa)	$K$
< 3,5	14
3,5 – 6,0	16
6,0 – 1,0	20
> 6,0	25

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 59 di 288

In Appendice si riportano i grafici rispettivamente con i valori di  $I_s$  e della resistenza a compressione uniassiale della roccia in funzione della profondità.

### *Caratterizzazione di Hoek & Brown*

Nel 1995 Hoek ed al. hanno introdotto l'indice GSI (Geological Strength Index) basato sulle caratteristiche geolitologiche e strutturali dell'ammasso e delle condizioni delle superfici delle discontinuità presenti.

La resistenza dell'ammasso può essere espressa in termini di sollecitazioni principali efficaci  $\sigma'_1$  e  $\sigma'_3$  mediante il criterio non lineare di Hoek e Brown (1980, 2002):

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c \cdot \left( m_b \cdot \frac{\sigma'_3}{\sigma_c} + s \right)^a$$

dove:

- $\sigma_c$                       indica la resistenza a compressione uniassiale del materiale intatto;
- $m_b, s$  ed  $a$             sono costanti che caratterizzano l'ammasso roccioso.

La resistenza a compressione uniassiale  $\sigma_c$  può essere determinata da prove di laboratorio su campioni di roccia intatta, da prove in sito mediante il martello di Schmidt oppure, in assenza di prove dirette, da indicazioni reperibili in letteratura (Hoek, 1983; Doruk, 1991; Hoek et al., 1992).

Per quanto riguarda le costanti  $m_b, s$  ed  $a$ , Hoek, Carranza-Torres e Corkum (2002) hanno proposto le seguenti relazioni con l'indice GSI:

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right);$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right);$$

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

in cui  $m_i$  è una costante che caratterizza il materiale roccioso, determinata mediante prove triassiali di laboratorio o stimata dai dati di letteratura.

La stima dei parametri di resistenza dell'ammasso (coesione e angolo di attrito) in termini di Mohr-Coulomb è stata ottenuta linearizzando la curva di Hoek e Brown seguendo la procedura proposta dallo stesso Hoek (2002) ed implementata nel software RocLab della ROCSCIENCES (Canada). Per la trattazione analitica relativa al calcolo dei parametri di resistenza al taglio equivalenti in termini di Mohr-Coulomb si veda ad esempio "Meccanica delle rocce", Bruschi, 2004.

Il software fornisce valori del modulo elastico dell'ammasso utilizzando la relazione proposta da Hoek and Diederichs (2006) in funzione del modulo  $E_i$  della roccia intatta:

$$E_{rm} = E_i \left( 0.02 + \frac{1 - D/2}{1 + e^{((60+15D-GSI)/11)}} \right)$$

In assenza di specifiche prove di laboratorio che forniscano valori attendibili del modulo  $E_i$ , sono stati considerati i valori di default del programma RocLab in funzione del tipo di roccia. Per le unità ALN, ELM e TES, il valore del modulo elastico dell'ammasso è stato ricavato, cautelativamente, utilizzando la relazione proposta da Serafim e Pereira (1983), successivamente modificata da Hoek (2002):

$$E(GPa) = \left( 1 - \frac{D}{2} \right) \cdot \left( \frac{\sigma_c}{100} \right)^{0.5} \cdot 10^{\left( \frac{GSI-10}{40} \right)}$$

I valori del modulo elastico dell'ammasso ricavati con le correlazioni sopra riportate sono riassunti nella tabella seguente per ciascuna unità.

	Classificazione di Hoek e Brown		E (Hoek, 2002)		E (Hoek and Diederichs, 2006)	
	$\sigma_c$	GSI	E [GPa]	E [MPa]	$E_i$	E [MPa]
<b>ALN</b>	20	40	2,51	2515	-	-
	20	60	7,95	7953	-	-
<b>ALN alt</b>	10	10	0,32	316	-	-
	10	20	0,56	562	-	-
<b>CMV</b>	15,6	60	7,02	7024	13000	6760
	15,6	70	12,49	12490	13000	9527
<b>ELM</b>	70	25	1,98	1984	-	-
	70	35	3,53	3528	-	-
<b>SPM</b>	60	40	4,36	4356	30000	4790
	60	50	7,75	7746	30000	9216
<b>PDN</b>	50	40	3,98	3976	22000	3512
	50	45	5,30	5303	22000	4920
<b>PDNalt</b>	50	15	0,94	943	22000	802
	50	20	1,26	1257	22000	1005
<b>MOG</b>	33	15	0,77	766	10000	364
	33	20	1,02	1022	10000	457
<b>MOGalt</b>	15	10	0,39	387	10000	305

	Classificazione di Hoek e Brown		E (Hoek, 2002)		E (Hoek and Diederichs, 2006)	
	$\sigma_c$	GSI	E [GPa]	E [MPa]	$E_i$	E [MPa]
		15	15	0,52	516	10000
TES	8	20	0,50	503	-	-
	8	25	0,67	671	-	-

**Tabella 73. Valori del modulo elastico dell'ammasso**

Le tabelle successive riportano i parametri geomeccanici ricavati per le varie unità geotecniche corrispondenti alle formazioni geologiche di substrato litoide.

L'elaborazione è stata condotta secondo le seguenti modalità:

- il peso di volume considerato è la media dei risultati delle prove di laboratorio;
- il valore di GSI è stato ricavato sulla base delle informazioni disponibili nei precedenti studi e da dati disponibili in letteratura;
- in assenza di prove triassiali su roccia la costante  $m_i$  è stata ricavata da dati disponibili in letteratura (Hoek e Brown, 1997; De Vallejo, 2005; Bruschi, 2004);
- la resistenza alla compressione monoassiale del materiale intatto è stata assunta principalmente in relazione alle prove di compressione monoassiale e secondariamente alle prove di carico puntuale.

Ai fini di una definizione attendibile del parametro GSI, che esprime un valore in funzione dell'intensità della fratturazione, del tipo, della geometria delle discontinuità e del grado di alterazione, sarebbero necessari dati geognostici derivanti da un rilevamento geomeccanico e con sufficiente ridondanza. Per il presente studio si è fatto riferimento ai valori di letteratura in funzione della natura del substrato. Esistono tabelle che definiscono GSI per varie tipologie di rocce (vedi fig. 2 in Appendice); per la Formazione ELM è stata utilizzata quella relativa agli ammassi rocciosi eterogenei come i Flysch (Hoek & Marinos, 2001).

Considerato che nei Flysch gli strati litoidi (arenaci e/o calcarei) sono solitamente intercalati da più deboli strati pelitici (marne e/o peliti), il contatto diretto roccia contro roccia dei vari blocchi risulterà limitato. Di conseguenza, l'utilizzo delle proprietà dello strato litoide non è opportuno ai fini della determinazione delle caratteristiche di resistenza globali dell'ammasso. D'altra parte, l'utilizzo delle proprietà della porzione pelitica risulta troppo conservativo in quanto lo scheletro litoide influisce certamente sulle caratteristiche di resistenza dell'ammasso.

Si segnala che solamente per alcune delle formazioni si dispone di dati di laboratorio che forniscono il valore della compressione monoassiale del materiale intatto (CMV, ELM, SPM, PDN). Per gli altri dati di input relativi alla classificazione di Hoek & Brown si è fatto riferimento a quanto disponibile in bibliografia e a pregresse esperienze su ammassi rocciosi assimilabili. Il fattore di disturbo D, dipendente dal tipo di applicazione specifica e dai metodi di scavo-abbattimento prescelti, è stato assunto uguale a zero.

Nel seguente elenco si riportano le formazioni litoidi di substrato considerate e le relative tratte di pertinenza:

- Finale Ligure Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM);
- Borgio Verezzi Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM);
- Pietra Ligure Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM),  
Quarziti di Ponte Nava (PDN);
- Borghetto S. Spirito 1 e 2 Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM),  
Quarziti di Ponte Nava (PDN, PDN Alt),  
Conglomerati di Monte Villa (CMV);
- Ceriale 1, 2, 3 Conglomerati di Monte Villa (CMV);
- Albenga 1 Conglomerati di Monte Villa (CMV);
- Albenga 2 Formazione di Albenga (ALN, ALN Alt);
- Alassio Peliti di Moglio (MOG, MOG alt),  
Formazione di Testico (TES);
- Andora Flysch di San Remo (ELM).

<b>Parametri di base</b>	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	24.5
<b>Classificazione di Hoek-Brown</b>	
GSI (Geological Strength Index)	40÷60
$m_i$ (costante del materiale)	10
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	20
<b>Criterio di Hoek-Brown</b>	
$m_b$	1.17÷2.40
s	0.001÷0.012
a	0.51÷0.50
<b>Parametri di ammasso</b>	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.02÷-0.10
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	0.66÷2.14
Resistenza globale (MPa)	2.79÷4.37
Modulo di deformazione (MPa)	2515÷7953
<b>Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb</b>	
Coazione (kPa)	846÷1175
Angolo di attrito (°)	27.6÷33.4

**Tabella 74. Caratterizzazione geomeccanica Formazione ALN**

<b>Parametri di base</b>	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	24.5
<b>Classificazione di Hoek-Brown</b>	
GSI (Geological Strength Index)	10÷20
$m_i$ (costante del materiale)	10
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	10
<b>Criterio di Hoek-Brown</b>	
$m_b$	0.402÷0.574
$s$	4.54e <sup>-5</sup> ÷0.0001
$a$	0.585÷0.544
<b>Parametri di ammasso</b>	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.001÷-0.002
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	0.029÷0.08
Resistenza globale (MPa)	0.528÷0.812
Modulo di deformazione (MPa)	316÷562
<b>Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb</b>	
Coesione (kPa)	192÷277
Angolo di attrito (°)	18.0÷21.5

**Tabella 75. Caratterizzazione geomeccanica Formazione ALN alt**

<b>Parametri di base</b>	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	22.2
<b>Classificazione di Hoek-Brown</b>	
GSI (Geological Strength Index)	60÷70
$m_i$ (costante del materiale)	17
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	15.6
<b>Criterio di Hoek-Brown</b>	
$m_b$	4.07÷5.82
$s$	0.012÷0.036
$a$	0.50
<b>Parametri di ammasso</b>	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.04÷-0.09
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	1.67÷2.93
Resistenza globale (MPa)	4.33÷5.43
Modulo di deformazione (MPa)	6760÷9527
<b>Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb</b>	
Coesione (kPa)	1054÷1236
Angolo di attrito (°)	38÷41

**Tabella 76. Caratterizzazione geomeccanica Formazione CMV**

<b>Parametri di base</b>	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	26.4
<b>Classificazione di Hoek-Brown</b>	
GSI (Geological Strength Index)	25÷35
$m_i$ (costante del materiale)	8
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	70
<b>Criterio di Hoek-Brown</b>	
$m_b$	0.55÷0.79
s	0.0002÷0.0007
a	0.53÷0.52
<b>Parametri di ammasso</b>	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.03÷-0.07
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	0.84÷1.69
Resistenza globale (MPa)	5.94÷7.78
Modulo di deformazione (MPa)	1984÷3528
<b>Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb</b>	
Coesione (kPa)	2027÷2510
Angolo di attrito (°)	21.3÷24.3

**Tabella 77. Caratterizzazione geomeccanica Formazione ELM**

<b>Parametri di base</b>	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	27.8
<b>Classificazione di Hoek-Brown</b>	
GSI (Geological Strength Index)	40÷50
$m_i$ (costante del materiale)	9
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	60
<b>Criterio di Hoek-Brown</b>	
$m_b$	1.06÷1.51
s	0.001÷0.003
a	0.51
<b>Parametri di ammasso</b>	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.07÷-0.15
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	1.98÷3.61
Resistenza globale (MPa)	7.96÷9.85
Modulo di deformazione (MPa)	4790÷9215
<b>Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb</b>	
Coesione (kPa)	2452÷2895
Angolo di attrito (°)	26.7÷29.6

**Tabella 78. Caratterizzazione geomeccanica Formazione SPM**

<b>Parametri di base</b>	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	26.8
<b>Classificazione di Hoek-Brown</b>	
GSI (Geological Strength Index)	15÷20
$m_i$ (costante del materiale)	7
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	33
<b>Criterio di Hoek-Brown</b>	
$m_b$	0.34÷0.40
s	0.0001
a	0.56÷0.54
<b>Parametri di ammasso</b>	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.008÷-0.011
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	0.165÷0.263
Resistenza globale (MPa)	1.81÷2.21
Modulo di deformazione (MPa)	364÷457
<b>Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb</b>	
Coesione (kPa)	669÷791
Angolo di attrito (°)	17.2÷18.8

**Tabella 79. Caratterizzazione geomeccanica Formazione MOG**

<b>Parametri di base</b>	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	25
<b>Classificazione di Hoek-Brown</b>	
GSI (Geological Strength Index)	10÷15
$m_i$ (costante del materiale)	7
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	15
<b>Criterio di Hoek-Brown</b>	
$m_b$	0.28÷0.34
s	$4.54e^{-5} \div 0.0001$
a	0.59÷0.56
<b>Parametri di ammasso</b>	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.002÷-0.004
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	0.043÷0.075
Resistenza globale (MPa)	0.64÷0.824
Modulo di deformazione (MPa)	305÷364
<b>Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb</b>	
Coesione (kPa)	245÷304
Angolo di attrito (°)	15.4÷17.2

**Tabella 80. Caratterizzazione geomeccanica Formazione MOG ALT**

<b>Parametri di base</b>	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	24.5
<b>Classificazione di Hoek-Brown</b>	
GSI (Geological Strength Index)	40÷45
$m_i$ (costante del materiale)	17
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	50
<b>Criterio di Hoek-Brown</b>	
$m_b$	1.99÷2.38
s	0.0013÷0.0022
a	0.51
<b>Parametri di ammasso</b>	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.032÷-0.047
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	1.65÷2.24
Resistenza globale (MPa)	9.10÷10.13
Modulo di deformazione (MPa)	3512÷4920
<b>Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb</b>	
Coesione (kPa)	2520÷2718
Angolo di attrito (°)	32.1÷33.6

**Tabella 81. Caratterizzazione geomeccanica Formazione PDN**

<b>Parametri di base</b>	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	24.5
<b>Classificazione di Hoek-Brown</b>	
GSI (Geological Strength Index)	15÷20
$m_i$ (costante del materiale)	17
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	50
<b>Criterio di Hoek-Brown</b>	
$m_b$	0.82÷0.98
s	0.0001
a	0.56÷0.54
<b>Parametri di ammasso</b>	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.005÷-0.007
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	0.25÷0.40
Resistenza globale (MPa)	4.51÷5.41
Modulo di deformazione (MPa)	802÷1005
<b>Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb</b>	
Coesione (kPa)	1461÷1696
Angolo di attrito (°)	24.1÷25.8

**Tabella 82. Caratterizzazione geomeccanica Formazione PDN ALT**

<b>Parametri di base</b>	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	24.0
<b>Classificazione di Hoek-Brown</b>	
GSI (Geological Strength Index)	20÷25
$m_i$ (costante del materiale)	8
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	7.8
<b>Criterio di Hoek-Brown</b>	
$m_b$	0.46÷0.55
s	0.0001÷0.0002
a	0.54÷0.53
<b>Parametri di ammasso</b>	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.002÷-0.003
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	0.06÷0.09
Resistenza globale (MPa)	0.56÷0.66
Modulo di deformazione (MPa)	503÷671
<b>Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb</b>	
Coesione (kPa)	197÷226
Angolo di attrito (°)	19.8÷21.4

**Tabella 83. Caratterizzazione geomeccanica Formazione TES**

Nelle figure in Appendice sono riportati gli involuipi di rottura non lineari di Hoek-Brown, rappresentati, sia in termini di tensioni principali, sia in termini di tensione normale che tensione tangenziale.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	73 di 288

## 9 SINTESI DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Nell'ambito dell'intera tratta studiata, si riporta nel seguito la descrizione delle unità geotecniche riscontrate. Le argille di Ortovero sono state considerate, dal punto di vista del comportamento geotecnico, come un terreno.

### 9.1 Unità TERRENI

#### UNITÀ 1: terreno di riporto

Terreno vegetale e materiale di riporto di varia natura composto generalmente da sabbia e ghiaia da debolmente limosa a limosa, di colore variabile da marrone rossastro a grigio verdastro. Si rinvencono saltuariamente frammenti di laterizi, materiale organico e plastico ed elementi lapidei maggiori di 10cm.

#### UNITÀ 2: depositi alluvionali incoerenti, costituiti prevalentemente da sabbia e ghiaia

Sabbia, da pulita a limosa, con grado di addensamento da medio ad elevato (solo localmente si osserva sabbia sciolta), di colore ocra-nocciola, giallo-ocra, marrone e grigio-marrone, con clasti eterometrici e poligenici da angolari a sub-arrotondati. Ghiaia sabbiosa limosa molto addensata, eterometrica, poligenica, per lo più angolare, di colore marrone, nocciola, ocra e grigio-verde. Sono presenti blocchi e trovanti (generalmente quarziticci) talora di dimensioni metriche.

#### UNITÀ 3: depositi alluvionali coesivi, costituiti prevalentemente da limo e argilla

Limo argilloso, sabbioso e con sabbia, da poco a molto consistente, di colore nocciola, rossastro, marrone, giallo, ocra, grigio scuro e verde. Argilla limosa a tratti sabbiosa, generalmente a medio-bassa plasticità, da poco a estremamente consistente, di colore marrone, grigio, talora giallastro con laminazioni grigio-nerastre e ossidazioni di colore arancio. Localmente si rinvencono frustoli torbosi nerastri. Sono presenti elementi lapidei generalmente quarzosi, sub-angolari e sub-arrotondati.

**ARGILLE DI ORTOVERO (ORV):** argilla limosa e limo argilloso, debolmente sabbioso, consistente, di colore grigio scuro, a tratti alternati a livelli sabbiosi (Pliocene Medio? Inferiore).

**CONGLOMERATI DI MONTE VILLA - FACIES INCOERENTE (CMV-i):** ghiaia, sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaioso, di colore marrone, molto addensata.

**CONGLOMERATI DI MONTE VILLA - FACIES COESIVA (CMV-c):** argilla limosa e limo argilloso debolmente sabbioso, di colore dal marrone al grigio, molto consistente.

### 9.2 UNITÀ ROCCE

**FORMAZIONE DI ALBENGA (ALN):** Depositi torbiditici costituiti da arenarie grossolane e calcari scistosi (Eocene?-Paleocene?).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 74 di 288

**FORMAZIONE DI ALBENGA (ALN alt):** alterata ed allentata (in carota di sondaggio si presenta spesso completamente destrutturata).

**CONGLOMERATI DI MONTE VILLA (CMV):** conglomerato poligenico a tratti poco cementato, localmente alterato con livelli a componente sabbioso ghiaiosa e limosa argillosa. I clasti, di forma arrotondata ed allungata, sono di natura prevalentemente calcarea (Pliocene sup.-medio?).

**FLYSCH DI S.REMO (ELM):** Depositi torbiditici costituiti da marne ed arenarie calcaree (Eocene).

**FLYSCH DI S.REMO (ELM alt):** porzione superficiale della formazione ELM, alterata e più fratturata.

**PELITI DI MOGLIO (MOG):** argilliti marnose nerastre, bituminose, associate a calcari e calcari marnosi grigi. Fratturazione generalmente intensa, con locali fasce caotiche plurimetrie, con frequenti vene e plaghe di calcite secondaria. Sono presenti tracce di solfuri microcristallini nei piani di frattura. Nella parte più superficiale si rinvengono la porzione alterata ed allentata della formazione (**MOG Alt**).

**QUARZITI DI PONTE DI NAVA (PDN):** quarziti biancastre e verdoline, in strati e banchi, a volte scistose e cloritiche, con intercalazioni di peliti verso la sommità (Trias Inf. - Scitico )

**QUARZITI DI PONTE DI NAVA (PDN alt):** alterate ed allentate (in carota di sondaggio si presentano spesso completamente destrutturate).

**DOLOMIE DI SAN PIETRO DEI MONTI (SPM):** Dolomie calcaree e calcari dolomitici (Trias medio; Ladinico - Anisico).

**FORMAZIONE DI TESTICO (TES):** alternanze di arenarie quarzoso-micacee e peliti con intercalazioni di calcari marnosi (Eocene ? - Paleocene?).

## 10 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

In riferimento alle unità geotecniche dell'intera tratta Finale Ligure – Andora, elencate nel capitolo precedente, si riportano nel seguito gli intervalli assunti per i principali parametri geotecnici che si possono ritenere medi operativi per le singole tratte.

Si segnala che la caratterizzazione geotecnica delle unità è stata condotta partendo dalle indagini puntuali estrapolate longitudinalmente lungo l'asse della linea ferroviaria relativamente alle tratte all'aperto; pertanto i parametri geotecnici di riferimento potrebbero risultare localmente diversi.

In assenza di specifiche prove di laboratorio sui depositi alluvionali delle Unità 2 e 3 per la zona di Alassio, i parametri geotecnici di riferimento sono stati dedotti, cautelativamente, dai risultati delle prove effettuate su campioni degli stessi terreni prelevati in aree limitrofe.

I parametri geotecnici caratteristici, ai sensi delle NTC 2018, dovranno essere assunti dal progettista in relazione anche allo specifico problema da affrontare.

### 10.1 Parametri geotecnici medi operativi – Unità geotecniche

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E'$ [MPa]	$\nu$	OCR
<b>Unità 1</b>	19.0	-	0	23÷28	10÷20	0.3	-
<b>Unità 2</b>	20.0	-	0÷10	30÷34	30÷55	0.3	-
<b>Unità 3</b>	19.0	100÷200	0÷4	20÷23	7÷12	0.3 (*)	5÷10

(\*) in condizioni non drenate può essere assunto un valore pari a 0.5

**Tabella 84– Borgio Verezzi**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E'$ [MPa]	$\nu$	OCR
<b>Unità 1</b>	19.0	-	0	23÷28	10÷20	0.3	-
<b>Unità 2</b>	20.0	-	0÷10	30÷35	30÷60	0.3	-
<b>Unità 3</b>	20.5	50-120	20	26	5÷20	0.3 (*)	2÷5

(\*) in condizioni non drenate può essere assunto un valore pari a 0.5

**Tabella 85– Pietra Ligure**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E'$ [MPa]	$\nu$	OCR
<b>Unità 1</b>	19.0	-	0	23÷28	10÷20	0.3	-
<b>Unità 2</b>	19.5	-	0	30÷33	25÷40	0.3	-
<b>Unità 3</b>	19.0	50÷160	4÷10	25÷28	8÷20	0.3 (*)	2÷8
<b>CMV-i</b>	20.5	-	0÷10	33÷37	35÷60	0.3	-
<b>ORV</b>	19.5	100÷250	5÷20	24÷27	40÷50	0.25	2÷10

(\*) in condizioni non drenate può essere assunto un valore pari a 0.5

**Tabella 86– Borghetto S. Spirito 1 e 2**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E'$ [MPa]	$\nu$	OCR
<b>Unità 1</b>	19.0	-	0	23÷28	10÷20	0.3	-
<b>Unità 2</b>	20.0	-	0÷5	30÷35	30÷45	0.3	-
<b>Unità 3</b>	20.0	50÷160	3÷15	21÷25	4÷15	0.3*	4÷20
<b>CMV-c</b>	20.0	70÷200	3÷15	23÷27	8÷20	0.25	2÷16
<b>CMV-i</b>	20.0	-	-	33÷38	35÷50	0.3	-
<b>ORV</b>	20.0	140÷200	5÷20	23÷25	30-45	0.25	0÷5

(\*) in condizioni non drenate può essere assunto un valore pari a 0.5

**Tabella 87– Ceriale 1, 2, 3**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E'$ [MPa]	$\nu$	OCR
<b>Unità 1</b>	19.0	-	0	23÷28	10÷20	0.3	-
<b>Unità 2</b>	20.0	-	0	30÷35	30÷55	0.3	-
<b>Unità 3</b>	19.5	50÷100	0÷2	22÷28	5÷20	0.3*	2÷7
<b>CMV-i</b>	21.0	-	-	33÷36	30÷40	0.3	-
<b>ORV</b>	20.5	100÷200	5÷10	22÷24	20÷30	0.25	3÷10

(\*) in condizioni non drenate può essere assunto un valore pari a 0.5

**Tabella 88– Albenga 1, 2**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E'$ [MPa]	$\nu$	OCR
<b>Unità 1</b>	19.0	-	0	23÷28	10÷20	0.3	-
<b>Unità 2</b>	20.0	-	-	30÷33	20÷40	0.3	-
<b>Unità 3</b>	20.0	70÷100	10÷20	25÷28	5÷15	0.3*	2÷5

(\*) in condizioni non drenate può essere assunto un valore pari a 0.5

**Tabella 89 – Alassio**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E'$ [MPa]	$\nu$	OCR
<b>Unità 1</b>	19.0	-	0	23÷28	10÷20	0.3	-
<b>Unità 2</b>	20.0	-	-	30÷34	30÷45	0.3	-
<b>Unità 3</b>	20.0	30÷100	10÷20	25÷28	5÷15	0.3*	2÷5
<b>ORV</b>	20.0	100÷200	20	22÷25	20÷30	0.25	3÷5

(\*) in condizioni non drenate può essere assunto un valore pari a 0.5

**Tabella 90 – Andora**

## 10.2 Parametri geotecnici medi operativi – Unità rocce

La caratterizzazione è stata effettuata integrando i risultati delle prove di laboratorio della campagna 2006, eseguite dalla ditta Sidercem, con alcuni risultati ricavati dalle prove della campagna 2001-2002 “Esecuzione di prove di laboratorio per la caratterizzazione dei terreni e delle rocce interessate dalla progettazione definitiva delle opere in galleria”.

In assenza di specifiche prove di laboratorio, si è fatto riferimento a quanto disponibile in bibliografia.

La parametrizzazione è da ritenersi del tutto preliminare ed andrà sicuramente approfondita e rivista di volta in volta in funzione dell’effettiva opera da realizzare.

Nelle successive fasi della progettazione sarà necessario effettuare un apposito studio che tenga conto della totalità dei dati disponibili e che preveda una apposita campagna geognostica integrativa con prove di laboratorio e soprattutto un’estesa campagna di rilevamento in sito, al fine di definire con più accuratezza i parametri medi operativi di tali unità.

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Class. di Hoek e Brown			Parametri di ammasso		Parametri equivalenti di Mohr - Coulomb	
		$\sigma_c$ [MPa]	$m_i$	GSI	$E'$ [MPa]	$\sigma_{cm}$ [MPa]	$c'$ eq. [kPa]	$\phi'$ eq. [°]
ALN Formazione di Albenga	24.5	20.0	10	40÷60	2500÷8000	2.5÷4.0	800÷1100	27÷33
ALN alt Formazione alterata di Albenga	24.5	10.0	10	10÷20	300÷550	0.5÷0.8	190÷270	18÷21
CMV Conglomerati di Monte Villa	22.2	15.6	17	60÷70	6700÷9500	4.0÷5.4	1000÷1200	38÷41
ELM Flysch di San Remo	26.4	70	8	25÷35	1900÷3500	6.0÷7.8	2000÷2500	21÷24
SPM Dolomie di San	27.8	60	9	40÷50	4700÷9200	9.0÷9.8	2400÷2900	26÷29

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Class. di Hoek e Brown			Parametri di ammasso		Parametri equivalenti di Mohr - Coulomb	
		$\sigma_c$ [MPa]	$m_i$	GSI	E' [MPa]	$\sigma_{cm}$ [MPa]	c' eq. [kPa]	$\phi'$ eq. [°]
Piero nei Monti								
MOG Peliti di Moglio	26.8	33	7	15÷20	350÷450	1.8÷2.2	650÷800	17÷18
MOG alt Peliti di Moglio alterate	25	15	7	10÷15	300÷350	0.68÷0.8	200÷300	15÷17
PDN Quarziti di Ponte Nava	24.5	50	17	40÷45	3500÷4900	9.0÷10.0	2500÷2700	32÷33
PDN alt Quarziti di Ponte Nava alterate	24.5	50	17	15÷20	800÷1000	4.0÷5.0	1400÷1700	24÷26
TES Formazione di Testico	24.0	8	8	20÷25	500÷670	0.5÷0.6	190÷220	19÷21

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>				
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C 79 di 288

## 11 IDROGEOLOGIA

### 11.1 Considerazioni sull'idrografia Superficiale

Il reticolo idrografico superficiale è costituito da corsi d'acqua a carattere prevalentemente torrentizio, che scorrono per lo più in strette incisioni, con aste generalmente rettilinee e direzione il più delle volte perpendicolare alla linea di costa NW-SE e SW.

I corsi d'acqua più rilevanti sono il T. Porra, il T. Bottassano, il T. Maremola, il T. Nimbalto, il T. Neva e T. Arroscia, che confluiscono a formare il Fiume Centa, ed il T. Merula.

### 11.2 Considerazioni sull'idrologia Sotterranea

Facendo riferimento a quanto riportato nello studio geotecnico del 2006, nel seguito si riportano alcune considerazioni di carattere idrogeologico relative alle **unità terre** ed alle **unità rocce**.

I dati di base disponibili a livello di progetto preliminare sono stati integrati con i seguenti:

- prove di permeabilità in foro tipo Lefranc relative alle campagne di Promogeo ottobre-dicembre 2005 e Georicerche 2021;
- letture del livello di falda nei piezometri relativi alla campagna Promogeo eseguite nei mesi aprile – ottobre 2006;
- letture del livello di falda nei piezometri relativi alla campagna Promogeo eseguite in periodi successivi al mese di ottobre 2006 (informazioni ricavate dai profili geologici - Rif.[10]);
- letture del livello di falda nei piezometri relativi alle campagne Imprefond e Vicenzetto (informazioni ricavate dai profili geologici - Rif.[10]).

### 11.3 Aspetti Idrogeologici delle Formazioni Interferite dal Tracciato – Classi di Permeabilità

In questo capitolo vengono descritti i caratteri idrogeologici dei litotipi e dei terreni affioranti lungo il tracciato in progetto. E' importante segnalare come le valutazioni in merito alle caratteristiche idrogeologiche dei materiali considerati siano a carattere generale ed indicativo, basandosi esclusivamente su considerazioni generiche di permeabilità.

La caratterizzazione idrogeologica delle unità geotecniche ha dovuto necessariamente considerare la grande variabilità spaziale dei dati e ha fornito pertanto una stima indicativa della permeabilità.

Nell'ambito degli ammassi rocciosi si sono analizzate le caratteristiche litologico-strutturali delle diverse formazioni affioranti, con particolare riferimento all'eventuale presenza di fasce tettonizzate all'interno delle stesse.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	80 di 288

Si segnala come siano assai rari i casi di permeabilità primaria nei litotipi considerati: la quasi totalità delle formazioni affioranti, infatti, presenta una permeabilità secondaria legata a processi tettonici o, più raramente, di dissoluzione carsica postgenetica.

Le litologie caratterizzate da elevata permeabilità secondaria, sono sede di una circolazione idrica che rimane fortemente condizionata dalle caratteristiche geometriche e di persistenza delle discontinuità presenti.

Nei litotipi semipermeabili ed impermeabili la circolazione idrica lungo le discontinuità è fortemente influenzata da fenomeni di alterazione che interessano i materiali argillosi qui presenti e che tendono ad intasare le superfici di fratturazione stesse, limitando i processi di circolazione idrica.

La permeabilità può essere definita come la capacità di una roccia (o di un terreno) di lasciarsi attraversare da fluidi senza che la sua struttura venga modificata.

Al fine di attribuire il valore di permeabilità ritenuto più appropriato, è possibile identificare le seguenti litofacies rocciose:

- ❖ Rocce ignee e metamorfiche, la cui porosità è mediamente inferiore all'1%. Di conseguenza, la loro permeabilità, ai fini pratici, può essere considerata pressoché nulla; tuttavia queste rocce possono essere permeabili per la presenza di giunti, fratture e zone cataclastiche areate.
- ❖ Rocce Sedimentarie. La gran parte delle rocce sedimentarie a grana fine ha una porosità relativamente alta ed una permeabilità molto bassa, così da agire come barriera al movimento dell'acqua, pur consentendo, a causa dell'alta porosità, l'immagazzinamento di grandi quantità d'acqua in grado di defluire lentamente nell'acquifero. Nei calcari, la dissoluzione ed il conseguente allargarsi dei giunti e dei piani di stratificazione ha conseguenze molto più importanti sulla permeabilità.
- ❖ Depositi Alluvionali In linea generale, la permeabilità è direttamente proporzionale alla granulometria, per cui i depositi ghiaiosi e sabbiosi sono naturalmente acquiferi ideali. La porosità delle sabbie e delle ghiaie alluvionali oscilla tra il 20% in depositi grossolani scarsamente selezionati ad oltre il 40% in materiale uniformemente selezionato, mentre per i terreni limo-argillosi, a dispetto di un'alta porosità totale, si ha una permeabilità molto ridotta, a causa della mancata interconnessione fra i vuoti (porosità efficace).

Basandosi sui risultati dello studio geologico e sulle stratigrafie dei sondaggi e facendo riferimento alle tabelle sotto riportate, che definiscono valori di permeabilità in funzione del tipo di terreno ed in relazione alla frequenza con la quale possono rinvenirsi le discontinuità, è possibile attribuire alle unità geotecniche i gradi di permeabilità riportati nella tabella seguente.

Tipo di roccia	Porosità		Range di permeabilità					
	Primaria	Secondaria	10 <sup>0</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-10</sup>
	%	fratture	Molto alta	Alta	Media	Bassa	Molto bassa	Impermeabile
Ghiaia	30-40	/						
Sabbia grossa	30-40	/						
Sabbia medio/fine	25-35	/						
Silt	40-50	0						
Argilla, morena	45-55	S.F.						
Calcere, Dolomia	1-50	G,S						
Arenaria gr. media	<20	G,S						
Arenaria fine	<10	G,S						
Scisti, Siltite	/	G,S						
Rocce vulcaniche	/	G,S						
Rocce plutoniche	/	G,S						
Rocce metamorfiche	/	Alt.						

**Tabella 91. Valori relativi di permeabilità (da Hamill & Bell, 1986). O = occasionale, S.F. = spessore fessurato, G = giunti, S = piani di stratificazione, Alt. = alterazione e giunti decrescenti in profondità**

Descrizione della roccia	Intervallo [m]	Permeabilità	
		Termine	k [m/s]
Discontinuità da molto ad estremamente ravvicinate	< 0.2	Molto permeabile	10 <sup>-2</sup> ÷ 1
Discontinuità da ravvicinate a moderatamente spaziate	0.2 ÷ 0.6	Moderatamente permeabile	10 <sup>-5</sup> ÷ 10 <sup>-2</sup>
Discontinuità da largamente a molto abbondantemente spaziate	0.6 ÷ 2.0	Leggermente permeabile	10 <sup>-9</sup> ÷ 10 <sup>-5</sup>
Nessuna discontinuità	> 2.0	Impermeabile	<10 <sup>-9</sup>

**Tabella 92. Stima della permeabilità secondaria con la frequenza di discontinuità (da Hamill & Bell, 1986)**

Basandosi sulle stratigrafie dei sondaggi e sui risultati dello studio geologico e facendo riferimento alle tabelle che definiscono, è possibile attribuire alle unità geotecniche i seguenti gradi di permeabilità:

FORMAZIONE		Permeabilità						
		Tipo			Grado			
		P	F	C	I	B	M	A
Depositi alluvionali	Unità geotecnica 2	X				X	X	X
	Unità geotecnica 3	X			X	X		
Porfiroidi del Melogno (PDM)			X		X	X		
Quarziti di Ponte di Nava (PDN)			X		X	X		
Dolomie di S. Pietro dei Monti (SPM)				X		X	X	
Calcari di Val Tanarello (TAN)				X			X	X
Peliti di Moglio (MOG)		X			X	X		
Calcari di Ubaga (UBA)				X			X	X
Formazione di Testico (TES)		X	X			X	X	
Formazione di Albenga (ALN)			X			X		
Flysch di S. Remo (ELM)		X	X			X	X	
Argille di Ortovero (ORV)		X			X			
Conglomerati di Monte Villa (CMV)		X	X			X	X	

**Tabella 93. Permeabilità stimata delle unità geotecniche (da Celico, modif.)** Permeabilità per **P** = porosità, **F** = fessurazione, **C** = fessurazione e carsismo; Classe di permeabilità **I** = impermeabile, **B** = basso, **M** = medio, **A** = alto

La complessità strutturale e morfologica del territorio oggetto di studio e l'elevata tettonizzazione di gran parte delle formazioni attraversate fanno presupporre una grande variabilità delle caratteristiche idrogeologiche, anche all'interno dello stesso litotipo.

Le opere in sotterraneo potranno intercettare venute d'acqua anche di una certa entità, soprattutto in corrispondenza delle linee di debolezza tettonica. L'attraversamento delle formazioni calcaree di S. Pietro dei Monti, dei Calcari di Val Tanarello e dei Calcari di Rocca Livernà potrà presentare notevoli criticità in considerazione dell'elevato grado di carsismo della zona. La circolazione idrica ipogea è ben sviluppata attraverso cavità e gallerie di origine carsica connesse a sistemi di fratturazione. La testimonianza di scavi effettuati in passato nelle stesse formazioni confermano la presenza di cavità ipogee e ingenti deflussi idrici lungo discontinuità strutturali della massa rocciosa.

Precedenti scavi in galleria hanno posto in luce delle criticità per quanto riguarda le formazioni Flyschoidi (Flysch di S. Remo e Flysch di Moglio-Testico). In questi litotipi si sono infatti verificate delle improvvise venute d'acqua in corrispondenza delle zone a maggior debolezza strutturale, associate talvolta alle problematiche relative al rigonfiamento dei litotipi argillosi.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 83 di 288

Si segnala, infine, che in fase esecutiva dovranno essere predisposte tutte le tecnologie necessarie a mitigare gli effetti di scavi sotto falda, lungo le gallerie artificiali che attraverseranno depositi alluvionali o conglomeratici, sede di acquiferi anche importanti.

#### 11.4 Prove di Permeabilità

Per completare la caratterizzazione idrogeologica del territorio sede del tracciato ferroviario in progetto, sono stati analizzati i dati di permeabilità dedotti dalle prove in sito eseguite nelle diverse campagne geognostiche svolte in relazione alle attività propedeutiche alla progettazione della linea ferroviaria in esame ed i dati ricavati dalle prove edometriche.

In particolare si è fatto riferimento alle seguenti campagne geognostiche e geotecniche:

- Vicenzetto di Villa Estense (PD), campagna 1999;
- Vicenzetto di Villa Estense (PD), campagna 2001;
- Imprefond di Trento – Trieste, prove di laboratorio del 2001;
- PMG – Promogeo di Torino, campagna ottobre-dicembre 2005;
- Georicerche di Artigianale Coregliana (PD), campagna 2021.

Si fa inoltre notare che gli intervalli di prova possono non essere rappresentativi della permeabilità della massa rocciosa nel suo complesso. La tasca di prova potrebbe infatti essere ubicata in una porzione poco o debolmente alterata/fratturata, indicando in tal modo una permeabilità più bassa di quella effettiva a grande scala.

Allo stesso modo per le unità geotecniche il valore del coefficiente di permeabilità  $k$  che viene proposto è associato ad una deviazione standard, in modo da riflettere il concetto di eterogeneità nelle proprietà fisiche.

I dati ottenuti da queste prove sembrano confermare, almeno in parte, quanto introdotto a titolo generale nella classificazione della permeabilità delle diverse unità litostratigrafiche descritte.

Nelle tabelle che seguono, sono riportati i dati desunti dalle prove eseguite nell'ambito delle suddette campagne.

LOCALITÀ'	SONDAGGIO	Profondità	tipo di prova	$k$ (m/sec)
Andora	S48	10.50-12.00 m	Lefranc	5.32E-06
Andora	S49	9.00-10.50 m	Lefranc	5.82E-07
Andora	S51	18.20-21.00 m	Lefranc	1.65E-06

**Tabella 94. Valori del coefficiente di permeabilità (Vicenzetto anno 1999)**

LOCALITÀ	SONDAGGIO	Profondità	Tipo di prova	Permeabilità [m/s]
Borghetto S. Spirito 2	BH20		Edometrica	9.54E-10
Ceriale 2	BH31		Edometrica	1.80E-09
Borghetto S. Spirito 2	CR1	7.90	Lefranc	5.64E-07
Ceriale 1	CR6	15.50	Lefranc	3.75E-02
Albenga 2	CU1	11.50	Lefranc	1.97E-05
Borghetto S. Spirito 2	PNL371B08	4.25	Lefranc	1.02E-05
Ceriale 2	PNL371B19	20.75	Lefranc	5.87E-06
Ceriale 2	PNL371B19	7.15	Lefranc	1.80E-05
Ceriale 2	PNL371C06	16.25	Lefranc	1.24E-06
Ceriale 2	PNL371C06	6.75	Lefranc	1.26E-05
Ceriale 1	PNL371C14	18.50	Lefranc	8.39E-08
Ceriale 1	PNL371C14	27.25	Lefranc	7.58E-07
Ceriale 2	PNL371C15	15.50	Lefranc	6.18E-07
Ceriale 2	PNL371C16	18.50	Lefranc	1.24E-07
Ceriale 2	PNL371C16	12.75	Lefranc	3.25E-07
Ceriale 2	PNL371D18	17.45	Lefranc	1.44E-05
Borghetto S. Spirito 2	PNL371O12		Edometrica	7.96E-10
Borghetto S. Spirito 2	PNL371O12	27.10	lefranc	1.96E-04
Borghetto S. Spirito 2	PNL371O12	19.40	lefranc	2.36E-04
Ceriale 1	PNL371O13	14.75	Lefranc	1.70E-06
Ceriale 2	PNL371O20	7.25	Lefranc	2.34E-06
Borgio Verezzi	PNL371P01	5.50	Lefranc	3.17E-07
Pietra Ligure	PNL371P07	11.25	Lefranc	2.16E-05
Pietra Ligure	PNL371P07	20.25	Lefranc	3.09E-05
Borghetto S. Spirito 2	PNL371P10	25.25	Lefranc	5.62E-06
Borghetto S. Spirito 2	PNL371P10	16.25	Lefranc	4.48E-05
Borghetto S. Spirito 2	PNL371P11	12.35	Lefranc	8.07E-06
Borghetto S. Spirito 2	PNL371P11	29.60	lefranc	2.84E-04
Pietra Ligure	PNL371V02	9.75	Lefranc	3.27E-05
Andora	PNL371V25	11.50	Lefranc	1.61E-05
Albenga 2	PNL371V26	18.00	Lefranc	5.40E-08
Albenga 1	BH51		Edometrica	1.82E-09
Albenga 1	BH56		Edometrica	6.81E-10
Ceriale 2	PNL371C15	27.00	Lefranc	1.15E-07
Borghetto S. Spirito 2	PNL371R09		Edometrica	6.28E-10
Borghetto S. Spirito 2	PNL371R09	4.6	Lefranc	7.64E-07
Pietra Ligure	PNL371V02	29.75	Lefranc	6.26E-06
Pietra Ligure	PNL371V03	25.75	Lefranc	1.09E-05
Pietra Ligure	PNL371V03	34.75	Lefranc	1.30E-05
Andora	PNL371V24	22.00	Lefranc	5.66E-07
Pietra Ligure	PNL37V04	29.75	Lefranc	2.79E-05
Borghetto S. Spirito 1	BH13		Edometrica	1.09E-09
Borghetto S. Spirito 1	BH13		Edometrica	2.49E-09
Pietra Ligure	MG4	15.60	Lefranc	5.38E-07
Andora	PNL371V24	16.75	Lefranc	4.94E-07
Andora	PNL371V25	17.70	Lefranc	2.99E-08
Albenga 2	CU1	25.50	Lugeon	1.28E-06
Ceriale 1	PNL371O13	22.25	Lefranc	9.98E-07
Ceriale 2	PNL371P17	21.45	Lefranc	4.36E-07
Andora	CA10	19.40	Lugeon	2.34E-06
Alassio	CA05	20.50	Lugeon	2.96E-06
Alassio	CA14	14.00	Lugeon	2.20E-06
Ceriale 2	PNL371O20	16.15	Lefranc	4.02E-07
Ceriale 2	PNL371O21	18.75	Lefranc	4.69E-07
Ceriale 2	PNL371O21	7.75	Lefranc	2.69E-06
Ceriale 2	PNL371V22	33.00	Lefranc	1.71E-07
Ceriale 2	PNL371V22	10.25	Lefranc	1.55E-05
Borghetto S. Spirito 2	PNL371B05	4.35	Lefranc	7.52E-05
Borgio Verezzi	BH1 vicenzetto	23.20	Lugeon	6.88E-07
Borgio Verezzi	BH1 vicenzetto	30.90	Lugeon	7.40E-07
Alassio	CA01	14.30	Lugeon	1.85E-06

**Tabella 95. Valori del coefficiente di permeabilità (Vicenzetto 2001, Imprefond 2001, PNG 2005)**

Area	ID BH	z	Campagna	Permeabilità
[-]	[-]	[m pc]	[-]	m/s
Pietra Ligure	SAF21-S6	28.5-29.5	2021	1,36E-07
Ceriale 2	SAF21-OC18	2.5-3.5	2021	2,22E-07
Ceriale 2	SAF21-OC19	2.5-3.5	2021	3,75E-05
Ceriale 2	SAF21-OC20	2.5-3.5	2021	1,04E-06
Ceriale 2	SAF21-OC21	2.5-3.5	2021	6,11E-06
Ceriale 2	SAF21-OC23	2.5-3.5	2021	4,88E-06
Borghetto S. Spirito 2	SAF21-OC15	2.5-3.5	2021	5,55E-06
Borghetto S. Spirito 2	SAF21-S10	23-24	2021	2,38E-06
Andora	SAF21-OC40	2.5-3.5	2021	7,85E-07
Andora	SAF21-S9	29-30	2021	2,51E-07
Albenga 2	SAF21-OC36	2.5-3.5	2021	8,03E-06
Albenga 1	SAF21-OC24	2.5-3.5	2021	1,50E-05
Albenga 1	SAF21-OC25	2.5-3.5	2021	2,73E-06
Albenga 1	SAF21-OC28	2.5-3.5	2021	2,22E-07
Albenga 1	SAF21-OC34	2.5-3.5	2021	1,54E-05

**Tabella 96. Valori del coefficiente di permeabilità (Georicerche 2021)**

Di seguito sono riassunti i valori minimo e massimo del coefficiente di permeabilità  $k$  che caratterizzano le unità geotecniche presenti lungo le tratte all'aperto della linea ferroviaria, ricavati dalle prove Lugeon o Lefranc eseguite in sito.

Unità	$k_{\min}$ [m/s]	$k_{\max}$ [m/s]
2	5.4E-8	3.3E-5
3	3.0E-8	4.5E-5
CMV	5.6E-6	6.1E-4
ORV	2.8E-4	-
ALN	1.3E-6	-
ELM alt	5.7E-7	-
ELM	2.3E-6	-
MOG	1.8E-6	3.0E-6
SPM	6.9E-7	7.4E-7
PDN alt	1.0E-5	7.5E-5

**Tabella 97. Valori del coefficiente di permeabilità  $k$  desunti dalle prove di permeabilità in foro**

## 11.5 Misure piezometriche

Nelle tabelle 97a e 97b sono riportate le misure piezometriche disponibili ed i relativi dati significativi (tipo di piezometro, data di esecuzione, località di riferimento).

Le letture della falda riportate nella tabella 97b sono state desunte da quanto indicato nei profili geologici (Rif.[10]).

Ai fini della rappresentazione grafica del livello di falda sui profili geotecnici sono state utilizzate simbologie differenti, in particolare:

- livello massimo misurato;
- livello minimo misurato;
- livello interpretato sulla base dei valori precedenti e successivi, ove non era disponibile alcune dato.

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici)	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
BH1 (Vicenzetto)	Borgio Verezzi	Norton a 37m	3.29 <sup>(1)</sup>	06/2001
			4.68 <sup>(1)</sup>	07/2001
			5.14 <sup>(1)</sup>	08/2001
			6.76 <sup>(1)</sup>	09/2001
			7.34 <sup>(1)</sup>	10/2001
CA1	Alassio	Norton a 18 m	4.61 <sup>(1)</sup>	07/2001
			4.75 <sup>(1)</sup>	08/2001
			4.54 <sup>(1)</sup>	09/2001
			4.58 <sup>(1)</sup>	10/2001
CA10	Andora	Norton a 33.5 m	28.2 <sup>(1)</sup>	08/2001
			24.06 <sup>(1)</sup>	09/2001
			22.57 <sup>(1)</sup>	10/2001
CA14	Alassio	Norton a 20 m	12.89 <sup>(1)</sup>	07/2001
			13.63 <sup>(1)</sup>	08/2001
			13.65 <sup>(1)</sup>	09/2001
			13.74 <sup>(1)</sup>	10/2001
CA5	Alassio	Norton a 32 m	3.15 <sup>(1)</sup>	07/2001
			3.23 <sup>(1)</sup>	08/2001
			2.99 <sup>(1)</sup>	09/2001
			3.08 <sup>(1)</sup>	10/2001
CR1	Borghetto S.Spirito 2	Norton a 23 m	12.94 <sup>(1)</sup>	09/2001
			12.69 <sup>(1)</sup>	10/2001

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici)	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
CR6	Ceriale 1	Norton a 29 m	/	/
CU1	Albenga 2	Norton a 32.5 m	11.81 <sup>(1)</sup>	07/2001
			12.5 <sup>(1)</sup>	08/2001
			11.09 <sup>(1)</sup>	09/2001
			9.6 <sup>(1)</sup>	10/2001
MG4	Pietra Ligure	Norton a 29.5 m	9.14 <sup>(1)</sup>	07/2001
			9.98 <sup>(1)</sup>	08/2001
			9.94 <sup>(1)</sup>	09/2001
			9.8 <sup>(1)</sup>	10/2001
PNL371P01	Borgio Verezzi	Norton a 30.00 m	13.7	11/2005 <sup>(2)</sup>
			13.05 <sup>(1)</sup>	04/2006
			13.55 <sup>(1)</sup>	05/2006
			13.60 <sup>(1)</sup>	06/2006
			13.55 <sup>(1)</sup>	07/2006
			14.19 <sup>(1)</sup>	08/2006
			14.65 <sup>(1)</sup>	09/2006
			1.00 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371V02	Pietra Ligure	Norton a 40.00 m	7.05	12/2005 <sup>(2)</sup>
			7.9 <sup>(1)</sup>	04/2006
			8.65 <sup>(1)</sup>	05/2006
			10.24 <sup>(1)</sup>	06/2006
			10.75 <sup>(1)</sup>	07/2006
			10.65 <sup>(1)</sup>	08/2006
PNL371V03	Pietra Ligure	Norton a 40.00 m	11.60	11/2005 <sup>(2)</sup>
			9.95 <sup>(1)</sup>	04/2006
			10.65 <sup>(1)</sup>	05/2006
			12.50 <sup>(1)</sup>	06/2006
			13.65 <sup>(1)</sup>	07/2006
			13.23 <sup>(1)</sup>	08/2006
			13.60 <sup>(1)</sup>	09/2006
			7.00 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371V04	Pietra Ligure	Norton a 40.00 m	13	11/2005 <sup>(2)</sup>
			11.9 <sup>(1)</sup>	04/2006
			12.7 <sup>(1)</sup>	05/2006
			14.55 <sup>(1)</sup>	06/2006
			15.7 <sup>(1)</sup>	07/2006

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici)	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
			14.8 <sup>(1)</sup>	08/2006
			15.41 <sup>(1)</sup>	09/2006
			9.2 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371B05	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 40.00 m	3.9	12/2005 <sup>(2)</sup>
			4.9 <sup>(1)</sup>	04/2006
			5.2 <sup>(1)</sup>	05/2006
			5.25 <sup>(1)</sup>	06/2006
			5.05 <sup>(1)</sup>	07/2006
			5.62 <sup>(1)</sup>	08/2006
			5.91 <sup>(1)</sup>	09/2006
			3.75 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371C06	Ceriale 2	Norton a 30 m	22.4	12/2005 <sup>(2)</sup>
			22.25 <sup>(1)</sup>	04/2006
			22.52 <sup>(1)</sup>	05/2006
			22.91 <sup>(1)</sup>	06/2006
			23.15 <sup>(1)</sup>	07/2006
			23.4 <sup>(1)</sup>	08/2006
			23.61 <sup>(1)</sup>	09/2006
			23.18 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371P07	Pietra Ligure	Norton a 30 m	6.88	12/2005 <sup>(2)</sup>
			7.8 <sup>(1)</sup>	04/2006
			8.45 <sup>(1)</sup>	05/2006
			9.56 <sup>(1)</sup>	06/2006
			10.50 <sup>(1)</sup>	07/2006
			10.4 <sup>(1)</sup>	08/2006
			11.0 <sup>(1)</sup>	09/2006
			4.8 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371B08	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 40.00 m	19.6	12/2005 <sup>(2)</sup>
			20.5 <sup>(1)</sup>	04/2006
			20.65 <sup>(1)</sup>	05/2006
			20.71 <sup>(1)</sup>	06/2006
			20.8 <sup>(1)</sup>	07/2006
			20.9 <sup>(1)</sup>	08/2006
			21.05 <sup>(1)</sup>	09/2006
			19.8 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371R09	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 40.00 m	6.8	10/2005 <sup>(2)</sup>

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici)	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
			6.1 <sup>(1)</sup>	04/2006
			6.55 <sup>(1)</sup>	05/2006
			7.0 <sup>(1)</sup>	06/2006
			7.4 <sup>(1)</sup>	07/2006
			7.35 <sup>(1)</sup>	08/2006
			7.61 <sup>(1)</sup>	09/2006
			6.20 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371P10	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 40.00 m	11.9	10/2005 <sup>(2)</sup>
			11.45 <sup>(1)</sup>	04/2006
			12.85 <sup>(1)</sup>	05/2006
			13.20 <sup>(1)</sup>	06/2006
PNL371P11	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 40.00 m	9.7	11/2005 <sup>(2)</sup>
			9.75 <sup>(1)</sup>	05/2006
			10.15 <sup>(1)</sup>	06/2006
			10.9 <sup>(1)</sup>	07/2006
			11.11 <sup>(1)</sup>	08/2006
			11.24 <sup>(1)</sup>	09/2006
			5.25 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371O12	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 40.00 m	9.5	11/2005 <sup>(2)</sup>
.PNL371O13	Ceriale 1	Norton a 40.00 m	18.8	12/2005 <sup>(2)</sup>
			18.6 <sup>(1)</sup>	04/2006
			18.9 <sup>(1)</sup>	05/2006
			19.12 <sup>(1)</sup>	06/2006
			19.4 <sup>(1)</sup>	07/2006
			19.7 <sup>(1)</sup>	08/2006
			20.0 <sup>(1)</sup>	09/2006
			19.50 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371C14	Ceriale 1	Norton a 40.00 m	28.9	12/2005 <sup>(2)</sup>

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici)	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
			27.5 <sup>(1)</sup>	04/2006
			28.1 <sup>(1)</sup>	05/2006
			28.41 <sup>(1)</sup>	06/2006
			28.66 <sup>(1)</sup>	07/2006
			28.96 <sup>(1)</sup>	08/2006
			29.14 <sup>(1)</sup>	09/2006
			28.7 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371C15	Ceriale 2	Norton a 40.00 m	7.3 (valore non attendibile)	11/2005 <sup>(2)</sup>
			22.5 <sup>(1)</sup>	04/2006
			22.8 <sup>(1)</sup>	05/2006
			23.12 <sup>(1)</sup>	06/2006
			23.3 <sup>(1)</sup>	07/2006
			23.67 <sup>(1)</sup>	08/2006
			24.02 <sup>(1)</sup>	09/2006
23.45 <sup>(1)</sup>	10/2006			
PNL371C16	Ceriale 2	Norton a 35.00 m	25.9	11/2005 <sup>(2)</sup>
PNL371P17	Ceriale 2	-	20.2	11/2005 <sup>(2)</sup>
PNL371D18	Ceriale 2	Norton a 30 m	Non rilevata	-
			28.5 <sup>(1)</sup>	04/2006
			28.45 <sup>(1)</sup>	05/2006
			28.7 <sup>(1)</sup>	06/2006
			28.7 <sup>(1)</sup>	07/2006
PNL371B19	Ceriale 2	Norton a 40.00 m	Assente	12/2005 <sup>(2)</sup>
			33.20 <sup>(1)</sup>	04/2006
			33.3 <sup>(1)</sup>	05/2006
			33.62 <sup>(1)</sup>	06/2006

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici)	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
			34.01 <sup>(1)</sup>	07/2006
			34.85 <sup>(1)</sup>	08/2006
			35 <sup>(1)</sup>	09/2006
			34.2 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371O20	Ceriale 3	Norton a 30 m	5.5	12/2005 <sup>(2)</sup>
			3.95 <sup>(1)</sup>	04/2006
			5.90 <sup>(1)</sup>	05/2006
			6.95 <sup>(1)</sup>	06/2006
			7.14 <sup>(1)</sup>	07/2006
			7.55 <sup>(1)</sup>	08/2006
			8.01 <sup>(1)</sup>	09/2006
			3.00 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371O21	Ceriale 3	Norton a 30 m	5.85	12/2005 <sup>(2)</sup>
			4.5 <sup>(1)</sup>	04/2006
			5.7 <sup>(1)</sup>	05/2006
			6.72 <sup>(1)</sup>	06/2006
			7.35 <sup>(1)</sup>	07/2006
			7.75 <sup>(1)</sup>	08/2006
			8.25 <sup>(1)</sup>	09/2006
			3.00 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371V22	Ceriale 3	Norton a 40.00 m	4.8	12/2005 <sup>(2)</sup>
			2.1 <sup>(1)</sup>	04/2006
			4.4 <sup>(1)</sup>	05/2006
			5.2 <sup>(1)</sup>	06/2006
			6.15 <sup>(1)</sup>	07/2006
			6.5 <sup>(1)</sup>	08/2006

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici)	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
			7.12 <sup>(1)</sup>	09/2006
			1.85 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371O23	Andora	Norton a 30 m	7.65	11/2005 <sup>(2)</sup>
			6.5 <sup>(1)</sup>	04/2006
			9.15 <sup>(1)</sup>	05/2006
			12.10 <sup>(1)</sup>	06/2006
			14.65 <sup>(1)</sup>	07/2006
			12.7 <sup>(1)</sup>	08/2006
			14.62 <sup>(1)</sup>	09/2006
			5.12 <sup>(1)</sup>	10/2006
			PNL371V24	Andora
4.8 <sup>(1)</sup>	04/2006			
7.45 <sup>(1)</sup>	05/2006			
10.62 <sup>(1)</sup>	06/2006			
14.35 <sup>(1)</sup>	07/2006			
11.05 <sup>(1)</sup>	08/2006			
14.32 <sup>(1)</sup>	09/2006			
PNL371V25	Andora	. Norton a 40.00 m	8.8	10/2005 <sup>(2)</sup>
			4.8 <sup>(1)</sup>	04/2006
			7.65 <sup>(1)</sup>	05/2006
			11.0 <sup>(1)</sup>	06/2006
			15.35 <sup>(1)</sup>	07/2006
			11.1 <sup>(1)</sup>	08/2006
			15.07 <sup>(1)</sup>	09/2006
			4.70 <sup>(1)</sup>	10/2006
PNL371V26	Albenga 2	-	8.2	12/2005 <sup>(2)</sup>

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici)	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
BH1 –IMP	Finale Ligure	Norton a 30 m	7.11 <sup>(3)</sup>	09/2001
BH6	Pietra Ligure	Norton a 30 m	12.85 <sup>(3)</sup>	09/2001
BH7	Pietra Ligure	Norton a 30 m	13.01 <sup>(3)</sup>	10/2001
LO01	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 35 m	24.00 <sup>(2)</sup>	01/2006
LO02	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 30 m	26.10 <sup>(2)</sup>	01/2006
BH11	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 28 m	4.24 <sup>(3)</sup>	09/2001
BH12	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 40 m	24.5 <sup>(3)</sup>	08/2001
BH13	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 20 m	4.47 <sup>(3)</sup>	09/2001
BH15	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 30 m	12.24 <sup>(3)</sup>	09/2001
BH16	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 40 m	24.73 <sup>(3)</sup>	09/2001
BH18	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 20 m	8.31 <sup>(3)</sup>	09/2001
BH20	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 30 m	8.42 <sup>(3)</sup>	09/2001
BH22	Borghetto S. Spirito 2	-	-	-
BH25	Ceriale 1	Norton a 30 m	26.9 <sup>(3)</sup>	08/2001
BH26	Ceriale 1	Norton a 30 m	Falda non rilevata	08/2001
BH28	Ceriale 1	Norton a 30 m	Falda non rilevata	08/2001
BH29	Ceriale 1	-	Falda non rilevata	08/2001
BH31	Ceriale 2	-	Falda non rilevata	08/2001
BH32	Ceriale 2	Norton a 19.35 m	14.81 <sup>(3)</sup>	08/2001
BH34	Ceriale 2	Norton a 30 m	27.04 <sup>(3)</sup>	07/2001
BH36	Ceriale 2	Norton a 30 m	22.06 <sup>(3)</sup>	07/2001
BH38	Ceriale 3	Norton a 60 m	8.49 <sup>(3)</sup>	07/2001
BH42	Ceriale 3	Norton a 40 m	2.19 <sup>(3)</sup>	06/2001
BH43	Ceriale 3	Norton a 40 m	2.5 <sup>(3)</sup>	06/2001
BH44	Ceriale 3	-	Falda non rilevata	07/2001
BH45	Ceriale 3	-	5.5 <sup>(3)</sup>	06/2001

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici)	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
BH46	Ceriale 3	Norton a 60 m	11.14 <sup>(3)</sup>	07/2001
BH47	Albenga 1	Norton a 30 m	20.83 <sup>(3)</sup>	08/2001
BH48	Albenga 1	Norton a 30 m	10.51 <sup>(3)</sup>	07/2001
BH50	Albenga 1	Norton a 30 m	7.81 <sup>(3)</sup>	06/2001
BH51	Albenga 1	Norton a 30 m	4.52 <sup>(3)</sup>	06/2001
BH52	Albenga 1	-	4.12 <sup>(3)</sup>	06/2001
BH53	Albenga 1	Norton a 30 m	4.5 <sup>(3)</sup>	06/2001
BH54	Albenga 1	-	Falda non rilevata	06/2001
BH55	Albenga 1	-	Falda non rilevata	07/2001
BH56	Albenga 1	Norton a 30 m	5.86 <sup>(3)</sup>	06/2001
BH57	Albenga 1	-	Falda non rilevata	07/2001
BH58	Albenga 1	Norton a 30 m	8.67 <sup>(3)</sup>	06/2001
BH62	Albenga 2	Norton a 56.8 m	6.93 <sup>(3)</sup>	07/2001
BH63	Albenga 2	-	Falda non rilevata	07/2001
BH64	Albenga 2	-	Falda non rilevata	07/2001
BH65	Albenga 2	Norton a 40 m	7.92 <sup>(3)</sup>	06/2001
BH66	Albenga 2	Norton a 40 m	8.47 <sup>(3)</sup>	07/2001
BH67	Albenga 2	Norton a 60 m	12.68 <sup>(3)</sup>	07/2001
S48	Andora	Norton a 40 m	3.00 <sup>(2)(4)</sup>	02/1999
			0.8 <sup>(3)</sup>	05/03/1999
			0.6 <sup>(3)</sup>	07/03/1999
			0.71 <sup>(3)</sup>	15/04/1999
S49	Andora	Norton a 40 m	3.25 <sup>(2)(4)</sup>	02/1999
			2.95 <sup>(3)</sup>	05/03/1999
			2.63 <sup>(3)</sup>	07/03/1999
			2.68 <sup>(3)</sup>	15/04/1999

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici)	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
S50	Andora	Norton a 40 m	3.1 <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup>	02/1999
			1.83 <sup>(3)</sup>	05/03/1999
			1.61 <sup>(3)</sup>	07/03/1999
			1.67 <sup>(3)</sup>	15/04/1999
S51	Andora	-	p.c <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup>	02/1999
BS01	Andora	-	1.2 <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup>	07/2004
BI01	Andora	-	5.50 <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup>	06/2004
BI02	Andora	-	18.0 <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup>	07/2004
SI01	Andora	-	4.70 <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup>	07/2002

(1): media mensile; (2): lettura al termine delle perforazione (3): valore indicato sui rapporti di prova (4): tratta Andora - S. Lorenzo

**Tabella 98-a. Quadro delle letture piezometriche disponibili**

Sondaggio	Località Rif. Profili geotecnici	Tipo e profondità piezometro [da p.c.]	Profondità falda [m. da p.c.]	Data
PNL371P01	Borgio Verezzi	Norton a 30m	1.00	10/2006
PNL371V02	Pietra Ligure	Norton a 40m	4.80	04/2010
PNL371V03	Pietra Ligure	Norton a 40m	6.65	03/2010
PNL371V04	Pietra Ligure	Norton a 40m	8.45	12/2006
PNL371V05	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 40m	3.63	12/2006
PNL371R09	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 40m	5.10	02/2007
PNL371P10	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 40m	11.45	04/2006
PNL371O12	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 40m	5.25	10/2006
PNL371O13	Ceriale 1	Norton a 40m	16.20	03/2010
PNL371C14	Ceriale 1	Norton a 40m	25.30	03/2010
PNL371D18	Ceriale 2	Norton a 40m	26.30	03/2010
PNL371B19	Ceriale 2	Norton a 40m	31.40	03/2010
PNL371V22	Ceriale 3	Norton a 40 m	1.79	03/2010

BH1-Imprefond	Finale Ligure	Norton a 30m	6.63	03/2002
BH6	Pietra Ligure	Norton a 30m	7.57	03/2002
BH7	Pietra Ligure	Norton a 30m	8.78	03/2002
BH11	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 28m	3.93	03/2002
BH12	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 40m	24.9	10/2001
BH13	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 20m	4.71	10/2001
BH15	Borghetto S. Spirito 1	Norton a 30m	12.29	10/2001
BH16	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 40m	25.3	10/2001
BH18	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 20m	7.9	03/2002
BH20	Borghetto S. Spirito 2	Norton a 30m	8.33	03/2002
BH25	Ceriale 1	Norton a 30m	24.34	11/2001
BH28	Ceriale 1	Norton a 30m	27.7	10/2001
BH32	Ceriale 2	Norton a 19.35m	6.17	10/2001
BH34	Ceriale 2	Norton a 30m	26.47	03/2010
BH36	Ceriale 2	Norton a 30m	22.12	10/2001
BH38	Ceriale 3	Norton a 60m	7.74	03/2002
BH42	Ceriale 3	Norton a 40m	1.15	03/2010
BH43	Ceriale 3	Norton a 40m	2.9	03/2002
BH46	Ceriale 3	Norton a 60m	11.04	03/2010
BH47	Albenga 1	Norton a 30m	21.78	10/2001
BH48	Albenga 1	Norton a 30m	11.70	10/2001
BH49	Albenga 1	-	39.78	10/2001
BH59	Albenga 1	-	32.14	03/2010
BH50	Albenga 1	Norton a 30m	4.80	03/2002
BH51	Albenga 1	Norton a 30m	4.19	03/2002
BH53	Albenga 1	Norton a 30m	4.0	03/2002
BH56	Albenga 1	Norton a 30m	5.52	03/2002

**PROGETTO DEFINITIVO****RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	97 di 288

BH58	Albenga 1	Norton a 30m	5.61	03/2002
BH62	Albenga 2	Norton a 56.8m	3.26	03/2002
BH65	Albenga 2	Norton a 40m	5.72	03/2002
BH67	Albenga 2	Norton a 60m	10.61	03/2002
CU1	Albenga 2	Norton a 32.5 m	9.6	10/2001
MG4	Pietra Ligure	Norton a 29.5 m	9.14	07/2001

**Tabella 97-b. Letture piezometriche indicate nei profili geologici**

## 12 CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA SISMICITÀ DELL'AREA

Nel presente capitolo vengono espone alcune considerazioni in merito alla sismicità dell'area interessata della linea ferroviaria Genova – Ventimiglia, tratta Andora – Finale Ligure.

Nelle seguenti tabelle si riportano tutte le osservazioni macrosismiche<sup>1</sup> in corrispondenza dei comuni attraversati dalla linea ferroviaria di progetto, ottenute attraverso la consultazione del “*database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani*” a cura dell'INGV<sup>2</sup>.

Per i comuni di Boggio Verzei e Andora non sono disponibili registrazioni macrosismiche specifiche.

Il terremoto storico più significativo, in termini di magnitudo ed intensità, è quello con area epicentrale Liguria occidentale nel 1887, con intensità al sito (MCS)  $I_s$  pari a 7-8 e magnitudo  $M_w = 6,29$ .

Numero di eventi: 3									
Effetti									
In occasione del terremoto del:									
$I_s$	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	$N_p$	$I_x$	$M_w$
7	1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	1515	10	6.29
6-7	1972	01	18	23	26	RIVIERA DI PONENTE	41	6-7	4.76
4	1972	10	25	21	56	PASSO CISA	198	5	4.95

**Tabella 99. Storia Sismica di Pietra Ligure**

Numero di eventi: 4									
Effetti									
In occasione del terremoto del:									
$I_s$	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	$N_p$	$I_x$	$M_w$
7	1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	1515	10	6.29
3	1971	07	15	01	33	Parmense	228	8	5.61
6-7	1972	01	18	23	26	RIVIERA DI PONENTE	41	6-7	4.76
NF	1989	12	26	19	59	MAR LIGURE	290	5-6	4.63

**Tabella 100. Storia Sismica di Borghetto S. Spirito**

<sup>1</sup> Le sigle che figurano nelle tabelle in questo capitolo indicano:  $I_s$  = intensità macrosismica, Me = mese; Gi = giorno; Or = ora; Mi = minuto;  $N_p$ =numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;  $I_x$  = Intensità massima (MCS);  $M_w$  = Magnitudo.

<sup>2</sup> Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.

Numero di eventi: 3									
Effetti									
In occasione del terremoto del:									
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
7-8	1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	1515	10	6.29
4-5	1972	01	18	23	26	RIVIERA DI PONENTE	41	6-7	4.76
4	1989	12	26	19	59	MAR LIGURE	290	5-6	4.63

**Tabella 101. Storia Sismica di Ceriale**

Numero di eventi: 13									
Effetti									
In occasione del terremoto del:									
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
5	1818	02	23	18	10	Liguria occidentale	46	8	5.55
5-6	1831	05	26	10	30	Liguria occidentale	32	8-9	5.54
5	1854	12	29	01	45	Liguria occidentale	86	7-8	5.77
7-8	1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	1515	10	6.29
6	1896	10	16			ALBENGA	60	6	4.90
3	1914	10	27	09	22	GARFAGNANA	618	7	5.79
3	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
3	1935	03	19	07	27	Alpi Cozie	170	7-8	5.30
3	1936	12	11	17	25	PIGNA	12	6	4.65
3	1938	07	18	00	57	Alpi Cozie	259	7	5.24
4	1972	10	25	21	56	PASSO CISA	198	5	4.95
2	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
3	1989	12	26	19	59	MAR LIGURE	290	5-6	4.63

**Tabella 102. Storia Sismica di Albenga**

Numero di eventi: 14									
Effetti									
In occasione del terremoto del:									
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
6-7	1818	02	23	18	10	Liguria occidentale	46	8	5.55
4	1819	01	08	22	30	Liguria occidentale	6	6-7	5.34
6	1854	12	29	01	45	Liguria occidentale	86	7-8	5.77
6	1873	09	17			LIGURIA ORIENTALE	68	6-7	5.52
7-8	1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	1515	10	6.29
4	1896	10	16			ALBENGA	60	6	4.90
4-5	1906	08	11	09	58	TAGGIA	82	5-6	4.56
3-4	1919	11	28	21	38	ALPI MARITTIME	24	5-6	4.95
4	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
4	1947	02	17	00	12	Alpi occidentali	282	5-6	4.90
4	1972	01	18	23	26	RIVIERA DI PONENTE	41	6-7	4.76
3	1972	10	25	21	56	PASSO CISA	198	5	4.95
F	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
3	1989	12	26	19	59	MAR LIGURE	290	5-6	4.63

**Tabella 103. Storia Sismica di Alassio**

## 12.1 Azioni sismiche di progetto

Nel seguito si definiscono le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite, definite sulla base della "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, secondo quanto previsto dalle NTC2018.

La vita nominale è stata assunta pari a 75 anni, in accordo alle istruzioni RFI n. 44G per infrastrutture ferroviarie nuove non ad alta velocità ( $v \leq 250$  km/h) e la classe d'uso è la III, cui corrisponde un valore di  $C_u$  pari a 1.5 (par.2.4.2 NTC). Il periodo di riferimento, pertanto, risulta  $V_R = C_u * V_N = 112.5$  anni.

Ai quattro stati limite sono attribuiti (rif. Tabella 3.2.I - NTC 2018) valori della probabilità di superamento  $P_{VR}$  pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%; tali probabilità, valutate nel periodo di riferimento  $V_R$ , consentono di individuare, per ciascuno stato limite, l'azione sismica di progetto corrispondente.

Pertanto, fissata la vita di riferimento  $V_R$ , di seguito si riporta per ciascun stato limite il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  che si ricava in funzione della probabilità di superamento mediante l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Stato limite di esercizio : SLE

 SLO:  $P_{VR} = 81\% \rightarrow T_R = 68$ 

 SLD:  $P_{VR} = 63\% \rightarrow T_R = 113$ 
Stato limite ultimi: SLU

 SLV:  $P_{VR} = 10\% \rightarrow T_R = 1068$ 

 SLC:  $P_{VR} = 5\% \rightarrow T_R = 2193$ 

Per i periodi di riferimento considerati, la forma dello spettro di risposta dipende dai seguenti parametri definiti per un sito rigido, con superficie topografica orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Con riferimento ai comuni interessati dal tracciato ferroviario, sono stati ricavati i valori di accelerazione su suolo rigido  $a_g$  ed i parametri  $F_o$  e  $T_c^*$ , che si riportano nelle Tabelle seguenti, in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ .

Questi valori sono stati determinati tramite interpolazione dei valori della griglia, impiegando il foglio di calcolo "Spettri-NTC ver. 1.0.3" fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.034	2.543	0.209
SLD	113	0.045	2.528	0.240
SLV	1068	0.130	2.499	0.304
SLC	2193	0.174	2.511	0.317

**Tabella 104 - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  per suolo rigido - Comune di Finale Ligure**

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.033	2.549	0.209
SLD	113	0.043	2.539	0.237
SLV	1068	0.123	2.508	0.306
SLC	2193	0.165	2.518	0.318

**Tabella 105 - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  per suolo rigido - Comune di Borgio Verezzi**

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.034	2.543	0.209
SLD	113	0.045	2.528	0.240
SLV	1068	0.130	2.499	0.304
SLC	2193	0.174	2511	0.317

**Tabella 106 - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  per suolo rigido - Comune di Pietra Ligure**

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.037	2.541	0.212
SLD	113	0.050	2.526	0.243
SLV	1068	0.154	2.467	0.301
SLC	2193	0.207	2.492	0.314

**Tabella 107 - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  per suolo rigido - Comune di Borghetto S. Spirito**

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.039	2.560	0.217
SLD	113	0.052	2.545	0.243
SLV	1068	0.166	2.462	0.300
SLC	2193	0.222	2.488	0.315

**Tabella 108 - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  per suolo rigido - Comune di Ceriale**

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.040	2.574	0.222
SLD	113	0.055	2.560	0.242
SLV	1068	0.179	2.456	0.300
SLC	2193	0.239	2.484	0.315

**Tabella 109 - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  per suolo rigido - Comune di Albenga**

STATO LIMITE	T <sub>R</sub> [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>0</sub> [-]	T <sub>c</sub> * [s]
SLO	68	0.043	2.576	0.225
SLD	113	0.061	2.560	0.245
SLV	1068	0.196	2.460	0.300
SLC	2193	0.260	2.483	0.317

**Tabella 110 - Valori dei parametri a<sub>g</sub>, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub>\* per suolo rigido - Comune di Alassio**

STATO LIMITE	T <sub>R</sub> [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>0</sub> [-]	T <sub>c</sub> * [s]
SLO	68	0,044	2,579	0,224
SLD	113	0,062	2,552	0,246
SLV	1068	0,197	2,464	0,301
SLC	2193	0,262	2,485	0,319

**Tabella 111 - Valori dei parametri a<sub>g</sub>, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub>\* per suolo rigido - Comune di Andora**

## 12.2 Categoria di suolo di fondazione ai fini del calcolo dell'azione sismica

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a<sub>max</sub>) attesa in superficie ed una forma spettrale ad essa collegata. Il valore di a<sub>max</sub> può essere valutato con la relazione di seguito riportata, in funzione delle caratteristiche sismiche del sito (a<sub>g</sub>) precedentemente definite ed agli effetti locali legati principalmente alla stratigrafia dell'area interessata ed alla sua topografia:

$$a_{\max} = S * a_g = S_S * S_T * a_g$$

In accordo a quanto previsto dalle Norme Tecniche, ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V<sub>s,30</sub> entro i primi 30 m di profondità.

Si presentano di seguito i risultati delle prove geofisiche tipo MASW eseguite ad opera di Socotec nel 2021. Sulla base delle informazioni a disposizione, per ogni prova si calcola la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V<sub>s,eq</sub> e, conseguentemente si individuano tre categorie di sottosuolo: A, B ed E.

- **SUOLO DI TIPO "B"** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- **SUOLO DI TIPO "C"** - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

- **SUOLO DI TIPO "E"** - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Area	Prova	Z <sub>min</sub> m pc	Z <sub>max</sub> m pc	V <sub>s</sub> m/s	V <sub>s,30</sub> m/s	Categoria
Andora	MASW1	0	2,1	310	395	B
		2,1	8,3	290		
		8,3	16,2	310		
		16,2	30	620		
Andora	MASW2	0	1,5	180	348	C
		1,5	11,7	300		
		11,7	21,6	385		
		21,6	30	460		
Andora	MASW3	0	2,1	310	305	E
		2,1	8,3	290		
		8,3	25	310		
		25	30	812		
Alassio	MASW4	0	2,6	210	446	B
		2,6	7,6	289		
		7,6	16,2	392		
		16,2	30	882		
Alassio	MASW5	0	2,5	390	551	B
		2,5	11,5	440		
		11,5	21	580		
		21	30	805		
Albenga	MASW6	0	2	350	463	B
		2	11,9	360		
		11,9	23,6	550		
		23,6	30	620		
Albenga	MASW7	0	2,3	300	346	E
		2,3	7,8	370		
		7,8	23,7	980		
		23,7	30	1310		
Albenga	MASW8	0	2	240	528	B
		2	6,8	360		
		6,8	26,9	620		
		26,9	30	1140		
Albenga	MASW9	0	2,5	210	429	B
		2,5	11,8	380		
		11,8	21,4	420		
		21,4	30	810		

Area	Prova	Zmin m pc	Zmax m pc	V <sub>s</sub> m/s	V <sub>s,30</sub> m/s	Categoria
Albenga	MASW10	0	2,4	220	337	E
		2,4	7,2	180		
		7,2	25,5	480		
		25,5	30	1170		
Ceriale	MASW11	0	2,5	340	404	B
		2,5	9,6	390		
		9,6	22,7	370		
		22,7	30	550		
Ceriale	MASW12	0	2,5	360	478	B
		2,5	12,3	450		
		12,3	25,9	480		
		25,9	30	720		
Ceriale	MASW13	0	2,6	320	474	B
		2,6	8	396		
		8	24,4	510		
		24,4	30	600		
Ceriale	MASW14	0	2,6	320	573	B
		2,6	6,8	400		
		6,8	27,4	680		
		27,4	30	760		
Borghetto S. Spirito	MASW15	0	2,8	200	333	C
		2,8	8,7	220		
		8,7	26,5	410		
		26,5	30	610		
Borghetto S. Spirito	MASW16	0	2,5	260	512	B
		2,5	9,5	360		
		9,5	24,2	674		
		24,2	30	750		
Borghetto S. Spirito	MASW17	0	2,1	200	427	B
		2,1	13,4	310		
		13,4	21,8	660		
		21,8	30	770		
Borghetto S. Spirito	MASW18	0	2,5	460	-	-
		2,5	8,6	480		
		8,6	18,7	370		
		18,7	30	650		
Borghetto S. Spirito	MASW19	0	1	130	626	B
		1	4	380		
		4	9,2	460		
		9,2	30	990		

Area	Prova	Zmin m pc	Zmax m pc	V <sub>s</sub> m/s	V <sub>s,30</sub> m/s	Categoria
Borghetto S. Spirito	MASW20	0	2	580	-	-
		2	7	500		
		7	10,6	750		
		10,6	30	1360		
Pietra Ligure	MASW21	0	4	470	620	B
		4	12,1	520		
		12,1	27,6	720		
		27,6	30	860		
Pietra Ligure	MASW22	0	2	260	412	B
		2	9,5	270		
		9,5	21,6	530		
		21,6	30	580		
Pietra Ligure	MASW23	0	2	260	398	B
		2	10	280		
		10	20,3	430		
		20,3	30	640		
Borgio Verezzi	MASW24	0	2,5	250	456	B
		2,5	13,5	280		
		13,5	22,6	920		
		22,6	30	1120		
Finale Ligure	MASW25	0	2,5	190	411	B
		2,5	9,2	230		
		9,2	27,3	670		
		27,3	30	720		

**Tabella 112. Sintesi dei risultati delle prove MASW e categoria di sottosuolo definita**

Si osserva che le prove MASW18 e MASW20, ubicate a Borghetto S. Spirito, mostrano inversioni di velocità che non consentono la definizione di una categoria di sottosuolo a priori. Qualora tali prove siano ritenute d'interesse per la verifica di opere d'arte di progetto, nell'ambito degli elaborati dedicati il progettista analizzerà l'esito delle suddette prove giustificando l'eventuale impiego di approcci semplificati per la stima dell'azione sismica di progetto, nel rispetto di quanto previsto dalle NTC.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>				
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. FOGGIO C 107 di 288

### 12.3 Stabilità nei confronti della liquefazione

Secondo quanto prescritto dalla normativa vigente (NTC §7.11.3), i terreni identificati lungo il tracciato sono stati esaminati per valutare la loro suscettibilità alla liquefazione al fine di valutare la stabilità del sito nei confronti di tale fenomeno.

La liquefazione è un fenomeno per cui durante un sisma la rigidità e la resistenza del terreno possono ridursi significativamente. Ad essa sono associati la perdita di resistenza al taglio o l'accumulo di deformazioni plastiche che avvengono in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, a causa delle azioni cicliche e dinamiche che si verificano in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una diminuzione della tensione media efficace nel terreno e una riduzione della resistenza al taglio. Questa riduzione può essere una condizione temporanea o può indurre una condizione di collasso definitiva.

#### Condizioni di esclusione da verifica a liquefazione

Le NTC18 al paragrafo 7.11.3.4.2 affermano che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze:

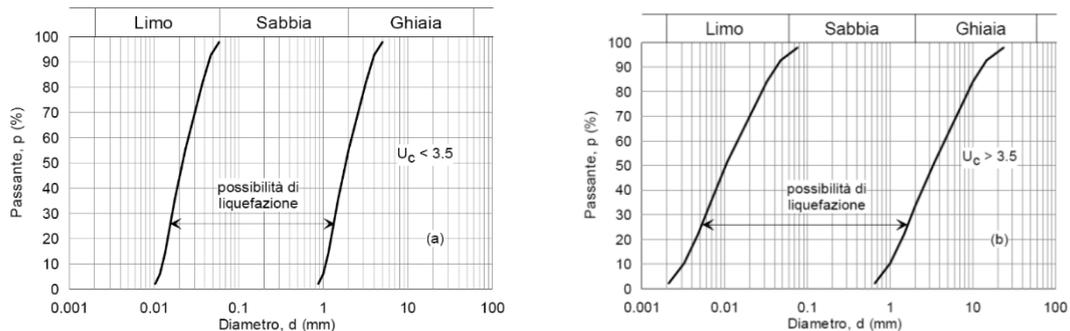
1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 3 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Per gli strati in cui nessuna delle suddette condizioni risulta verificata è stato valutato il coefficiente di sicurezza alla liquefazione attraverso metodi semplificati.

Si riportano gli approfondimenti del caso per i criteri di esclusione di cui sopra:

1. Il valore di accelerazione  $a_{max}$  è superiore a 0,1g per SLV; pertanto, il criterio di esclusione della verifica basato sul valore di accelerazione non viene rispettato.
2. La profondità di falda è generalmente minore di 15 m dal p.c.; dunque, il criterio di esclusione della verifica basato sulla profondità di falda non viene rispettato.
3. Delle prove SPT si osserva che i valori  $N_{1(60)}$  sono per la maggior parte superiori a 30. Pertanto, il criterio di esclusione della verifica basato sul numero di colpi non viene sempre rispettato.

4. Le curve granulometriche dei terreni esaminati ricadono potenzialmente all'interno dei fusi di riferimento. Non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione solo basandosi sulla pezzatura del materiale.



**Figura 3. Fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione per  $U_c < 3,5$  e per  $U_c > 3,5$**

### Dati di pericolosità sismica e magnitudo

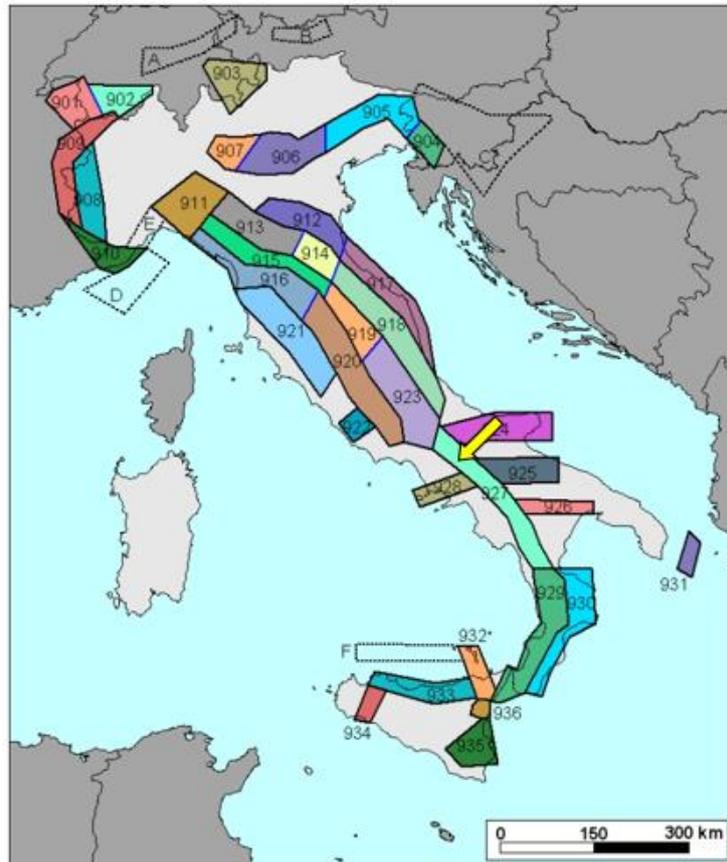
La determinazione del potenziale di liquefazione è stata condotta per il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente a quello dello stato limite ultimo di verifica (SLV) utilizzando i valori di pericolosità sismica al sito riportati nei paragrafi precedenti.

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS 3.3.0) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i valori di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica, è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004; Meletti et al., 2008).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale (INGV, 2004), la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento  $M_w$ .

Secondo la ZS9 (Figura 4) che sostituisce la precedente zonazione sismogenetica ZS4, il territorio attraversato dall'infrastruttura in progetto ricade entro la zona identificata come 910 "Nizza - Sanremo", per la quale gli studi indicano una magnitudo massima attesa  $M_{w,max} = 6.37$  (Figura 5 27).

Per le verifiche di liquefazione si considera una magnitudo massima di 6.0.



**Figura 4. Zonazione sismogenetica ZS9 del territorio italiano (INGV, 2004)**

Nome ZS	Numero ZS	$M_{w,max}$
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio- Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

**Figura 5. Valori di  $M_{w,max}$  per le zone sismogenetiche di ZS9 (INGV, 2004)**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>				
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. FOGLIO C 110 di 288

### Metodologia di analisi

Al fine di valutare la suscettibilità alla liquefazione occorre stimare gli sforzi di taglio indotti dal terremoto atteso CSR (rapporto di tensione ciclica) e la resistenza ciclica non drenata del terreno CRR (rapporto di resistenza ciclica).

CRR rapporto di resistenza ciclica, parametro tensionale normalizzato rispetto alla tensione verticale efficace agente alla profondità esaminata è definito dalla seguente relazione:

$$CRR = \frac{\tau_l}{\sigma'_{v0}}$$

Il rapporto di resistenza ciclica CRR può essere valutato mediante relazioni empiriche che correlino la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT, come meglio descritto nel seguito.

CSR rapporto di resistenza ciclica, valutato ad una determinata profondità nel sottosuolo attraverso la seguente relazione semplificata di Seed e Idriss (1971):

$$CSR = \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max,s}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \cdot r_d$$

dove:

- $a_{max,s}$  accelerazione orizzontale di picco a piano campagna del terremoto atteso
- $g$  accelerazione di gravità
- $\sigma_v$  e  $\sigma'_v$  rispettivamente la tensione totale verticale e la tensione efficace verticale alla profondità considerata
- $r_d$  coefficiente riduttivo degli sforzi di taglio in funzione di  $z$  (m) (Youd e Idriss 2001)

$$r_d = \frac{1 - 0.4113 \cdot z^{0.5} + 0.04052 \cdot z + 0.001753 \cdot z^{1.5}}{1 - 0.4177 \cdot z^{0.5} + 0.05729 \cdot z - 0.006205 \cdot z^{1.5} + 0.00121 \cdot z^2}$$

CSR può essere messo in relazione al numero di cicli significativi dell'azione sismica, funzione della magnitudo  $M$ . Per  $M \neq 7.5$  è necessario introdurre un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

$$MSF = \frac{CSR_M}{CSR_{M=7.5}} = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$$

Nel presente studio è stato identificato un valore di MSF in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8 Parte 5, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e Idriss e Boulanger (2004).

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione è definito dalla seguente relazione:

$$FS = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \cdot MSF \cdot k_\sigma$$

Dove  $k_\sigma$  è un coefficiente di correzione per la pressione di confinamento.

Considerato il potenziale insorgere di deformazioni significative anche per valori di poco superiori al valore unitario di FS, coerentemente a quanto suggerito nell'Eurocodice 8 (§4.1.4), si assume come valore minimo di FS per il soddisfacimento della verifica di suscettibilità a liquefazione  $FS_{\min}=1.25$ .

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

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

Dove:

z                                      profondità espressa in m,  
w(z) e F(z)                        determinabili dalle seguenti equazioni:  
 $w(z) = 10 - 0.5z$   
 $F(z) = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - FS \\ 0 \end{array} \right.$

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

$$\left\{ \begin{array}{ll} I_L = 0 & \rightarrow \text{molto basso} \\ I_L \leq 5 & \rightarrow \text{basso} \\ 5 < I_L \leq 15 & \rightarrow \text{alto} \\ I_L > 15 & \rightarrow \text{molto alto} \end{array} \right.$$

### CRR DA CORRELAZIONE SU PROVE SPT

La procedura di calcolo di CRR sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche è illustrata di seguito.

Il numero di colpi  $N_{SPT}$  è stato ricondotto ad un valore normalizzato e corretto  $(N_1)_{60}$  mediante la seguente relazione:

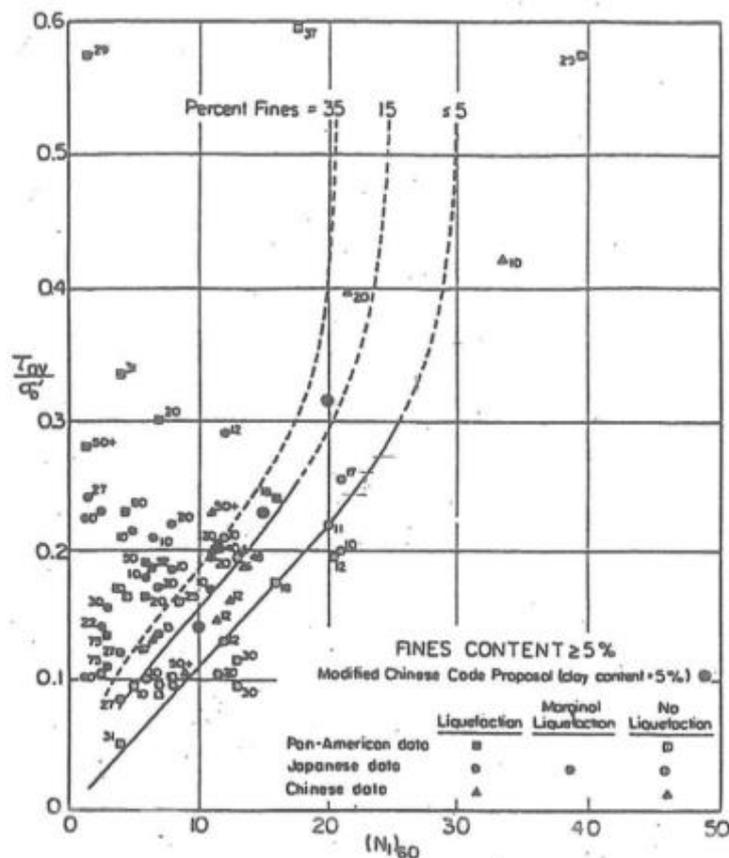
$$(N_1)_{60} = \frac{N_{SPT}}{\sigma_v^{0,5}}$$

Dove  $\sigma_v$  è la tensione verticale in sito.

In Figura 6 viene riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di  $N_{1(60)}$  da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simili avvenuti in passato, con magnitudo 7.5. Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

Le curve sono valide per eventi simili di magnitudo pari a 7.5, per cui è necessario introdurre un fattore di scala (MSF) per adattare le curve di CRR alla magnitudo di riferimento per il caso in esame, come indicato in precedenza.

Si può osservare dalla figura come siano state sviluppate curve di resistenza ciclica per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita (FC<5%).



**Figura 6. Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e  $N_{1(60)}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985)**

La curva di riferimento per sabbie pulite è descritta dalla seguente equazione (Rauch, 1998, come riportato da Youd et al., 2001):

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

L'equazione è valida per  $N_{1(60)} < 30$ . Nel caso in cui sia  $N_{1(60)} \geq 30$ , le sabbie pulite sono classificate come non liquefacibili, a causa della loro elevata densità.

L'equazione che segue (Idriss e Seed, come riportato da Youd et al. 2001) viene utilizzata per la correzione di valori di  $N_{1(60)}$  ai valori corrispondenti per sabbia pulita  $N_{1(60)cs}$ :

$$(N_1)_{60,cs} = \alpha + \beta \cdot (N_1)_{60}$$

con:

$$\alpha = \begin{cases} 0 & \rightarrow FC \leq 5\% \\ \exp \left[ 1,76 - \left( \frac{190}{FC^2} \right) \right] & \rightarrow 5\% < FC \leq 35\% \\ 0 & \rightarrow FC \geq 35\% \end{cases}$$

$$\beta = \begin{cases} 1 & \rightarrow FC \leq 5\% \\ \left[ 0,99 + \left( \frac{FC^{1,5}}{1000} \right) \right] & \rightarrow 5\% < FC \leq 35\% \\ 1,2 & \rightarrow FC \geq 35\% \end{cases}$$

dove FC è la frazione di fine espressa in percentuale. per ogni prova SPT dove non è disponibile il relativo contenuto di fini è stato ipotizzato conservativamente un valore di contenuto di fini minimo pari al 5% per i materiali sabbiosi-ghiaiosi, mentre per i terreni argillosi è stato ipotizzato un contenuto di fini pari al 60%.

La resistenza alla liquefazione aumenta meno che proporzionalmente al crescere della tensione di confinamento. Una rappresentazione di tale relazione è stata proposta da Hynes e Olsen (1999) e riportata da Youd et al. (2001), elaborata sulla base dei risultati di prove cicliche in laboratorio. In particolare, gli autori raccomandano di utilizzare il seguente coefficiente di correzione:

$$k_{\sigma} = \left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{(f-1)} \leq 1$$

Dove:

$\sigma'_{v0}$  tensione verticale efficace

$p_a$  pressione atmosferica di riferimento

$f$  fattore che dipende dalla densità relative del materiale in sito.

In accordo a Youd et al. (2001) il fattore "f" si può stimare come funzione della densità relativa  $D_R$ , sia per sabbie pulite o limose e per ghiaie:

$$f = 0.7 \div 0.8 \quad 40\% < D_R < 60\%$$

$$f = 0.6 \div 0.7 \quad 60\% < D_R < 80\%$$

## **Risultati**

Nelle seguenti tabelle si riportano i risultati delle verifiche a liquefazione eseguite in corrispondenza dei sondaggi presenti lungo il tracciato. Nei casi in cui il coefficiente di sicurezza FS è risultato inferiore al valore necessario a garantire la verifica di liquefazione si è proceduto con la valutazione dell'indice del potenziale di liquefazione ( $I_L$ ) in modo da valutare gli effetti del fenomeno di liquefazione associato all'estensione dei terreni presenti in sito lungo le verticali indagate.

Nella tabella seguente si riportano i risultati delle verifiche a liquefazione eseguite in corrispondenza dei sondaggi presenti lungo il tracciato.

Le regioni sismiche considerate corrispondono alle tratte omogenee definite al Cap. 7:

- Borgio Verezzi                      RG1
- Pietra Ligure                        RG2
- Borghetto S. Spirito 1 e 2        RG3
- Ceriale 1, 2, 3                        RG4
- Albenga 1 e 2                         RG5
- Alassio                                 RG6
- Andora                                 RG7

Solo un punto su quasi 600 analizzati presenta un coefficiente di sicurezza FS pari a 1, inferiore al valore necessario a garantire la verifica di liquefazione (1.25). Pertanto, si ritiene non necessario procedere con la valutazione dell'indice del potenziale di liquefazione ( $I_L$ ).

Dalle analisi si è quindi ricavato un rischio di liquefazione da molto basso a basso.



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 115 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>n</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG1	BH1 Vicenzetto	10.0	4.15	15	2	23	19	-	75	-	79	4.06	1.10	23	0.148	-	0.251	6	1.770	0.60	1.105	0.445	ok	Sopra falda
RG1	BH1 Vicenzetto	10.0	12.15	100	2	23	19	-	75	-	209	4.06	1.10	80	0.148	0.090	-	6	1.770	0.60	0.748	-	ok	Nspt>30
RG1	BH1 Vicenzetto	10.0	15.95	65	2	23	19	-	75	-	244	4.06	1.10	50	0.148	0.087	-	6	1.770	0.60	0.704	-	ok	Nspt>30
RG1	PNL371P01	10.0	2.25	19	3	95	18.7	29	-	28	42	5.00	1.20	40	0.148	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG1	PNL371P01	10.0	3.95	16	3	95	18.7	29	-	28	74	5.00	1.20	27	0.148	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG1	PNL371P01	10.0	5.35	32	3	95	18.7	29	-	28	100	5.00	1.20	43	0.148	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG1	PNL371P01	10.0	7.55	24	3	95	18.7	29	-	28	141	5.00	1.20	29	0.148	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG1	PNL371P01	10.0	9.15	20	3	95	18.7	29	-	28	171	5.00	1.20	23	0.148	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG2	SAF21-OC4-A2-A3	5.6	1.8	100	1	0	19	-	-	-	34	0.00	1.00	100	0.156	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG2	SAF21-OC4-A2-A3	5.6	4.8	100	1	0	19	-	-	-	91	0.00	1.00	100	0.156	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG2	SAF21-OC4-A2-A3	5.6	6.8	38	1	0	19	-	-	-	117	0.00	1.00	35	0.156	0.106	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG2	SAF21-OC4-A2-A3	5.6	8.8	100	2	30	20	-	65	6	144	4.71	1.15	100	0.156	0.115	-	6	1.770	0.65	0.884	-	ok	Nspt>30
RG2	SAF21-OC6	30	1.2	10	1	0	19	-	-	-	23	0.00	1.00	21	0.156	-	0.227	6	1.770	-	-	0.403	ok	Sopra falda
RG2	SAF21-OC6	30	3.8	16	1	0	19	-	-	-	72	0.00	1.00	19	0.156	-	0.201	6	1.770	-	-	0.356	ok	Sopra falda
RG2	SAF21-OC7-A4	8.6	1.3	43	1	0	19	-	-	-	25	0.00	1.00	87	0.156	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG2	SAF21-OC7-A4	8.6	4.3	30	2	30	20	-	65	6	86	4.71	1.15	42	0.156	-	-	6	1.770	0.65	1.059	-	ok	Nspt>30
RG2	SAF21-OC7-A4	8.6	7.3	32	2	30	20	-	65	6	146	4.71	1.15	35	0.156	-	-	6	1.770	0.65	0.880	-	ok	Nspt>30
RG2	SAF21-OC7-A4	8.6	10.3	30	2	30	20	-	65	6	189	4.71	1.15	30	0.156	0.099	0.461	6	1.770	0.65	0.804	0.815	6.60	FS≥1,25
RG2	SAF21-OC7-A4	8.6	13.3	14	2	30	20	-	65	6	219	4.71	1.15	16	0.156	0.101	0.166	6	1.770	0.65	0.763	0.295	2.23	FS≥1,25
RG2	SAF21-OC7-A4	8.6	16.4	72	2	30	20	-	65	6	250	4.71	1.15	57	0.156	0.095	-	6	1.770	0.65	0.729	-	ok	Nspt>30
RG2	SAF21-OC7-A4	8.6	19.3	52	2	30	20	-	65	6	279	4.71	1.15	41	0.156	0.089	-	6	1.770	0.65	0.701	-	ok	Nspt>30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 116 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ' <sub>v</sub> [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG2	SAF21-OC8	30	1.3	12	1	0	19	-	-	-	25	0.00	1.00	24	0.156	-	0.276	6	1.770	-	-	0.488	ok	Sopra falda
RG2	SAF21-OC8	30	3.9	20	2	30	20	-	65	6	78	4.71	1.15	31	0.156	-	-	6	1.770	0.65	1.096	-	ok	Nspt>30
RG2	BH6	10	3.15	46	2	30	20	-	65	6	63	4.71	1.15	72	0.156	-	-	6	1.770	0.65	1.181	-	ok	Nspt>30
RG2	BH6	10	6.45	26	2	30	20	-	65	6	129	4.71	1.15	31	0.156	-	-	6	1.770	0.65	0.919	-	ok	Nspt>30
RG2	BH6	10	9.55	26	2	30	20	-	65	6	191	4.71	1.15	26	0.156	-	0.323	6	1.770	0.65	0.801	0.572	ok	Sopra falda
RG2	BH6	10	12.65	36	2	30	20	-	65	6	227	4.71	1.15	32	0.156	0.095	-	6	1.770	0.65	0.755	-	ok	Nspt>30
RG2	BH6	10	21.25	100	2	30	20	-	65	6	313	4.71	1.15	70	0.156	0.082	-	6	1.770	0.65	0.674	-	ok	Nspt>30
RG2	BH7	10	3.15	23	2	30	20	-	65	6	63	4.71	1.15	38	0.156	-	-	6	1.770	0.65	1.181	-	ok	Nspt>30
RG2	BH7	10	6.25	19	2	30	20	-	65	6	125	4.71	1.15	24	0.156	-	0.279	6	1.770	0.65	0.929	0.494	ok	Sopra falda
RG2	BH7	10	9.15	21	2	30	20	-	65	6	183	4.71	1.15	23	0.156	-	0.251	6	1.770	0.65	0.813	0.445	ok	Sopra falda
RG2	BH7	10	12.15	31	2	30	18	-	65	6	197	4.71	1.15	30	0.156	0.096	-	6	1.770	0.65	0.792	-	ok	Nspt>30
RG2	MG4	10	9.15	40	2	30	20	-	65	6	183	4.71	1.15	39	0.156	-	-	6	1.770	0.65	0.813	-	ok	Nspt>30
RG2	MG4	10	12.15	39	2	30	20	-	65	6	222	4.71	1.15	35	0.156	0.095	-	6	1.770	0.65	0.760	-	ok	Nspt>30
RG2	MG4	10	15.15	45	2	30	18	-	65	6	221	4.71	1.15	40	0.156	0.094	-	6	1.770	0.65	0.761	-	ok	Nspt>30
RG2	MG4	10	18.15	55	2	30	20	-	65	6	282	4.71	1.15	43	0.156	0.087	-	6	1.770	0.65	0.699	-	ok	Nspt>30
RG2	MG4	10	21.15	55	2	30	18	-	65	6	269	4.71	1.15	43	0.156	0.085	-	6	1.770	0.65	0.710	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371P07	10	6.15	28	2	30	18	-	65	6	111	4.71	1.15	35	0.156	-	-	6	1.770	0.65	0.969	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371P07	10	9.15	57	2	30	20	-	65	6	183	4.71	1.15	53	0.156	-	-	6	1.770	0.65	0.813	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371P07	10	12.15	48	2	30	20	-	65	6	222	4.71	1.15	42	0.156	0.095	-	6	1.770	0.65	0.760	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371P07	10	15.15	65	2	30	20	-	65	6	252	4.71	1.15	52	0.156	0.092	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371P07	10	17.8	100	2	30	20	-	65	6	278	4.71	1.15	74	0.156	0.087	-	6	1.770	0.65	0.702	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371P07	10	21	100	2	30	20	-	65	6	310	4.71	1.15	70	0.156	0.082	-	6	1.770	0.65	0.676	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V02	10	6	100	2	30	20	-	65	6	120	4.71	1.15	100	0.156	-	-	6	1.770	0.65	0.942	-	ok	Nspt>30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 117 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ' <sub>v</sub> [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>mas</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG2	PNL371V02	10	9.15	26	2	30	20	-	65	6	183	4.71	1.15	27	0.156	-	0.335	6	1.770	0.65	0.813	0.594	ok	Sopra falda
RG2	PNL371V02	10	12.15	57	2	30	20	-	65	6	222	4.71	1.15	49	0.156	0.095	-	6	1.770	0.65	0.760	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V02	10	15.15	14	2	30	20	-	65	6	252	4.71	1.15	15	0.156	0.092	0.159	6	1.770	0.65	0.727	0.281	2.22	FS≥1,25
RG2	PNL371V02	10	17.8	100	2	30	20	-	65	6	278	4.71	1.15	74	0.156	0.087	-	6	1.770	0.65	0.702	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V02	10	21.6	100	2	30	20	-	65	6	316	4.71	1.15	70	0.156	0.081	-	6	1.770	0.65	0.672	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V02	10	24	100	2	30	20	-	65	6	340	4.71	1.15	67	0.156	0.079	-	6	1.770	0.65	0.655	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V02	10	26.8	100	2	30	20	-	65	6	368	4.71	1.15	65	0.156	0.077	-	6	1.770	0.65	0.637	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V03	10	6.35	19	2	30	20	-	65	6	127	4.71	1.15	24	0.156	-	0.276	6	1.770	0.65	0.924	0.489	ok	Sopra falda
RG2	PNL371V03	10	9.15	19	2	30	20	-	65	6	183	4.71	1.15	21	0.156	-	0.227	6	1.770	0.65	0.813	0.402	ok	Sopra falda
RG2	PNL371V03	10	12.35	62	2	30	20	-	65	6	224	4.71	1.15	53	0.156	0.095	-	6	1.770	0.65	0.758	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V03	10	15	100	2	30	20	-	65	6	250	4.71	1.15	78	0.156	0.093	-	6	1.770	0.65	0.729	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V03	10	17.45	100	2	30	20	-	65	6	275	4.71	1.15	74	0.156	0.088	-	6	1.770	0.65	0.705	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V03	10	20.45	41	2	30	20	-	65	6	305	4.71	1.15	32	0.156	0.083	-	6	1.770	0.65	0.680	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V03	10	23.50	100	2	30	20	-	65	6	335	4.71	1.15	68	0.156	0.080	-	6	1.770	0.65	0.658	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V03	10	26.00	100	2	30	20	-	65	6	360	4.71	1.15	66	0.156	0.078	-	6	1.770	0.65	0.642	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V04	10	6.15	45	2	30	20	-	65	6	123	4.71	1.15	52	0.156	-	-	6	1.770	0.65	0.934	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V04	10	9.15	30	2	30	20	-	65	6	183	4.71	1.15	30	0.156	-	-	6	1.770	0.65	0.813	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V04	10	13.20	100	2	30	20	-	65	6	232	4.71	1.15	80	0.156	0.095	-	6	1.770	0.65	0.748	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V04	10	15.30	100	2	30	20	-	65	6	253	4.71	1.15	77	0.156	0.092	-	6	1.770	0.65	0.726	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V04	10	25.00	100	2	30	20	-	65	6	350	4.71	1.15	66	0.156	0.078	-	6	1.770	0.65	0.648	-	ok	Nspt>30
RG2	BH6	10	15.15	30	3	65	20.5	22	-	15	259	5.00	1.20	27	0.156	0.092	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG2	BH6	10	18.65	36	3	65	20.5	22	-	15	296	5.00	1.20	30	0.156	0.085	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG2	PNL371V02	10	36.00	67	3	65	20.5	22	-	15	478	5.00	1.20	42	0.156	0.078	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 118 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG2	PNL371V04	10	18.85	18	3	65	20.5	22	-	15	298	5.00	1.20	18	0.156	0.085	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG2	PNL371V04	10	21.55	12	3	65	20.5	22	-	15	326	5.00	1.20	13	0.156	0.081	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG3	SAF21-A06	13.2	1.4	10	2	30	19.5	15	60	10	27	4.71	1.15	27	0.227	-	0.333	6	1.770	0.65	1.582	0.589	ok	Sopra falda
RG3	SAF21-A06	13.2	4.4	13	2	30	19.5	15	60	10	86	4.71	1.15	21	0.227	-	0.227	6	1.770	0.65	1.060	0.402	ok	Sopra falda
RG3	SAF21-A06	13.2	7.4	13	2	30	19.5	15	60	10	144	4.71	1.15	17	0.227	-	0.183	6	1.770	0.65	0.884	0.324	ok	Sopra falda
RG3	SAF21-A06	13.2	10.3	22	2	30	19.5	15	60	10	201	4.71	1.15	23	0.227	-	0.251	6	1.770	0.65	0.787	0.445	ok	Sopra falda
RG3	SAF21-A06	13.2	13.4	9	3	80	19	23	-	10	253	5.00	1.20	12	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	SAF21-A06	13.2	16.5	17	3	80	19	23	-	10	281	5.00	1.20	17	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	SAF21-A06	13.2	19.4	19	3	80	19	23	-	10	307	5.00	1.20	18	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	SAF21-OC11-A5	4.6	1.3	32	2	30	19.5	15	60	10	25	4.71	1.15	78	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.624	-	ok	Nspt>30
RG3	SAF21-OC11-A5	4.6	4.2	21	3	80	19	23	-	10	80	5.00	1.20	33	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	SAF21-OC11-A5	4.6	7.4	25	2	30	19.5	15	60	10	116	4.71	1.15	31	0.227	0.173	-	6	1.770	0.65	0.953	-	ok	Nspt>30
RG3	SAF21-OC11-A5	4.6	10.3	32	2	30	19.5	15	60	10	144	4.71	1.15	36	0.227	0.185	-	6	1.770	0.65	0.884	-	ok	Nspt>30
RG3	SAF21-OC11-A5	4.6	13.2	30	2	30	19.5	15	60	10	171	4.71	1.15	31	0.227	0.182	-	6	1.770	0.65	0.832	-	ok	Nspt>30
RG3	BH15	10	6.35	32	2	30	19.5	15	60	10	124	4.71	1.15	38	0.227	-	-	6	1.770	0.65	0.932	-	ok	Nspt>30
RG3	BH11	4	3.25	28	2	30	19.5	15	60	10	63	4.71	1.15	45	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.178	-	ok	Nspt>30
RG3	BH12	10	3.15	22	3	80	19	23	-	10	60	5.00	1.20	39	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	BH12	10	6.25	15	3	80	19	23	-	10	119	5.00	1.20	22	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	9.35	41	3	80	19	23	-	10	178	5.00	1.20	42	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	BH12	10	12.40	25	3	80	19	23	-	10	212	5.00	1.20	26	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	15.30	24	3	80	19	23	-	10	238	5.00	1.20	24	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	18.25	21	3	80	19	23	-	10	264	5.00	1.20	21	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	21.65	32	3	80	19	23	-	10	295	5.00	1.20	27	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 119 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	Nspt	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG3	BH12	10	24.65	28	3	80	19	23	-	10	322	5.00	1.20	24	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	28.05	14	3	80	19	23	-	10	352	5.00	1.20	14	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH13	10	3.65	28	3	80	19	23	-	10	69	5.00	1.20	45	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	BH15	10	3.45	28	3	80	19	23	-	10	66	5.00	1.20	47	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	BH15	10	12.65	52	3	80	19	23	-	10	214	5.00	1.20	48	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	BH12	10	30.45	42	ORV	80	19.5	26	-	15	389	5.00	1.20	31	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	BH15	10	6.35	32	2	30	19.5	15	60	10	124	4.71	1.15	38	0.227	-	-	6	1.770	0.65	0.932	-	ok	Nspt>30
RG3	BH15	10	3.45	28	3	80	19	23	-	10	66	5.00	1.20	47	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	BH15	10	12.65	52	3	80	19	23	-	10	214	5.00	1.20	48	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	BH12	10	3.15	22	3	80	19	23	-	10	60	5.00	1.20	39	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	BH12	10	6.25	15	3	80	19	23	-	10	119	5.00	1.20	22	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	9.35	41	3	80	19	23	-	10	178	5.00	1.20	42	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG3	BH12	10	12.40	25	3	80	19	23	-	10	212	5.00	1.20	26	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	15.30	24	3	80	19	23	-	10	238	5.00	1.20	24	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	18.25	21	3	80	19	23	-	10	264	5.00	1.20	21	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	21.65	32	3	80	19	23	-	10	295	5.00	1.20	27	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	24.65	28	3	80	19	23	-	10	322	5.00	1.20	24	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH12	10	28.05	14	3	80	19	23	-	10	352	5.00	1.20	14	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	SAF21-A13	10	1.5	72	2	30	19.5	15	60	10	29	4.71	1.15	100	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.545	-	ok	Nspt>30
RG3	SAF21-A13	10	3	68	2	30	19.5	15	60	10	59	4.71	1.15	100	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.212	-	ok	Nspt>30
RG3	SAF21-OC16	10	1.5	77	2	30	19.5	15	60	10	29	4.71	1.15	100	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.545	-	ok	Nspt>30
RG3	SAF21-OC16	10	3	75	2	30	19.5	15	60	10	59	4.71	1.15	100	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.212	-	ok	Nspt>30
RG3	SAF21-OC15	30	1.2	58	2	30	19.5	15	60	10	23	4.71	1.15	100	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.670	-	ok	Nspt>30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 120 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ' <sub>v</sub> [kPa]	α	β	N <sub>l60cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG3	SAF21-OC15	30	2.9	63	2	30	19.5	15	60	10	57	4.71	1.15	100	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.226	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	SAF21-S10	3	1.5	21	2	30	19.5	15	60	10	29	4.71	1.15	50	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.545	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	SAF21-S10	3	4.5	22	2	30	19.5	15	60	10	73	4.71	1.15	34	0.227	0.172	-	6	1.770	0.65	1.123	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	SAF21-S10	3	7.5	43	2	30	19.5	15	60	10	101	4.71	1.15	54	0.227	0.201	-	6	1.770	0.65	1.000	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	SAF21-S10	3	10.5	8	3	80	19	23	-	10	125	5.00	1.20	14	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	SAF21-S10	3	13.5	13	2	30	19.5	15	60	10	158	4.71	1.15	17	0.227	0.199	0.177	6	1.770	0.65	0.855	0.313	1.35	FS≥1,25
RG3	SAF21-S10	3	16.5	18	3	80	19	23	-	10	179	5.00	1.20	21	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	SAF21-S10	3	20.5	11	3	80	19	23	-	10	215	5.00	1.20	14	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	SAF21-S10	3	23.5	13	2	30	19.5	15	60	10	253	4.71	1.15	14	0.227	0.149	0.151	6	1.770	0.65	0.726	0.268	1.31	FS≥1,25
RG3	BH20	10	2.40	100	1	0	19	-	-	-	46	0.00	1.00	100	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	BH18	10	3.75	19	2	30	19.5	15	60	10	73	4.71	1.15	30	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.121	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	BH18	10	6.00	100	2	30	19.5	15	60	10	117	4.71	1.15	100	0.227	-	-	6	1.770	0.65	0.951	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	BH18	10	8.15	19	2	30	19.5	15	60	10	159	4.71	1.15	22	0.227	-	0.243	6	1.770	0.65	0.854	0.431	ok	Sopra falda
RG3	BH18	10	10.00	100	2	30	19.5	15	60	10	195	4.71	1.15	87	0.227	-	-	6	1.770	0.65	0.795	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	BH20	10	4.80	100	2	30	19.5	15	60	10	94	4.71	1.15	100	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.028	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	BH20	10	7.30	100	2	30	19.5	15	60	10	142	4.71	1.15	100	0.227	-	-	6	1.770	0.65	0.888	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	BH20	10	10.20	100	2	30	19.5	15	60	10	197	4.71	1.15	87	0.227	0.134	-	6	1.770	0.65	0.792	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	BH22	10	6.75	14	2	30	19.5	15	60	10	132	4.71	1.15	19	0.227	-	0.201	6	1.770	0.65	0.912	0.356	ok	Sopra falda
RG3	BH22	10	9.70	100	2	30	19.5	15	60	10	189	4.71	1.15	89	0.227	-	-	6	1.770	0.65	0.804	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371P10	10	5.15	41	2	30	19.5	15	60	10	100	4.71	1.15	52	0.227	-	-	6	1.770	0.65	1.003	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371P10	10	8.15	37	2	30	19.5	15	60	10	159	4.71	1.15	39	0.227	-	-	6	1.770	0.65	0.854	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371R09	10	1.45	10	2	30	19.5	15	60	10	28	4.71	1.15	26	0.227	-	0.323	6	1.770	0.65	1.563	0.572	ok	Sopra falda
RG3	BH22	10	3.65	15	3	80	19	23	-	10	69	5.00	1.20	27	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 121 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>l60cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG3	BH22	10	12.55	16	3	80	19	23	-	10	213	5.00	1.20	18	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	PNL371O12	10	5.95	10	2	30	19.5	15	60	10	116	4.71	1.15	15	0.227	-	0.164	6	1.770	0.65	0.954	0.291	ok	Sopra falda
RG3	PNL371O12	10	8.95	26	2	30	19.5	15	60	10	175	4.71	1.15	27	0.227	-	0.351	6	1.770	0.65	0.827	0.621	ok	Sopra falda
RG3	PNL371O12	10	11.80	100	2	30	19.5	15	60	10	212	4.71	1.15	84	0.227	0.138	-	6	1.770	0.65	0.772	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371P10	10	11.15	31	3	80	19	23	-	10	200	5.00	1.20	31	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371P10	10	12.75	27	3	80	19	23	-	10	215	5.00	1.20	27	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	PNL371P10	10	15.15	22	3	80	19	23	-	10	236	5.00	1.20	22	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	PNL371P10	10	18.15	23	3	80	19	23	-	10	263	5.00	1.20	22	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	PNL371P11	10	9.00	100	3	80	19	23	-	10	171	5.00	1.20	97	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371P11	10	12.15	61	3	80	19	23	-	10	209	5.00	1.20	56	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371R09	10	3.15	15	3	80	19	23	-	10	60	5.00	1.20	28	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	PNL371R09	10	4.05	14	3	80	19	23	-	10	77	5.00	1.20	24	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG3	BH20	10	21.15	40	CMV-i	45	20.5	22	65	5	322	5.00	1.20	32	0.227	0.118	-	6	1.770	0.65	0.667	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	BH20	10	24.65	29	CMV-i	45	20.5	22	65	5	359	5.00	1.20	23	0.227	0.113	0.263	6	1.770	0.65	0.642	0.465	2.64	FS≥1,25
RG3	BH20	10	26.15	34	CMV-i	45	20.5	22	65	5	375	5.00	1.20	26	0.227	0.112	0.315	6	1.770	0.65	0.633	0.558	3.16	FS≥1,25
RG3	PNL371O12	10	15.10	100	CMV-i	45	20.5	22	65	5	259	5.00	1.20	80	0.227	0.134	-	6	1.770	0.65	0.720	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371O12	10	17.80	100	CMV-i	45	20.5	22	65	5	287	5.00	1.20	76	0.227	0.126	-	6	1.770	0.65	0.695	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371O12	10	20.75	50	CMV-i	45	20.5	22	65	5	318	5.00	1.20	39	0.227	0.119	-	6	1.770	0.65	0.670	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371O12	10	23.55	78	CMV-i	45	20.5	22	65	5	347	5.00	1.20	55	0.227	0.114	-	6	1.770	0.65	0.650	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371O12	10	27.25	75	CMV-i	45	20.5	22	65	5	386	5.00	1.20	51	0.227	0.111	-	6	1.770	0.65	0.626	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371O12	10	30.15	75	CMV-i	45	20.5	22	65	5	417	5.00	1.20	49	0.227	0.109	-	6	1.770	0.65	0.610	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371O12	10	33.05	78	CMV-i	45	20.5	22	65	5	447	5.00	1.20	49	0.227	0.112	-	6	1.770	0.65	0.595	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371P10	10	21.65	68	CMV-i	45	20.5	22	65	5	327	5.00	1.20	50	0.227	0.117	-	6	1.770	0.65	0.663	-	ok	N <sub>spt</sub> >30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 122 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG3	PNL371P10	10	24.15	24	CMV-i	45	20.5	22	65	5	354	5.00	1.20	20	0.227	0.114	0.219	6	1.770	0.65	0.646	0.388	2.21	FS≥1,25
RG3	PNL371P10	10	27.25	31	CMV-i	45	20.5	22	65	5	386	5.00	1.20	24	0.227	0.111	0.272	6	1.770	0.65	0.626	0.482	2.72	FS≥1,25
RG3	PNL371P10	10	30.65	35	CMV-i	45	20.5	22	65	5	422	5.00	1.20	25	0.227	0.110	0.301	6	1.770	0.65	0.607	0.533	2.95	FS≥1,25
RG3	PNL371P11	10	18.60	34	CMV-i	45	20.5	22	65	5	295	5.00	1.20	29	0.227	0.124	0.399	6	1.770	0.65	0.688	0.705	3.92	FS≥1,25
RG3	PNL371P11	10	22.55	30	CMV-i	45	20.5	22	65	5	337	5.00	1.20	25	0.227	0.116	0.285	6	1.770	0.65	0.657	0.504	2.86	FS≥1,25
RG3	PNL371P11	10	24.65	33	CMV-i	45	20.5	22	65	5	359	5.00	1.20	26	0.227	0.113	0.311	6	1.770	0.65	0.642	0.550	3.12	FS≥1,25
RG3	PNL371P11	10	27.75	25	CMV-i	45	20.5	22	65	5	391	5.00	1.20	20	0.227	0.111	0.217	6	1.770	0.65	0.623	0.385	2.17	FS≥1,25
RG3	PNL371P11	10	32.15	52	ORV	80	19.5	26	-	15	405	5.00	1.20	36	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG3	PNL371P11	10	35.15	59	ORV	80	19.5	26	-	15	434	5.00	1.20	39	0.227	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC17-A8	5.6	1.2	36	2	25	20	15	65	11	24	4.29	1.12	86	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.655	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC17-A8	5.6	4.3	33	2	25	20	15	65	11	86	4.29	1.12	44	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.059	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC17-A8	5.6	7.4	41	2	25	20	15	65	11	130	4.29	1.12	44	0.199	0.139	-	6	1.770	0.65	0.916	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC17-A8	5.6	10.2	56	2	25	20	15	65	11	158	4.29	1.12	54	0.199	0.151	-	6	1.770	0.65	0.856	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC17-A8	5.6	13.3	66	2	25	20	15	65	11	189	4.29	1.12	58	0.199	0.149	-	6	1.770	0.65	0.804	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC17-A8	5.6	16.3	65	2	25	20	15	65	11	219	4.29	1.12	53	0.199	0.138	-	6	1.770	0.65	0.763	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC17-A8	5.6	19.2	58	2	25	20	15	65	11	248	4.29	1.12	45	0.199	0.128	-	6	1.770	0.65	0.731	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH26	10	3.25	26	2	25	20	15	65	11	65	4.29	1.12	40	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.168	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	3.30	9	2	25	20	15	65	11	66	4.29	1.12	17	0.199	-	0.177	6	1.770	0.65	1.162	0.313	ok	Sopra falda
RG4	PNL371O13	10	5.15	52	2	25	20	15	65	11	103	4.29	1.12	61	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.994	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH26	10	6.30	33	2	25	20	15	65	11	126	4.29	1.12	37	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.926	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	6.35	36	2	25	20	15	65	11	127	4.29	1.12	40	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.924	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	8.95	39	2	25	20	15	65	11	179	4.29	1.12	37	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.819	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH26	10	9.15	43	2	25	20	15	65	11	183	4.29	1.12	40	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.813	-	ok	N <sub>spt</sub> >30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 123 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG4	PNL371O13	10	9.15	46	2	25	20	15	65	11	183	4.29	1.12	42	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.813	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	12.05	41	2	25	20	15	65	11	221	4.29	1.12	35	0.199	0.121	-	6	1.770	0.65	0.762	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O13	10	12.15	39	2	25	20	15	65	11	222	4.29	1.12	34	0.199	0.121	-	6	1.770	0.65	0.760	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH26	10	12.30	35	2	25	20	15	65	11	223	4.29	1.12	30	0.199	0.121	-	6	1.770	0.65	0.759	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	15.15	44	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	35	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH26	10	15.15	51	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	40	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O13	10	15.15	58	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	45	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	18.15	37	2	25	20	15	65	11	282	4.29	1.12	29	0.199	0.111	0.405	6	1.770	0.65	0.699	0.716	4.52	FS≥1,25
RG4	BH25	10	21.15	28	2	25	20	15	65	11	312	4.29	1.12	22	0.199	0.105	0.242	6	1.770	0.65	0.675	0.428	2.76	FS≥1,25
RG4	PNL371O13	10	21.15	40	2	25	20	15	65	11	312	4.29	1.12	30	0.199	0.105	0.440	6	1.770	0.65	0.675	0.778	5.02	FS≥1,25
RG4	BH25	10	24.30	30	2	25	20	15	65	11	343	4.29	1.12	22	0.199	0.101	0.247	6	1.770	0.65	0.653	0.437	2.83	FS≥1,25
RG4	BH25	10	27.30	24	2	25	20	15	65	11	373	4.29	1.12	18	0.199	0.099	0.193	6	1.770	0.65	0.634	0.342	2.20	FS≥1,25
RG4	PNL371O13	10	18.15	27	3	65	20	21	-	13	282	5.00	1.20	24	0.199	0.111	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG4	BH28	10	3.40	26	CMV-i	35	20	16	75	16	68	5.00	1.20	43	0.199	-	-	6	1.770	0.60	1.173	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	6.20	100	CMV-i	35	20	16	75	16	124	5.00	1.20	100	0.199	-	-	6	1.770	0.60	0.922	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	9.50	37	CMV-i	35	20	16	75	16	190	5.00	1.20	37	0.199	-	-	6	1.770	0.60	0.778	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	12.30	45	CMV-i	35	20	16	75	16	223	5.00	1.20	41	0.199	0.121	-	6	1.770	0.60	0.729	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	15.30	45	CMV-i	35	20	16	75	16	253	5.00	1.20	39	0.199	0.118	-	6	1.770	0.60	0.693	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	18.40	48	CMV-i	35	20	16	75	16	284	5.00	1.20	39	0.199	0.110	-	6	1.770	0.60	0.662	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	21.30	56	CMV-i	35	20	16	75	16	313	5.00	1.20	43	0.199	0.104	-	6	1.770	0.60	0.637	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	24.45	26	CMV-i	35	20	16	75	16	345	5.00	1.20	22	0.199	0.101	-	6	1.770	0.60	0.613	-	ok	Consistenza
RG4	BH28	10	28.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	380	5.00	1.20	67	0.199	0.098	-	6	1.770	0.60	0.589	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	3.30	9	2	25	20	15	65	11	66	4.29	1.12	17	0.199	-	0.177	6	1.770	0.65	1.162	0.313	ok	Sopra falda



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 124 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG4	BH25	10	6.35	36	2	25	20	15	65	11	127	4.29	1.12	40	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.924	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	8.95	39	2	25	20	15	65	11	179	4.29	1.12	37	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.819	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	12.05	41	2	25	20	15	65	11	221	4.29	1.12	35	0.199	0.121	-	6	1.770	0.65	0.762	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	15.15	44	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	35	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH25	10	18.15	37	2	25	20	15	65	11	282	4.29	1.12	29	0.199	0.111	0.405	6	1.770	0.65	0.699	0.716	4.52	FS≥1,25
RG4	BH25	10	21.15	28	2	25	20	15	65	11	312	4.29	1.12	22	0.199	0.105	0.242	6	1.770	0.65	0.675	0.428	2.76	FS≥1,25
RG4	BH25	10	24.30	30	2	25	20	15	65	11	343	4.29	1.12	22	0.199	0.101	0.247	6	1.770	0.65	0.653	0.437	2.83	FS≥1,25
RG4	BH25	10	27.30	24	2	25	20	15	65	11	373	4.29	1.12	18	0.199	0.099	0.193	6	1.770	0.65	0.634	0.342	2.20	FS≥1,25
RG4	BH26	10	3.25	26	2	25	20	15	65	11	65	4.29	1.12	40	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.168	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH26	10	6.30	33	2	25	20	15	65	11	126	4.29	1.12	37	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.926	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH26	10	9.15	43	2	25	20	15	65	11	183	4.29	1.12	40	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.813	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH26	10	12.30	35	2	25	20	15	65	11	223	4.29	1.12	30	0.199	0.121	-	6	1.770	0.65	0.759	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH26	10	15.15	51	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	40	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	3.25	26	CMV-i	35	20	16	75	16	65	5.00	1.20	44	0.199	-	-	6	1.770	0.60	1.194	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	6.20	100	CMV-i	35	20	16	75	16	124	5.00	1.20	100	0.199	-	-	6	1.770	0.60	0.922	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	9.35	37	CMV-i	35	20	16	75	16	187	5.00	1.20	37	0.199	-	-	6	1.770	0.60	0.783	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	12.15	45	CMV-i	35	20	16	75	16	222	5.00	1.20	41	0.199	0.121	-	6	1.770	0.60	0.731	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	15.15	45	CMV-i	35	20	16	75	16	252	5.00	1.20	39	0.199	0.118	-	6	1.770	0.60	0.695	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	18.25	48	CMV-i	35	20	16	75	16	283	5.00	1.20	39	0.199	0.110	-	6	1.770	0.60	0.663	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	21.15	56	CMV-i	35	20	16	75	16	312	5.00	1.20	43	0.199	0.105	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH28	10	24.30	26	CMV-i	35	20	16	75	16	343	5.00	1.20	22	0.199	0.101	-	6	1.770	0.60	0.614	-	ok	Consistenza
RG4	BH28	10	27.70	100	CMV-i	35	20	16	75	16	377	5.00	1.20	67	0.199	0.098	-	6	1.770	0.60	0.591	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	CR6	10	3.15	29	CMV-i	35	20	16	75	16	63	5.00	1.20	49	0.199	-	-	6	1.770	0.60	1.209	-	ok	N <sub>spt</sub> >30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA**

**TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 125 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG4	CR6	10	6.15	82	CMV-i	35	20	16	75	16	123	5.00	1.20	94	0.199	-	-	6	1.770	0.60	0.925	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	CR6	10	9.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	180	5.00	1.20	94	0.199	-	-	6	1.770	0.60	0.795	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	CR6	10	12.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	220	5.00	1.20	86	0.199	0.121	-	6	1.770	0.60	0.733	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	CR6	10	15.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	250	5.00	1.20	81	0.199	0.118	-	6	1.770	0.60	0.697	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC19	20	1.2	83	2	25	20	15	65	11	24	4.29	1.12	100	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.655	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC19	20	3.2	76	2	25	20	15	65	11	64	4.29	1.12	100	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.174	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC22-A9	30	1.2	72	2	25	20	15	65	11	24	4.29	1.12	100	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.655	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC22-A9	30	4.5	35	2	25	20	15	65	11	90	4.29	1.12	45	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.042	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC22-A9	30	7.5	32	2	25	20	15	65	11	150	4.29	1.12	33	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.872	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC22-A9	30	10.5	82	CMV-i	35	20	16	75	16	210	5.00	1.20	73	0.199	-	-	6	1.770	0.60	0.747	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC22-A9	30	13.5	100	CMV-i	35	20	16	75	16	270	5.00	1.20	78	0.199	-	-	6	1.770	0.60	0.676	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC22-A9	30	16.5	100	CMV-i	35	20	16	75	16	330	5.00	1.20	71	0.199	-	-	6	1.770	0.60	0.624	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC22-A9	30	19.5	100	CMV-i	35	20	16	75	16	390	5.00	1.20	66	0.199	-	-	6	1.770	0.60	0.583	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC23	30	1.5	68	2	25	20	15	65	11	30	4.29	1.12	100	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.531	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC23	30	2.5	67	2	25	20	15	65	11	50	4.29	1.12	100	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.280	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC20	30	1.5	31	CMV	18	18	-	-	-	27	3.23	1.07	67	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC20	30	2.5	38	CMV	18	18	-	-	-	45	3.23	1.07	64	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC18	30	1.4	45	1	0	19	-	-	-	27	0.00	1.00	87	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC18	30	2.8	38	1	0	19	-	-	-	53	0.00	1.00	52	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC21	30	1.3	49	2/CMV	18	18	-	-	-	23	3.23	1.07	100	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	SAF21-OC21	30	2.8	43	2/CMV	18	18	-	-	-	50	3.23	1.07	68	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH36	10	3.15	41	2	25	20	15	65	11	63	4.29	1.12	62	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.181	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C14	10	4.95	18	2	25	20	15	65	11	99	4.29	1.12	24	0.199	-	0.282	6	1.770	0.65	1.008	0.498	ok	Sopra falda



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 126 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>l60cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG4	PNL371C16	10	4.95	23	2	25	20	15	65	11	99	4.29	1.12	30	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.008	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C15	10	5.15	38	2	25	20	15	65	11	103	4.29	1.12	46	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.994	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371P17	10	5.15	23	2	25	20	15	65	11	103	4.29	1.12	30	0.199	-	0.439	6	1.770	0.65	0.994	0.778	ok	Sopra falda
RG4	PNL371B19	10	5.40	100	2	25	20	15	65	11	108	4.29	1.12	100	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.978	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C06	10	5.75	30	2	25	20	15	65	11	115	4.29	1.12	35	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.957	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH36	10	6.15	45	2	25	20	15	65	11	123	4.29	1.12	50	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.934	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH32	10	6.65	44	2	25	20	15	65	11	133	4.29	1.12	47	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.909	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C14	10	8.15	27	2	25	20	15	65	11	163	4.29	1.12	28	0.199	-	0.365	6	1.770	0.65	0.847	0.646	ok	Sopra falda
RG4	PNL371C15	10	8.15	39	2	25	20	15	65	11	163	4.29	1.12	38	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.847	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C16	10	8.15	38	2	25	20	15	65	11	163	4.29	1.12	37	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.847	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371B19	10	8.50	100	2	25	20	15	65	11	170	4.29	1.12	90	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.834	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371P17	10	8.55	35	2	25	20	15	65	11	171	4.29	1.12	34	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.833	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C06	10	8.65	77	2	25	20	15	65	11	173	4.29	1.12	70	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.829	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH36	10	9.00	100	2	25	20	15	65	11	180	4.29	1.12	87	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.818	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C14	10	11.15	21	2	25	20	15	65	11	212	4.29	1.12	20	0.199	0.120	0.220	6	1.770	0.65	0.773	0.390	2.51	FS≥1,25
RG4	PNL371C15	10	11.15	27	2	25	20	15	65	11	212	4.29	1.12	25	0.199	0.120	0.292	6	1.770	0.65	0.773	0.516	3.32	FS≥1,25
RG4	PNL371C16	10	11.15	29	2	25	20	15	65	11	212	4.29	1.12	27	0.199	0.120	0.326	6	1.770	0.65	0.773	0.576	3.71	FS≥1,25
RG4	PNL371C06	10	11.65	26	2	25	20	15	65	11	217	4.29	1.12	24	0.199	0.121	0.273	6	1.770	0.65	0.767	0.484	3.07	FS≥1,25
RG4	PNL371P17	10	12.15	31	2	25	20	15	65	11	222	4.29	1.12	28	0.199	0.121	0.353	6	1.770	0.65	0.760	0.626	3.93	FS≥1,25
RG4	PNL371C15	10	14.15	36	2	25	20	15	65	11	242	4.29	1.12	30	0.199	0.120	-	6	1.770	0.65	0.738	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C16	10	14.65	18	2	25	20	15	65	11	247	4.29	1.12	17	0.199	0.119	0.182	6	1.770	0.65	0.733	0.321	1.98	FS≥1,25
RG4	PNL371C06	10	15.15	52	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	41	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C15	10	17.15	22	2	25	20	15	65	11	272	4.29	1.12	19	0.199	0.113	0.205	6	1.770	0.65	0.708	0.364	2.28	FS≥1,25



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 127 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG4	PNL371C16	10	17.45	17	2	25	20	15	65	11	275	4.29	1.12	16	0.199	0.112	0.167	6	1.770	0.65	0.705	0.296	1.86	FS≥1,25
RG4	PNL371C16	10	23.80	40	2	25	20	15	65	11	338	4.29	1.12	29	0.199	0.101	0.390	6	1.770	0.65	0.656	0.691	4.48	FS≥1,25
RG4	BH32	10	3.15	59	3	65	20	21	-	13	63	5.00	1.20	94	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG4	BH31	10	3.30	29	3	65	20	21	-	13	66	5.00	1.20	48	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG4	BH34	10	3.35	54	3	65	20	21	-	13	67	5.00	1.20	84	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG4	BH29	10	3.85	29	3	65	20	21	-	13	77	5.00	1.20	45	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG4	PNL371D18	10	5.15	30	3	65	20	21	-	13	103	5.00	1.20	40	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG4	BH34	10	7.10	100	3	65	20	21	-	13	142	5.00	1.20	100	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG4	BH29	10	7.15	40	3	65	20	21	-	13	143	5.00	1.20	45	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG4	BH34	10	9.00	100	3	65	20	21	-	13	180	5.00	1.20	94	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Nspt>30
RG4	BH31	10	9.85	29	3	65	20	21	-	13	197	5.00	1.20	30	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG4	PNL371C16	10	20.70	23	3	65	20	21	-	13	307	5.00	1.20	21	0.199	0.105	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG4	PNL371D18	10	10.05	18	CMV-c	75	20	25	-	19	201	5.00	1.20	20	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG4	BH32	10	10.15	39	CMV-c	75	20	25	-	19	202	5.00	1.20	38	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG4	PNL371B19	10	12.15	35	CMV-c	75	20	25	-	19	222	5.00	1.20	33	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG4	PNL371D18	10	13.65	18	CMV-c	75	20	25	-	19	237	5.00	1.20	19	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG4	PNL371B19	10	15.15	31	CMV-c	75	20	25	-	19	252	5.00	1.20	28	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG4	PNL371P17	10	15.15	21	CMV-c	75	20	25	-	19	252	5.00	1.20	21	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG4	BH34	10	18.15	30	CMV-c	75	20	25	-	19	282	5.00	1.20	26	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG4	PNL371P17	10	18.40	70	CMV-c	75	20	25	-	19	284	5.00	1.20	55	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG4	PNL371B19	10	21.15	28	CMV-c	75	20	25	-	19	312	5.00	1.20	24	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG4	BH34	10	21.85	36	CMV-c	75	20	25	-	19	319	5.00	1.20	29	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG4	PNL371C14	10	14.95	50	CMV-i	35	20	16	75	16	250	5.00	1.20	43	0.199	0.118	-	6	1.770	0.60	0.697	-	ok	Nspt>30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 128 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG4	BH31	10	15.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	250	5.00	1.20	81	0.199	0.118	-	6	1.770	0.60	0.697	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH29	10	15.15	78	CMV-i	35	20	16	75	16	252	5.00	1.20	64	0.199	0.118	-	6	1.770	0.60	0.695	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371D18	10	16.65	65	CMV-i	35	20	16	75	16	267	5.00	1.20	53	0.199	0.114	-	6	1.770	0.60	0.679	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371B19	10	18.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	280	5.00	1.20	77	0.199	0.111	-	6	1.770	0.60	0.666	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH29	10	18.15	65	CMV-i	35	20	16	75	16	282	5.00	1.20	51	0.199	0.111	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C06	10	18.15	47	CMV-i	35	20	16	75	16	282	5.00	1.20	39	0.199	0.111	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C14	10	18.15	64	CMV-i	35	20	16	75	16	282	5.00	1.20	51	0.199	0.111	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C06	10	21.15	39	CMV-i	35	20	16	75	16	312	5.00	1.20	32	0.199	0.105	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371C14	10	21.45	69	CMV-i	35	20	16	75	16	315	5.00	1.20	52	0.199	0.104	-	6	1.770	0.60	0.636	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371P17	10	21.50	100	CMV-i	35	20	16	75	16	315	5.00	1.20	73	0.199	0.104	-	6	1.770	0.60	0.635	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH36	10	21.70	100	CMV-i	35	20	16	75	16	317	5.00	1.20	72	0.199	0.104	-	6	1.770	0.60	0.634	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH31	10	23.15	37	CMV-i	35	20	16	75	16	332	5.00	1.20	29	0.199	0.102	-	6	1.770	0.60	0.622	-	ok	Consistenza
RG4	PNL371C06	10	23.95	57	CMV-i	35	20	16	75	16	340	5.00	1.20	42	0.199	0.101	-	6	1.770	0.60	0.616	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH36	10	24.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	340	5.00	1.20	70	0.199	0.101	-	6	1.770	0.60	0.616	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371B19	10	24.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	340	5.00	1.20	70	0.199	0.101	-	6	1.770	0.60	0.616	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH34	10	24.15	38	CMV-i	35	20	16	75	16	342	5.00	1.20	30	0.199	0.101	-	6	1.770	0.60	0.615	-	ok	Consistenza
RG4	PNL371C14	10	24.65	37	CMV-i	35	20	16	75	16	347	5.00	1.20	29	0.199	0.100	-	6	1.770	0.60	0.611	-	ok	Consistenza
RG4	BH36	10	27.10	100	CMV-i	35	20	16	75	16	371	5.00	1.20	67	0.199	0.099	-	6	1.770	0.60	0.595	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371B19	10	27.15	17	CMV-i	35	20	16	75	16	372	5.00	1.20	16	0.199	0.099	-	6	1.770	0.60	0.595	-	ok	Consistenza
RG4	BH34	10	27.25	52	CMV-i	35	20	16	75	16	373	5.00	1.20	37	0.199	0.099	-	6	1.770	0.60	0.594	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH31	10	28.05	47	CMV-i	35	20	16	75	16	381	5.00	1.20	34	0.199	0.098	-	6	1.770	0.60	0.589	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O13	10	5.15	52	2	25	20	15	65	11	103	4.29	1.12	61	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.994	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O13	10	9.15	46	2	25	20	15	65	11	183	4.29	1.12	42	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.813	-	ok	N <sub>spt</sub> >30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 129 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>l60cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG4	PNL371O13	10	12.15	39	2	25	20	15	65	11	222	4.29	1.12	34	0.199	0.121	-	6	1.770	0.65	0.760	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O13	10	15.15	58	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	45	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O13	10	21.15	40	2	25	20	15	65	11	312	4.29	1.12	30	0.199	0.105	0.440	6	1.770	0.65	0.675	0.778	5.02	FS≥1,25
RG4	BH38	10	3.15	34	2	25	20	15	65	11	63	4.29	1.12	52	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.181	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH44	10	3.15	30	2	25	20	15	65	11	63	4.29	1.12	46	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.181	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH46	10	3.15	28	2	25	20	15	65	11	63	4.29	1.12	44	0.199	-	-	6	1.770	0.65	1.181	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O20	10	5.95	19	2	25	20	15	65	11	119	4.29	1.12	24	0.199	-	0.268	6	1.770	0.65	0.945	0.475	ok	Sopra falda
RG4	BH46	10	6.00	100	2	25	20	15	65	11	120	4.29	1.12	100	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.942	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH38	10	6.15	17	2	25	20	15	65	11	123	4.29	1.12	21	0.199	-	0.233	6	1.770	0.65	0.934	0.413	ok	Sopra falda
RG4	BH42	10	6.15	32	2	25	20	15	65	11	123	4.29	1.12	36	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.934	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH43	10	6.15	57	2	25	20	15	65	11	123	4.29	1.12	62	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.934	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH44	10	6.15	43	2	25	20	15	65	11	123	4.29	1.12	48	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.934	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	6.15	51	2	25	20	15	65	11	123	4.29	1.12	56	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.934	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH44	10	9.00	100	2	25	20	15	65	11	180	4.29	1.12	87	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.818	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH46	10	9.00	100	2	25	20	15	65	11	180	4.29	1.12	87	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.818	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O20	10	9.10	100	2	25	20	15	65	11	182	4.29	1.12	87	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.815	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH42	10	9.15	38	2	25	20	15	65	11	183	4.29	1.12	36	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.813	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH43	10	9.15	51	2	25	20	15	65	11	183	4.29	1.12	46	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.813	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	9.15	43	2	25	20	15	65	11	183	4.29	1.12	40	0.199	-	-	6	1.770	0.65	0.813	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH42	10	12.00	100	2	25	20	15	65	11	220	4.29	1.12	79	0.199	0.121	-	6	1.770	0.65	0.762	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	12.00	100	2	25	20	15	65	11	220	4.29	1.12	79	0.199	0.121	-	6	1.770	0.65	0.762	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH43	10	12.15	39	2	25	20	15	65	11	222	4.29	1.12	34	0.199	0.121	-	6	1.770	0.65	0.760	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH44	10	12.15	4	2	25	20	15	65	11	222	4.29	1.12	7	0.199	0.121	0.090	6	1.770	0.65	0.760	0.159	1.00	FS<1,25



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 130 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG4	BH46	10	12.15	49	2	25	20	15	65	11	222	4.29	1.12	41	0.199	0.121	-	6	1.770	0.65	0.760	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH42	10	15.15	61	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	47	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH44	10	15.15	47	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	37	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH46	10	15.15	46	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	37	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	15.15	42	2	25	20	15	65	11	252	4.29	1.12	34	0.199	0.118	-	6	1.770	0.65	0.727	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH44	10	18.15	24	2	25	20	15	65	11	282	4.29	1.12	20	0.199	0.111	0.218	6	1.770	0.65	0.699	0.387	2.44	FS≥1,25
RG4	BH46	10	18.15	54	2	25	20	15	65	11	282	4.29	1.12	40	0.199	0.111	-	6	1.770	0.65	0.699	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	18.15	31	2	25	20	15	65	11	282	4.29	1.12	25	0.199	0.111	0.290	6	1.770	0.65	0.699	0.513	3.24	FS≥1,25
RG4	BH45	10	1.65	9	3	65	20	21	-	13	33	5.00	1.20	24	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG4	BH42	10	3.15	11	3	65	20	21	-	13	63	5.00	1.20	22	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG4	BH43	10	3.15	1	3	65	20	21	-	13	63	5.00	1.20	7	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG4	BH45	10	4.65	8	3	65	20	21	-	13	93	5.00	1.20	15	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG4	BH45	10	7.65	11	3	65	20	21	-	13	153	5.00	1.20	16	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG4	PNL371O21	10	7.45	29	CMV-c	75	20	25	-	19	149	5.00	1.20	34	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH38	10	9.15	52	CMV-c	75	20	25	-	19	183	5.00	1.20	51	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O21	10	9.75	28	CMV-c	75	20	25	-	19	195	5.00	1.20	29	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG4	BH38	10	15.25	31	CMV-c	75	20	25	-	19	253	5.00	1.20	28	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG4	PNL371O21	10	16.65	53	CMV-c	75	20	25	-	19	267	5.00	1.20	44	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH38	10	17.95	33	CMV-c	75	20	25	-	19	280	5.00	1.20	29	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG4	BH45	10	10.50	100	CMV-i	35	20	16	75	16	205	5.00	1.20	89	0.199	0.119	-	6	1.770	0.60	0.754	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH38	10	12.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	220	5.00	1.20	86	0.199	0.121	-	6	1.770	0.60	0.733	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH45	10	15.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	250	5.00	1.20	81	0.199	0.118	-	6	1.770	0.60	0.697	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH43	10	15.15	67	CMV-i	35	20	16	75	16	252	5.00	1.20	56	0.199	0.118	-	6	1.770	0.60	0.695	-	ok	N <sub>spt</sub> >30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA**

**TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 131 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG4	BH42	10	18.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	280	5.00	1.20	77	0.199	0.111	-	6	1.770	0.60	0.666	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH43	10	18.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	280	5.00	1.20	77	0.199	0.111	-	6	1.770	0.60	0.666	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH45	10	18.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	280	5.00	1.20	77	0.199	0.111	-	6	1.770	0.60	0.666	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH44	10	21.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	310	5.00	1.20	73	0.199	0.105	-	6	1.770	0.60	0.639	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH46	10	21.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	310	5.00	1.20	73	0.199	0.105	-	6	1.770	0.60	0.639	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	21.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	310	5.00	1.20	73	0.199	0.105	-	6	1.770	0.60	0.639	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH38	10	21.10	100	CMV-i	35	20	16	75	16	311	5.00	1.20	73	0.199	0.105	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH42	10	21.15	51	CMV-i	35	20	16	75	16	312	5.00	1.20	40	0.199	0.105	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH43	10	21.15	63	CMV-i	35	20	16	75	16	312	5.00	1.20	48	0.199	0.105	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O21	10	21.65	43	CMV-i	35	20	16	75	16	317	5.00	1.20	34	0.199	0.104	-	6	1.770	0.60	0.634	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH42	10	24.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	340	5.00	1.20	70	0.199	0.101	-	6	1.770	0.60	0.616	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	24.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	340	5.00	1.20	70	0.199	0.101	-	6	1.770	0.60	0.616	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH44	10	24.15	57	CMV-i	35	20	16	75	16	342	5.00	1.20	42	0.199	0.101	-	6	1.770	0.60	0.615	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	27.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	370	5.00	1.20	67	0.199	0.099	-	6	1.770	0.60	0.596	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH42	10	27.15	44	CMV-i	35	20	16	75	16	372	5.00	1.20	32	0.199	0.099	-	6	1.770	0.60	0.595	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH44	10	27.15	39	CMV-i	35	20	16	75	16	372	5.00	1.20	29	0.199	0.099	-	6	1.770	0.60	0.595	-	ok	Consistenza
RG4	BH42	10	30.15	42	CMV-i	35	20	16	75	16	402	5.00	1.20	30	0.199	0.097	-	6	1.770	0.60	0.576	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	30.15	51	CMV-i	35	20	16	75	16	402	5.00	1.20	36	0.199	0.097	-	6	1.770	0.60	0.576	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	33.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	430	5.00	1.20	63	0.199	0.099	-	6	1.770	0.60	0.561	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	BH42	10	33.15	45	CMV-i	35	20	16	75	16	432	5.00	1.20	31	0.199	0.099	-	6	1.770	0.60	0.560	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371V22	10	36.00	100	CMV-i	35	20	16	75	16	460	5.00	1.20	61	0.199	0.101	-	6	1.770	0.60	0.546	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O20	10	15.15	47	ORV	98	20	-	-	21	252	5.00	1.20	41	0.199	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG4	PNL371O13	10	18.15	27	3	65	20	21	-	13	282	5.00	1.20	24	0.199	0.111	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 132 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG5	SAF21-OC27-A10	9.3	1.5	16	2	25	20	9	75	9	30	4.29	1.12	37	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.627	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC27-A10	9.3	4.5	28	2	25	20	9	75	9	90	4.29	1.12	37	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.048	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC27-A10	9.3	7.5	66	2	25	20	9	75	9	150	4.29	1.12	64	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.855	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC27-A10	9.3	10.5	22	2	25	20	9	75	9	198	4.29	1.12	22	0.271	0.167	0.238	6	1.770	0.60	0.765	0.421	1.93	FS≥1,25
RG5	SAF21-OC27-A10	9.3	13.5	28	2	25	20	9	75	9	228	4.29	1.12	25	0.271	0.169	0.291	6	1.770	0.60	0.723	0.515	2.20	FS≥1,25
RG5	SAF21-OC27-A10	9.3	16.5	36	2	25	20	9	75	9	258	4.29	1.12	29	0.271	0.161	0.424	6	1.770	0.60	0.688	0.751	3.22	FS≥1,25
RG5	SAF21-OC27-A10	9.3	19.5	36	2	25	20	9	75	9	288	4.29	1.12	28	0.271	0.150	0.368	6	1.770	0.60	0.658	0.650	2.85	FS≥1,25
RG5	SAF21-OC28	30	1.5	33	3	70	19.5	19	-	7	29	5.00	1.20	78	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC28	30	2.5	39	3	70	19.5	19	-	7	49	5.00	1.20	72	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC24	30	1.3	59	2	25	20	9	75	9	26	4.29	1.12	100	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.723	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC24	30	3.4	57	3	70	19.5	19	-	7	66	5.00	1.20	89	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC25	30	1.3	40	2	25	20	9	75	9	26	4.29	1.12	92	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.723	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC25	30	2.9	40	2	25	20	9	75	9	58	4.29	1.12	63	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.250	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC34	30	1.2	33	2	25	20	9	75	9	24	4.29	1.12	79	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.779	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC34	30	2.9	37	2	25	20	9	75	9	58	4.29	1.12	58	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.250	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC41	30	1.3	38	2	25	20	9	75	9	26	4.29	1.12	87	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.723	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC41	30	4.3	42	3	70	19.5	19	-	7	84	5.00	1.20	60	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC41	30	7.3	64	2	25	20	9	75	9	146	4.29	1.12	63	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.864	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH55	10	3.15	13	2	25	20	9	75	9	63	4.29	1.12	23	0.271	-	0.250	6	1.770	0.60	1.209	0.443	ok	Sopra falda
RG5	BH54	10	3.15	33	2	25	20	9	75	9	63	4.29	1.12	51	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.209	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH53	10	5.55	89	2	25	20	9	75	9	111	4.29	1.12	98	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.964	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH54	10	6.15	59	2	25	20	9	75	9	123	4.29	1.12	64	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.925	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH55	10	6.15	27	2	25	20	9	75	9	123	4.29	1.12	31	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.925	-	ok	N <sub>spt</sub> >30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 133 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ' <sub>v</sub> [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>mas</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG5	BH57	10	6.65	36	2	25	20	9	75	9	133	4.29	1.12	39	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.897	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH54	10	9.15	61	2	25	20	9	75	9	183	4.29	1.12	55	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.789	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH55	10	9.15	100	2	25	20	9	75	9	183	4.29	1.12	87	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.789	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH57	10	10.65	46	2	25	20	9	75	9	207	4.29	1.12	40	0.271	0.162	-	6	1.770	0.60	0.752	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH53	10	11.00	100	2	25	20	9	75	9	210	4.29	1.12	81	0.271	0.163	-	6	1.770	0.60	0.747	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH55	10	11.15	100	2	25	20	9	75	9	212	4.29	1.12	81	0.271	0.164	-	6	1.770	0.60	0.745	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH52	10	12.15	100	2	25	20	9	75	9	222	4.29	1.12	79	0.271	0.165	-	6	1.770	0.60	0.731	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH54	10	12.15	51	2	25	20	9	75	9	222	4.29	1.12	42	0.271	0.165	-	6	1.770	0.60	0.731	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH56	10	12.15	100	2	25	20	9	75	9	222	4.29	1.12	79	0.271	0.165	-	6	1.770	0.60	0.731	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH58	10	14.15	100	2	25	20	9	75	9	242	4.29	1.12	76	0.271	0.163	-	6	1.770	0.60	0.706	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH52	10	15.15	100	2	25	20	9	75	9	252	4.29	1.12	75	0.271	0.161	-	6	1.770	0.60	0.695	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH54	10	15.15	57	2	25	20	9	75	9	252	4.29	1.12	44	0.271	0.161	-	6	1.770	0.60	0.695	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH56	10	15.15	30	2	25	20	9	75	9	252	4.29	1.12	25	0.271	0.161	0.300	6	1.770	0.60	0.695	0.530	2.29	FS≥1,25
RG5	BH57	10	15.15	73	2	25	20	9	75	9	252	4.29	1.12	56	0.271	0.161	-	6	1.770	0.60	0.695	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH55	10	15.75	83	2	25	20	9	75	9	258	4.29	1.12	62	0.271	0.159	-	6	1.770	0.60	0.689	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH53	10	17.00	100	2	25	20	9	75	9	270	4.29	1.12	72	0.271	0.155	-	6	1.770	0.60	0.676	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH52	10	18.15	100	2	25	20	9	75	9	282	4.29	1.12	71	0.271	0.151	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH54	10	18.15	54	2	25	20	9	75	9	282	4.29	1.12	40	0.271	0.151	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH55	10	18.15	100	2	25	20	9	75	9	282	4.29	1.12	71	0.271	0.151	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH56	10	18.15	59	2	25	20	9	75	9	282	4.29	1.12	43	0.271	0.151	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH57	10	18.15	100	2	25	20	9	75	9	282	4.29	1.12	71	0.271	0.151	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH58	10	18.15	100	2	25	20	9	75	9	282	4.29	1.12	71	0.271	0.151	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH53	10	20.00	100	2	25	20	9	75	9	300	4.29	1.12	69	0.271	0.145	-	6	1.770	0.60	0.648	-	ok	N <sub>spt</sub> >30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 134 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>mas</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG5	BH54	10	21.15	57	2	25	20	9	75	9	312	4.29	1.12	40	0.271	0.143	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH55	10	21.15	70	2	25	20	9	75	9	312	4.29	1.12	49	0.271	0.143	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH56	10	21.15	100	2	25	20	9	75	9	312	4.29	1.12	67	0.271	0.143	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH57	10	21.15	72	2	25	20	9	75	9	312	4.29	1.12	50	0.271	0.143	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH58	10	21.15	74	2	25	20	9	75	9	312	4.29	1.12	51	0.271	0.143	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH54	10	24.00	100	2	25	20	9	75	9	340	4.29	1.12	65	0.271	0.138	-	6	1.770	0.60	0.616	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH55	10	24.15	100	2	25	20	9	75	9	342	4.29	1.12	65	0.271	0.137	-	6	1.770	0.60	0.615	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH56	10	24.15	100	2	25	20	9	75	9	342	4.29	1.12	65	0.271	0.137	-	6	1.770	0.60	0.615	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH57	10	24.15	64	2	25	20	9	75	9	342	4.29	1.12	43	0.271	0.137	-	6	1.770	0.60	0.615	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH58	10	24.15	100	2	25	20	9	75	9	342	4.29	1.12	65	0.271	0.137	-	6	1.770	0.60	0.615	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH52	10	24.75	69	2	25	20	9	75	9	348	4.29	1.12	46	0.271	0.137	-	6	1.770	0.60	0.611	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH56	10	27.15	73	2	25	20	9	75	9	372	4.29	1.12	47	0.271	0.134	-	6	1.770	0.60	0.595	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH50	10	1.85	28	3	70	19.5	19	-	7	36	5.00	1.20	61	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH57	10	2.95	14	3	70	19.5	19	-	7	58	5.00	1.20	27	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG5	BH50	10	3.65	29	3	70	19.5	19	-	7	71	5.00	1.20	46	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH50	10	5.00	100	3	70	19.5	19	-	7	98	5.00	1.20	100	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH56	10	6.15	14	3	70	19.5	19	-	7	120	5.00	1.20	20	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG5	BH58	10	6.15	25	3	70	19.5	19	-	7	120	5.00	1.20	32	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH51	10	6.35	28	3	70	19.5	19	-	7	124	5.00	1.20	35	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH50	10	6.90	100	3	70	19.5	19	-	7	135	5.00	1.20	100	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH51	10	7.85	60	3	70	19.5	19	-	7	153	5.00	1.20	63	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH53	10	8.15	68	3	70	19.5	19	-	7	159	5.00	1.20	70	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH50	10	8.40	100	3	70	19.5	19	-	7	164	5.00	1.20	99	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 135 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>mas</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG5	BH51	10	9.35	49	3	70	19.5	19	-	7	182	5.00	1.20	49	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH52	10	10.15	46	3	70	19.5	19	-	7	196	5.00	1.20	44	0.271	0.160	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH51	10	10.85	61	3	70	19.5	19	-	7	203	5.00	1.20	56	0.271	0.163	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH50	10	11.40	100	3	70	19.5	19	-	7	208	5.00	1.20	88	0.271	0.164	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH51	10	13.85	66	3	70	19.5	19	-	7	232	5.00	1.20	57	0.271	0.164	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH53	10	14.15	55	3	70	19.5	19	-	7	234	5.00	1.20	48	0.271	0.164	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH51	10	16.85	37	3	70	19.5	19	-	7	260	5.00	1.20	33	0.271	0.156	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH50	10	17.50	100	3	70	19.5	19	-	7	266	5.00	1.20	79	0.271	0.154	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCX	8	1.5	16	2	25	20	9	75	9	30	4.29	1.12	37	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.627	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCX	8	4.5	9	3	70	19.5	19	-	7	88	5.00	1.20	17	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG5	SAF21-OCX	8	7.5	41	3	70	19.5	19	-	7	146	5.00	1.20	46	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCX	8	10.5	45	2	25	20	9	75	9	185	4.29	1.12	41	0.271	0.179	-	6	1.770	0.60	0.786	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCX	8	13.5	100	2	25	20	9	75	9	215	4.29	1.12	80	0.271	0.180	-	6	1.770	0.60	0.740	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCX	8	16.5	100	2	25	20	9	75	9	245	4.29	1.12	76	0.271	0.169	-	6	1.770	0.60	0.702	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCX	8	19.5	100	2	25	20	9	75	9	275	4.29	1.12	72	0.271	0.157	-	6	1.770	0.60	0.671	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCX	8	22.5	100	2	25	20	9	75	9	305	4.29	1.12	68	0.271	0.149	-	6	1.770	0.60	0.643	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCY	9	1.5	45	2	25	20	9	75	9	30	4.29	1.12	96	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.627	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCY	9	5.5	100	2	25	20	9	75	9	110	4.29	1.12	100	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.968	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCY	9	9	100	2	25	20	9	75	9	180	4.29	1.12	87	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.795	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCY	9	12	100	2	25	20	9	75	9	210	4.29	1.12	81	0.271	0.173	-	6	1.770	0.60	0.747	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCY	9	15	100	2	25	20	9	75	9	240	4.29	1.12	76	0.271	0.168	-	6	1.770	0.60	0.708	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCY	9	18	100	2	25	20	9	75	9	270	4.29	1.12	72	0.271	0.157	-	6	1.770	0.60	0.676	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OCY	9	21	69	2	25	20	9	75	9	300	4.29	1.12	49	0.271	0.148	-	6	1.770	0.60	0.648	-	ok	N <sub>spt</sub> >30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 136 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>mas</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG5	SAF21-OC36	30	1.2	32	2	25	20	9	75	9	24	4.29	1.12	77	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.779	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	SAF21-OC36	30	2.8	36	2	25	20	9	75	9	56	4.29	1.12	58	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.268	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH65	10	3.15	25	2	25	20	9	75	9	63	4.29	1.12	39	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.209	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH62	10	3.15	47	2	25	20	9	75	9	63	4.29	1.12	70	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.209	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH63	10	3.15	34	2	25	20	9	75	9	63	4.29	1.12	52	0.271	-	-	6	1.770	0.60	1.209	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH63	10	6.15	37	2	25	20	9	75	9	123	4.29	1.12	41	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.925	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH64	10	6.15	78	2	25	20	9	75	9	123	4.29	1.12	83	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.925	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH65	10	6.15	71	2	25	20	9	75	9	123	4.29	1.12	76	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.925	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH66	10	6.15	32	2	25	20	9	75	9	123	4.29	1.12	36	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.925	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	PNL371V26	10	6.15	45	2	25	20	9	75	9	123	4.29	1.12	50	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.925	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH67	10	6.25	44	2	25	20	9	75	9	125	4.29	1.12	48	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.919	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH62	10	6.50	100	2	25	20	9	75	9	130	4.29	1.12	100	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.905	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	PNL371V26	10	9.00	100	2	25	20	9	75	9	180	4.29	1.12	87	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.795	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH63	10	9.15	56	2	25	20	9	75	9	183	4.29	1.12	50	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.789	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH64	10	9.15	33	2	25	20	9	75	9	183	4.29	1.12	31	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.789	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH66	10	9.15	37	2	25	20	9	75	9	183	4.29	1.12	35	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.789	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH62	10	9.25	55	2	25	20	9	75	9	185	4.29	1.12	49	0.271	-	-	6	1.770	0.60	0.786	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	CU1	10	10.15	19	2	25	20	9	75	9	202	4.29	1.12	19	0.271	0.160	0.206	6	1.770	0.60	0.760	0.364	1.73	FS≥1,25
RG5	PNL371V26	10	12.00	100	2	25	20	9	75	9	220	4.29	1.12	79	0.271	0.165	-	6	1.770	0.60	0.733	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH63	10	12.10	54	2	25	20	9	75	9	221	4.29	1.12	45	0.271	0.165	-	6	1.770	0.60	0.732	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH62	10	12.15	68	2	25	20	9	75	9	222	4.29	1.12	55	0.271	0.165	-	6	1.770	0.60	0.731	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH66	10	12.15	100	2	25	20	9	75	9	222	4.29	1.12	79	0.271	0.165	-	6	1.770	0.60	0.731	-	ok	N <sub>spt</sub> >30
RG5	BH67	10	12.15	24	2	25	20	9	75	9	222	4.29	1.12	22	0.271	0.165	0.246	6	1.770	0.60	0.731	0.435	1.93	FS≥1,25



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 137 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG5	BH67	10	14.15	32	2	25	20	9	75	9	242	4.29	1.12	27	0.271	0.163	0.345	6	1.770	0.60	0.706	0.611	2.65	FS≥1,25
RG5	BH62	10	15.15	37	2	25	20	9	75	9	252	4.29	1.12	30	0.271	0.161	-	6	1.770	0.60	0.695	-	ok	Nspt>30
RG5	BH63	10	15.15	52	2	25	20	9	75	9	252	4.29	1.12	41	0.271	0.161	-	6	1.770	0.60	0.695	-	ok	Nspt>30
RG5	PNL371V26	10	15.15	63	2	25	20	9	75	9	252	4.29	1.12	49	0.271	0.161	-	6	1.770	0.60	0.695	-	ok	Nspt>30
RG5	BH63	10	18.15	42	2	25	20	9	75	9	282	4.29	1.12	32	0.271	0.151	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	Nspt>30
RG5	BH67	10	18.15	100	2	25	20	9	75	9	282	4.29	1.12	71	0.271	0.151	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	Nspt>30
RG5	PNL371V26	10	18.15	79	2	25	20	9	75	9	282	4.29	1.12	57	0.271	0.151	-	6	1.770	0.60	0.664	-	ok	Nspt>30
RG5	PNL371V26	10	21.00	100	2	25	20	9	75	9	310	4.29	1.12	68	0.271	0.143	-	6	1.770	0.60	0.639	-	ok	Nspt>30
RG5	BH67	10	21.15	63	2	25	20	9	75	9	312	4.29	1.12	44	0.271	0.143	-	6	1.770	0.60	0.638	-	ok	Nspt>30
RG5	BH63	10	21.55	47	2	25	20	9	75	9	316	4.29	1.12	34	0.271	0.142	-	6	1.770	0.60	0.635	-	ok	Nspt>30
RG5	PNL371V26	10	24.00	100	2	25	20	9	75	9	340	4.29	1.12	65	0.271	0.138	-	6	1.770	0.60	0.616	-	ok	Nspt>30
RG5	BH67	10	24.15	34	2	25	20	9	75	9	342	4.29	1.12	25	0.271	0.137	0.288	6	1.770	0.60	0.615	0.510	2.28	FS≥1,25
RG5	BH67	10	26.25	74	2	25	20	9	75	9	363	4.29	1.12	48	0.271	0.135	-	6	1.770	0.60	0.601	-	ok	Nspt>30
RG5	PNL371V26	10	27.00	100	2	25	20	9	75	9	370	4.29	1.12	62	0.271	0.135	-	6	1.770	0.60	0.596	-	ok	Nspt>30
RG5	BH67	10	30.15	100	2	25	20	9	75	9	402	4.29	1.12	60	0.271	0.132	-	6	1.770	0.60	0.576	-	ok	Nspt>30
RG5	BH65	10	9.15	25	3	70	19.5	19	-	7	178	5.00	1.20	27	0.271	-	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG5	BH64	10	12.15	4	3	70	19.5	19	-	7	215	5.00	1.20	8	0.271	0.165	-	6	1.770	-	-	-	ok	Consistenza
RG6	CA1	10	3.00	100	2	FALSO	20	9	75	9	60	5.00	1.20	100	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.233	-	*	Nspt>30
RG6	CA1	10	6.00	100	2	FALSO	20	9	75	9	120	5.00	1.20	100	0.235	-	-	6	1.770	0.60	0.934	-	*	Nspt>30
RG6	CA1	10	9.50	99	2	FALSO	20	9	75	9	190	5.00	1.20	91	0.235	-	-	6	1.770	0.60	0.778	-	*	Nspt>30
RG6	AL1	10	1.65	47	2	FALSO	20	9	75	9	33	5.00	1.20	100	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.566	-	*	Nspt>30
RG6	AL1	10	4.15	100	2	FALSO	20	9	75	9	83	5.00	1.20	100	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.083	-	*	Nspt>30
RG6	AL2	10	1.75	76	2	FALSO	20	9	75	9	35	5.00	1.20	100	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.530	-	*	Nspt>30



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA**

**TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 138 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ' <sub>v</sub> [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG6	AL2	10	3.25	71	2	FALSO	20	9	75	9	65	5.00	1.20	100	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.194	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL3	10	1.40	11	2	FALSO	20	9	75	9	28	5.00	1.20	30	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.673	-	*	Consistenza
RG6	AL3	10	3.00	7	2	FALSO	20	9	75	9	60	5.00	1.20	16	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.233	-	*	Consistenza
RG6	AL3	10	10.60	28	2	FALSO	20	9	75	9	206	5.00	1.20	28	0.235	-	-	6	1.770	0.60	0.753	-	*	Consistenza
RG6	AL4	10	2.90	3	2	FALSO	20	9	75	9	58	5.00	1.20	10	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.250	-	*	Consistenza
RG6	AL5	10	2.00	49	2	FALSO	20	9	75	9	40	5.00	1.20	98	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.450	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL7	10	2.40	17	2	FALSO	20	9	75	9	48	5.00	1.20	34	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.348	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL9	10	1.90	33	2	FALSO	20	9	75	9	38	5.00	1.20	69	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.480	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL9	10	4.00	23	2	FALSO	20	9	75	9	80	5.00	1.20	36	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.099	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL10	10	4.00	36	2	FALSO	20	9	75	9	80	5.00	1.20	53	0.235	-	-	6	1.770	0.60	1.099	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL3	10	7.10	27	3	FALSO	19.5	19	-	7	138	5.00	1.20	33	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL4	10	6.00	45	3	FALSO	19.5	19	-	7	117	5.00	1.20	55	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL4	10	9.00	41	3	FALSO	19.5	19	-	7	176	5.00	1.20	42	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL5	10	4.00	21	3	FALSO	19.5	19	-	7	78	5.00	1.20	34	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL5	10	6.00	32	3	FALSO	19.5	19	-	7	117	5.00	1.20	41	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL5	10	8.20	28	3	FALSO	19.5	19	-	7	160	5.00	1.20	32	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL5	10	10.90	19	3	FALSO	19.5	19	-	7	204	5.00	1.20	21	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG6	AL7	10	5.00	14	3	FALSO	19.5	19	-	7	98	5.00	1.20	22	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG6	AL7	10	7.00	17	3	FALSO	19.5	19	-	7	137	5.00	1.20	22	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG6	AL7	10	8.20	21	3	FALSO	19.5	19	-	7	160	5.00	1.20	25	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG6	AL7	10	10.50	22	3	FALSO	19.5	19	-	7	200	5.00	1.20	24	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG6	AL8	10	2.20	18	3	FALSO	19.5	19	-	7	43	5.00	1.20	38	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG6	AL8	10	4.10	12	3	FALSO	19.5	19	-	7	80	5.00	1.20	21	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 139 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ' <sub>v</sub> [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>max</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG6	AL8	10	6.40	15	3	FALSO	19.5	19	-	7	125	5.00	1.20	21	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG6	AL10	10	1.90	4	3	FALSO	19.5	19	-	7	37	5.00	1.20	13	0.235	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG7	SAF21-A11	16	1.3	100	2	FALSO	20	9	75	9	26	5.00	1.20	100	0.289	-	-	6	1.770	0.60	1.723	-	*	Nspt>30
RG7	SAF21-A11	16	4.2	100	2	FALSO	20	9	75	9	84	5.00	1.20	100	0.289	-	-	6	1.770	0.60	1.078	-	*	Nspt>30
RG7	SAF21-OC37	30	1.8	100	2	FALSO	20	9	75	9	36	5.00	1.20	100	0.289	-	-	6	1.770	0.60	1.513	-	*	Nspt>30
RG7	SAF21-OC37	30	4.5	100	2	FALSO	20	9	75	9	90	5.00	1.20	100	0.289	-	-	6	1.770	0.60	1.048	-	*	Nspt>30
RG7	SAF21-OC38	30	1.5	42	3	FALSO	19.5	19	-	7	29	5.00	1.20	98	0.289	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG7	SAF21-OC38	30	2.8	37	3	FALSO	19.5	19	-	7	55	5.00	1.20	65	0.289	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG7	SAF21-OC39	30	1.3	55	2	FALSO	20	9	75	9	26	5.00	1.20	100	0.289	-	-	6	1.770	0.60	1.723	-	*	Nspt>30
RG7	SAF21-OC39	30	2.8	37	3	FALSO	19.5	19	-	7	55	5.00	1.20	65	0.289	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Nspt>30
RG7	SAF21-OC40	30	1.3	32	2	FALSO	20	9	75	9	26	5.00	1.20	80	0.289	-	-	6	1.770	0.60	1.723	-	*	Nspt>30
RG7	SAF21-OC40	30	2.8	37	2	FALSO	20	9	75	9	56	5.00	1.20	64	0.289	-	-	6	1.770	0.60	1.268	-	*	Nspt>30
RG7	PNL371V24	10	4.55	29	2	FALSO	20	9	75	9	91	5.00	1.20	41	0.289	-	-	6	1.770	0.60	1.044	-	*	Nspt>30
RG7	PNL371V24	10	7.75	60	2	FALSO	20	9	75	9	155	5.00	1.20	63	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.844	-	*	Nspt>30
RG7	PNL371V24	10	20.15	38	2	FALSO	20	9	75	9	302	5.00	1.20	31	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.646	-	*	Nspt>30
RG7	PNL371V24	10	23.05	100	2	FALSO	20	9	75	9	331	5.00	1.20	71	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.623	-	*	Nspt>30
RG7	PNL371V25	10	8.25	22	2	FALSO	20	9	75	9	165	5.00	1.20	26	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.823	-	*	Consistenza
RG7	PNL371V25	10	11.15	25	2	FALSO	20	9	75	9	212	5.00	1.20	26	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.745	-	*	Consistenza
RG7	PNL371V25	10	20.15	44	2	FALSO	20	9	75	9	302	5.00	1.20	35	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.646	-	*	Nspt>30
RG7	PNL371V25	10	23.15	64	2	FALSO	20	9	75	9	332	5.00	1.20	47	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.622	-	*	Nspt>30
RG7	PNL371V25	10	25.45	100	2	FALSO	20	9	75	9	355	5.00	1.20	69	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.606	-	*	Nspt>30
RG7	PNL371V25	10	28.15	64	2	FALSO	20	9	75	9	382	5.00	1.20	44	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.588	-	*	Nspt>30
RG7	PNL371V25	10	30.95	38	2	FALSO	20	9	75	9	410	5.00	1.20	28	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.572	-	*	Consistenza



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IV01 00 D26 RB GE 00 05 001 C 140 di 288

RG	ID BH	z <sub>w</sub> [m]	z [m]	N <sub>spt</sub>	Unità	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>a</sub> [%]	Dr [%]	IP [%]	σ'v [kPa]	α	β	N <sub>160cs</sub>	a <sub>mas</sub> /g	CSR	CRR <sub>7,5</sub>	M	MSF	f	k <sub>σ</sub>	CRR <sub>m</sub>	FS	Note
RG7	PNL371V25	10	34.15	100	2	FALSO	20	9	75	9	442	5.00	1.20	62	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.555	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG7	S49	10	12.25	18	2	FALSO	20	9	75	9	223	5.00	1.20	19	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.730	-	*	Consistenza
RG7	S49	10	18.25	24	2	FALSO	20	9	75	9	283	5.00	1.20	22	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.663	-	*	Consistenza
RG7	S49	10	21.15	19	2	FALSO	20	9	75	9	312	5.00	1.20	18	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.638	-	*	Consistenza
RG7	S49	10	25.65	22	2	FALSO	20	9	75	9	357	5.00	1.20	19	0.289	-	-	6	1.770	0.60	0.605	-	*	Consistenza
RG7	PNL371V24	10	11.15	4	3	FALSO	19.5	19	-	7	206	5.00	1.20	8	0.289	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG7	PNL371V24	10	13.95	17	3	FALSO	19.5	19	-	7	233	5.00	1.20	18	0.289	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG7	PNL371V24	10	17.15	36	3	FALSO	19.5	19	-	7	263	5.00	1.20	32	0.289	-	-	6	1.770	-	-	-	*	N <sub>spt</sub> >30
RG7	PNL371V25	10	14.15	5	3	FALSO	19.5	19	-	7	234	5.00	1.20	9	0.289	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG7	PNL371V25	10	17.15	8	3	FALSO	19.5	19	-	7	263	5.00	1.20	11	0.289	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza
RG7	S53	10	4.75	15	3	FALSO	19.5	19	-	7	93	5.00	1.20	24	0.289	-	-	6	1.770	-	-	-	*	Consistenza

**Tabella 113. Risultati delle analisi di liquefazione**

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>				
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>				
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO
	IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C 141 di 288

### 13 POTENZIALI CRITICITÀ

Nel presente capitolo vengono individuate le principali criticità individuate sulla base dei dati disponibili e delle elaborazioni condotte nel presente studio, per ognuna delle tratte all'aperto analizzate. È evidente che durante le fasi progettuali più avanzate sarà necessario verificare ed analizzare tali aspetti con maggiore dettaglio, al fine di chiarire con precisione le problematiche qui indicate.

In linea generale la tratta Finale Ligure - Andora della linea Genova - Ventimiglia si sviluppa in un contesto geologico - strutturale notevolmente complesso, ove la varietà di litotipi, associata ad una tettonica molto sviluppata, fa sì che il tracciato interferisca con compagini rocciose aventi caratteristiche geomeccaniche estremamente differenti e talvolta scadenti. Inoltre, non si esclude il rinvenimento di elementi tettonici legati a situazioni strutturali non evidenziabili sulla base delle indagini fino ad oggi effettuate.

I depositi di natura alluvionale, riscontrati nei bacini intervallivi, ove si sviluppano le tratte all'aperto, mostrano in generale forte eterogeneità, sia litologica, sia geometrica con forte presenza di elementi grossolani e trovanti litoidi di dimensioni anche decimetriche.

#### 13.1 Finale Ligure

Le potenziali criticità sono:

- cavità carsiche anche di notevoli dimensioni all'interno della Formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti; in corrispondenza del sondaggio BH1 Imprefond sono state riscontrate due cavità a profondità maggiori di 20 m, dello spessore medio di 4 m circa;
- coltri detritiche potenzialmente instabili all'imbocco della Galleria Caprazoppa;
- interferenze con infrastrutture esistenti nei pressi dell'imbocco della Galleria Caprazoppa.

#### 13.2 Borgio Verezzi

Le potenziali criticità sono:

- cavità carsiche anche di notevoli dimensioni all'interno della Formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti;
- coltri detritiche potenzialmente instabili all'imbocco della Galleria Monte Grosso.
- inversioni di velocità delle onde sismiche nei primi 10 m di profondità.

#### 13.3 Pietra Ligure

Le potenziali criticità sono:

- cavità carsiche anche di notevoli dimensioni all'interno della Formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti;
- coltri detritiche potenzialmente instabili allo sbocco della Galleria Monte Grosso;
- elementi lapidei di quarzite, anche di dimensioni decimetriche, all'interno dell'unità 2.

### 13.4 Borghetto Santo Spirito 1 e 2

Le potenziali criticità sono:

- il passaggio tra le Quarziti di Ponte Nava (PDN) e i depositi alluvionali costituiti prevalentemente da limo e argilla (unità 3) a circa 200 m dallo sbocco della galleria Castellari;
- la potenziale interazione tra le opere e la superficie freatica, valido anche per la galleria artificiale Pineland;
- cavità carsiche anche di notevoli dimensioni all'interno della Formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti all'imbocco della galleria Croce.

### 13.5 Ceriale 1, 2, 3

Le potenziali criticità sono:

- l'interazione delle opere con un ambiente densamente urbanizzato;
- la potenziale interazione tra le opere e la superficie freatica in corrispondenza della galleria Croce;
- la realizzazione della galleria Parei in ambiente urbanizzato con bassissime coperture.

### 13.6 Albenga 1, 2

Le potenziali criticità sono:

- l'interazione delle opere con un ambiente densamente urbanizzato;
- la realizzazione della gallerie Bastia 1 e Bastia 2 in ambiente urbanizzato con bassissime coperture.

### 13.7 Alassio

Le potenziali criticità sono:

- l'interazione delle opere con un ambiente densamente urbanizzato;
- l'esecuzione delle opere al di sotto della superficie freatica;
- importanti spessori di terreno di riporto in corrispondenza del Rio Barbona;
- depositi alluvionali per uno spessore massimo di 10 m circa in corrispondenza del Rio Caudi.



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA**

**TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	143 di 288

### 13.8 Andora

Le potenziali criticità sono:

- coltri detritiche potenzialmente instabili allo sbocco della galleria Alassio;
- depositi alluvionali per uno spessore massimo di 30 m circa in corrispondenza dell'asta del torrente Meriala.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA</b> <b>TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</b>					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D26 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. C	FOGLIO 144 di 288

## 14 CONCLUSIONI

Nell'ambito della progettazione definitiva per il potenziamento infrastrutturale previsto per la linea Genova - Ventimiglia per il raddoppio della tratta Finale Ligure - Andora, nella presente relazione sono stati esaminati gli aspetti di carattere geotecnico.

Lo studio ha compreso un'analisi critica dei risultati delle indagini svolte in sito ed in laboratorio, che ha costituito la base per la successiva caratterizzazione fisico-meccanica e sismica dei terreni di fondazione.

Un altro aspetto preso in esame ha riguardato la definizione dei rapporti tra le opere in progetto, i terreni e la falda.

Infine, sono state esaminate le potenziali criticità legate, essenzialmente, alla presenza di coltri detritiche potenzialmente instabili in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie.



**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA**

**TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	C	145 di 288

**APPENDICE**

TRATTA DI RIFERIMENTO	SOND.	CAMP.	prof.	Unità	C. FISICHE		COMPRESSIONE SEMPLICE										POINT Is(50)	TENORE CARBON.	TRAZIONE "BRASILIA" Rt		
					$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Rc [N/mm <sup>2</sup> ]	Et [N/mm <sup>2</sup> ]	Es (50%) [N/mm <sup>2</sup> ]	MOD DI YOUNG		Vp m/s	Vs m/s	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	$\mu$ [N/mm <sup>2</sup> ]				$\lambda$ [N/mm <sup>2</sup> ]	K [N/mm <sup>2</sup> ]
										CARICO Mpa	SCARICO Mpa										
n.	n.	m.																			
Albenga 2	BH65	C	29.80	ALN														6.40			
Albenga 2	BH67	C	36.85	ALN														0.58			
Albenga 2	BH67	D	39.75	ALN														0.04			
Ceriale 1	CR6	6	18.85	CMV	23.07	26.99					4307.00			35659				1.48	60.00	2.92	
Ceriale 1	PNL371O13	CAR1	32.15	CMV	24.55	26.58	27.28	23660	25494		4002.00	2279.10	32751	12996	0.260	14079	22744				
Ceriale 2	PNL371C06	CAR1	26.30	CMV	21.85	26.57	18.70	12058	13552		3081.00	1886.70	19034	7931	0.200	5287	10575				
Ceriale 2	PNL371C06	CAR2	29.35	CMV	21.15	26.50	15.47	7730	8184		2614.00	1509.20	12277	4911	0.250	4911	8184				
Ceriale 2	PNL371C15	CAR1	37.30	CMV	21.04	26.59	4.53	16440	13651		1822.10	1078.90	5298	2154	0.230	1835	3270				
Ceriale 2	PNL371C16	CAR1	26.20	CMV	21.74	26.53	8.08	5979	5211		4324.50	2591.00	35250	14447	0.220	11351	20982				
Ceriale 2	PNL371C16	CAR2	33.70	CMV	21.98	26.57	19.62	12123	12494		3187.40	3346.80	17214	6941	0.240	6407	11034				
Albenga 1	BH49?	A	26.20	CMV														2.36			
Albenga 1	BH49?	B	32.80	CMV														1.60			
Andora	CA10	1	15.85	ELM	26.84	27.19	168.10			48082	48097	5113.00		58472				2.24	77.00	7.05	
Andora	CA10	2	19.80	ELM	26.66		58.70			53446	53395	5248.00		61168				2.64		7.89	
Andora	CA10	3	26.85	ELM	26.79							4756.00		50505				2.55		10.56	
Andora	PNL371O23	CAR1	10.80	ELM	26.10		113.71														
Andora	PNL371O23	CAR3	23.25	ELM	25.88																
Andora	PNL371V24	CAR1	26.50	ELM	26.21		99.47														
Finale Ligure	BH1	A	5.50	SPM														4.00			
Finale Ligure	BH1	C	25.00	SPM	27.40		63.58	26882	23443		4258.00								77.00	7.05	
Alassio	CA01	2	13.05	TES	26.78	27.25					3426.00		26196					0.56	31.00	1.67	
Alassio	CA05	1	13.20	MOG	23.52													0.10			
Alassio	CA05	2	18.40	MOG	26.74													3.19			
Alassio	CA05	3	20.00	MOG	27.08						4896.00		54086					3.19	66.00	6.20	
Alassio	CA14	1	9.25	MOG	26.87	28.15					5244.00		61576					1.90		6.06	
Alassio	CA14	2	12.00	MOG	26.75						3554.00		28156					0.97	41.00	4.31	
Alassio	CA14	3	16.55	MOG	26.84						4211.00		39655					0.98		3.98	

Tabella 114. Quadro riassuntivo delle prove di laboratorio sui campioni di roccia

SONDAGGIO	Campione	prof. [m]	Unità	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Resistenza a compressione $\sigma_c$ [MPa]	Modulo di Young (scarico) E [MPa]	$V_p$ [m/s]	E [MPa]	$I_{s50}$ [MPa]
MM2	1	67,3	PDN	26,7	76,1	34964	4420	43535	3,9
MM2	2	72,1	PDN	26,4	92,7	47560	5097	57232	-
MM2	3	73,4	PDN	26,4	-	-	4286	40341	2,4
MM2	4	75,2	PDN	25,8	-	-	3103	20746	1,8
MM2	5	76,3	PDN	25,7	-	-	4356	40710	2,0
MM2	6	78,75	PDN	22,0	-	-	2079	7923	0,7
MM2	7	83	PDN	22,3	33,6	9267	1913	6801	1,0
MM2	8	88,5	PDN	23,0	33,7	9932	2273	9890	1,5
MM2	9	92,2	PDN	22,8	-	-	2649	13328	1,5
MM2	10	99	PDN	23,5	38,9	9602	2160	9123	1,4
CZ3	1	173,55	SPM	28,4	194	107007	6684	105775	5,2
CZ3	2	175	SPM	28,5	77,9	114825	6684	105936	2,5
CZ3	3	181	SPM	28	151	99578	6517	99227	4,4
CR2	2	32,4	SPM	27,2	20,3	36372	4759	51264	0,75
CR2	3	38	SPM	26,8	48	43575	4708	49484	0,85
CU1	3	17,2	ALN alt	27,1	-	-	2414	13150	2,6
CU1	4	23,17	ALN	27,3	-	-	2993	20379	2,6

Tabella 115. Risultati delle prove di laboratorio sui campioni di roccia (estratti dai certificati di laboratorio "Esecuzione di prove di laboratorio per la caratterizzazione dei terreni e delle rocce interessate dalla progettazione definitiva delle opere in galleria, novembre 2001 - marzo 2002")

Sondaggio	Nome campione	Prof. campione [m]	Unità	$w_N$ [%]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Granulometria			Limiti di Atterberg			TD	
								G (%)	S (%)	L+A (%)	$w_L$ [%]	$w_P$ [%]	PI [%]	$c' \text{ lab}$ [kPa]	$\phi' \text{ lab}$ [°]
BH1 Vicenzetto	1	12,20	2					53,00	24,00	23,00					
PLN371P01	CR1	6,30	3	29,20	26,63	18,72	14,49	0,00	5,10	94,90	58,00	30,00	28,00	4,44	23,2

Tabella 116. Borgio Verezzi - Quadro riassuntivo delle prove di laboratorio sui campioni di terreno

Sondaggio	Nome campione	Prof. campione [m]	Unità	w <sub>N</sub> [%]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>d</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>cd</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Granulometria			Limiti di Atterberg			Pocket Penetrometer [kPa]			TD		TX (CU)	
								G (%)	S (%)	L+A (%)	w <sub>L</sub> [%]	w <sub>P</sub> [%]	PI [%]	P.P. [kPa]	c <sub>u</sub> [kPa]	OCR <sub>P.P.</sub> [-]	c' lab [kPa]	φ' lab [°]	c' lab [kPa]	φ' lab [°]
BH6	A	8,80	2					38,49	28,15	33,36										
BH7	B	20,20	2					47,00	6,33	46,67										
BH7	A	8,80	2					28,00	43,00	27,98	20,58	14,52	6,06							
MG4	1	9,20	2					56,00	22,00	22,00										
MG4	3	15,20	2					39,00	26,00	35,00										
MG4	4	18,20	2					54,00	12,00	34,00										
PLN371V02	CR1	15,15	2		26,28			13,67	60,12	26,21										
PLN371V03	CR1	10,80	2					66,00	22,01	11,99										
PLN371V04	CR1	7,85	2					67,55	23,31	9,15										
PLN371V02	CR2	25,15	2		26,57			49,33	33,53	17,14	21,00	17,00	4,00							
PLN371V03	CR2	24,85	2		27,08			35,64	36,47	27,89	24,00									
PLN371V03	CR3	35,15	2		27,10			46,52	15,20	38,28	32,00	23,00	9,00							
PLN371V04	CR2	17,85	2		26,85			17,47	50,57	31,96	27,00	18,00	9,00							
PLN371V04	CR3	27,15	2		26,85			48,71	11,01	40,28	31,00	19,00	12,00							
PLN371V04	CR4	37,15	2		27,10			36,92	25,38	37,70	23,00	17,00	6,00							
BH6	B	14,50	3					13,43	18,42	68,15	27,32	11,25	16,07							
BH7	C	27,20	3					17,92	8,65	73,43	32,87	17,29	15,58							
MG4	2	12,20	3					32,00	17,00	51,00										
PLN371V02	CR3	36,15	3		26,66			2,41	10,77	86,82	43,00	29,00	14,00							
PLN371V03	CI1	20,00	3	21,70	26,97	20,50	16,85	0,00	32,82	67,18	28,00	23,00	5,00	50,0	25	0,5			40,00	27,80
BH6	C	16,85	3	22,14		21,20	17,40	0,16	22,07	77,77	32,16	14,15	18,01				2,28	23,76		
BH6	D	18,25	3					0,22	28,87	70,91	27,59	16,75	10,84							
BH7	1	17,00	3					31,00	31,50	37,40	31,48	18,28	13,20				0,23	23,38		

Tabella 117. Pietra Ligure - Quadro riassuntivo delle prove di laboratorio sui campioni di terreno

Sondaggio	Nome campione	Prof. campione [m]	Unità	Granulometria			Limiti di Atterberg			Pocket Penetrometer [kPa]			Vane Test		TD		TX		TxUU	PROVA EDOMETRICA							
				w <sub>N</sub> [%]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>d</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G (%)	S (%)	L+A (%)	w <sub>L</sub> [%]	w <sub>P</sub> [%]	PI [%]	P.P. [kPa]	c <sub>u</sub> [kPa]	OCR <sub>P.P.</sub> [-]	c <sub>u</sub> [kPa]	OCR <sub>V.T.</sub> [-]		c' lab [kPa]	φ' lab [°]	c' lab [kPa]	φ' lab [°]	Cu [kPa]	E <sub>ed</sub> [kPa]	M <sub>v</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	C <sub>v</sub> [cm <sup>2</sup> /s]
BH8	B	20,20	2					38,07	53,27	8,66																	
BH10	C	25,10	2					5,26	68,35	26,39	29,83	16,79	13,04						0,41	30,11							
BH11	A	2,60	2					44,65	27,25	28,10																	
BH15	2	5,00	2	7,71		18,50	17,20	0,95	76,15	22,90	23,08	13,89	9,19						0,32	32,77							
BC1	1	10,15	2					32,00	33,00	35,00																	
BC1	2	12,50	2					39,00	33,00	28,00																	
BC1	3	15,20	2					54,00	27,00	19,00																	
BC1	4	17,55	2					40,00	32,00	28,00																	
MA3	1	5,90	2					32,00	35,00	33,00																	
MA3	2	15,75	2					4,00	71,00	25,00																	
MA3	3	18,20	2					0,00	66,00	34,00																	
LO2	3	5,35	2					14,30	42,50	43,20	27,50	16,70	10,80														
LO4	3	12,15	2					18,40	71,40	10,20																	
PNL371R09	CR1	3,15	2		26,40			31,94	31,82	36,24	22,00	16,00	6,00														
PNL371P10	CR1	5,75	2					73,84	15,30	10,86																	
PNL371P11	CR1	8,20	2		26,85			22,00	29,66	48,34	24,00																
BH20	A	3,50	2					59,13	24,54	16,33																	
BH20	2	15,50	2	20,30		19,70	16,30	0,35	55,13	44,52	20,63	15,60	5,03							2,96	32,17						
BH20	3	18,30	2	22,06		20,50	16,80	0,45	57,98	41,57	22,62	15,66	6,96	202,5	101	3,5	30,0	0,8	0,49	30,45							
PNL371B08	CR1	3,85	3	21,00	26,70	20,90	17,26	2,93	26,23	70,84	32,00			150,0	75	16,9			8,60	30,30							
BH8	1	8,00	3	31,96		18,80	14,30	0,00	6,53	93,47	46,19	21,94	24,25	340,0	170	18,9	97,5	9,4		63,75	14,34						
BH8	C	28,00	3					7,84	11,76	80,40	20,55	13,60	6,95														
BH10	1	7,00	3	29,20		18,90	14,60	1,23	20,70	78,07	38,86	22,55	16,31	350,0	175	23,1	75,0	8,0		11,20	26,35						
BH10	A	13,13	3					0,00	8,47	91,53	40,88	21,58	19,30						0,48	25,11							
BH10	B	20,30	3					1,06	36,94	62,00	33,65	20,79	12,85						0,24	27,69							
BH12	B	13,00	3					0,04	21,25	78,71	30,16	17,60	12,56						0,41	26,20							
BH12	C	19,50	3	26,01		19,00	15,10	0,06	10,84	89,10	36,58	22,06	14,52						1,32	26,72							
BH13	A	2,50	3					2,17	31,98	65,85	28,47	15,06	13,41	340,0	170	80,8	50,0	17,5									
BH13	1	6,25	3	29,46		19,00	14,70	0,00	19,90	80,10	37,20	15,38	21,82	170,0	85	10,8	50,0	5,6						3,876E+03	2,580E-04	9,840E-03	2,490E-09
BH13	2	9,25	3	28,48		19,60	15,30	1,87	42,95	55,38	32,11	20,82	11,29	120,0	60	4,3	47,5	3,2					74,72				
BH15	1	3,15	3	17,28		19,70	16,80	0,30	41,70	58,00	41,01	22,80	18,21	600,0	300	123,2	65,0	18,2	1,63	30,40							











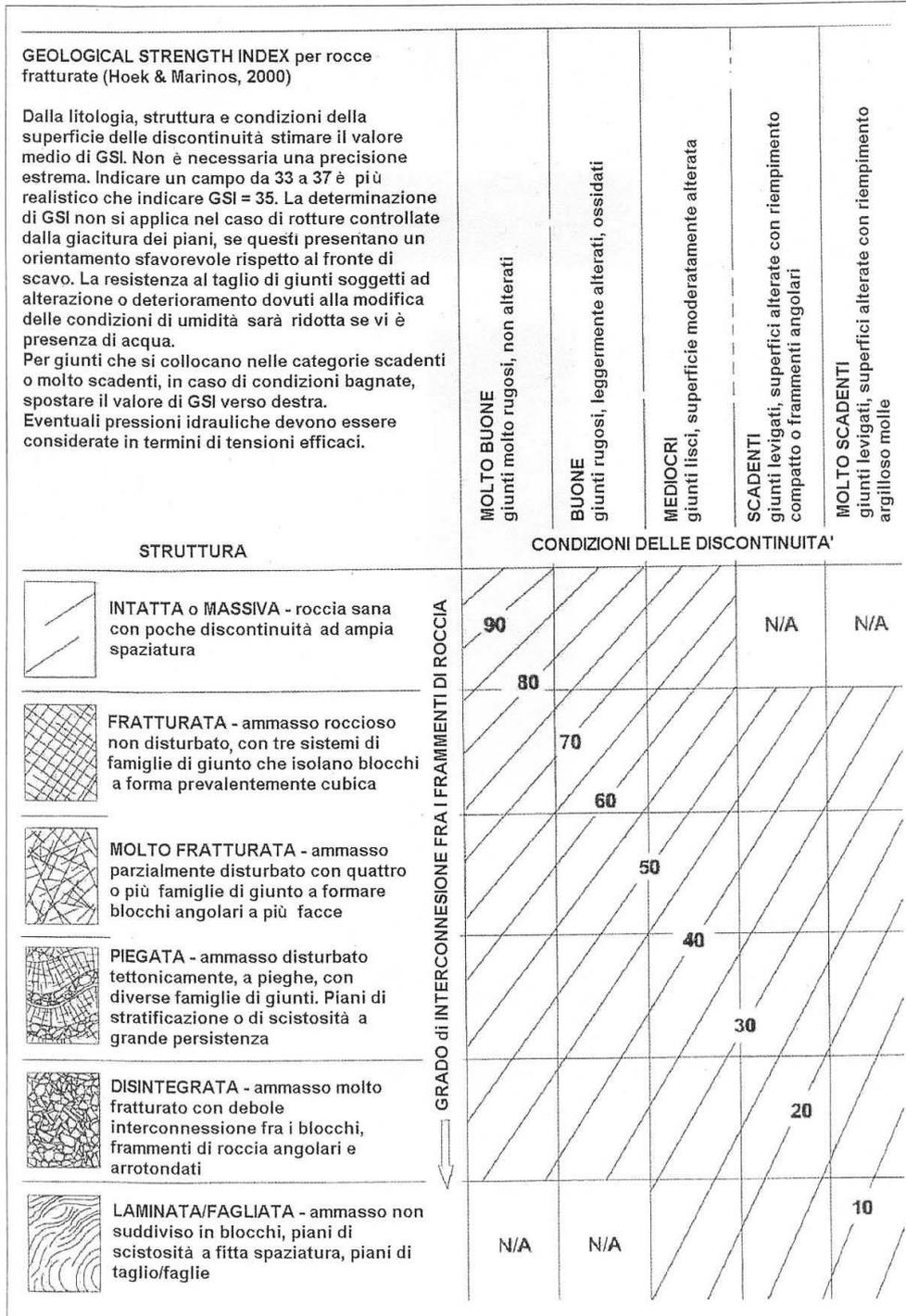


Sondaggio	Nome campione	Prof. campione [m]	Unità	Granulometria			Limiti di Atterberg			Pocket Penetrometer [kPa]			Vane Test		TD		PROVA EDOMETRICA								
				W <sub>N</sub> [%]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>d</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G (%)	S (%)	L+A (%)	w <sub>L</sub> [%]	w <sub>P</sub> [%]	PI [%]	P.P. [kPa]	c <sub>u</sub> [kPa]	OCR <sub>P.P.</sub> [-]	c <sub>u</sub> [kPa]	OCR <sub>V.T.</sub> [-]	c' lab [kPa]	φ' lab [°]	Eed [MPa]	Mv [kN/m <sup>2</sup> ]	Cv [cm <sup>2</sup> /s]	K [m/s]	C <sub>α</sub> [%]
BH52	3	19,80	ORV	29,65		19,70	15,20	0,380	25,510	74,110	31,46	23,30	8,16	40,0	20	0,4	22,5	0,5	4,40	26,30					
BH52	4	26,85	ORV	13,87				36,000	12,220	51,780	36,02	17,28	18,74	50,0	25	0,4	22,5	0,3	0,06	20,80					
BH53	2	26,30	ORV	25,67		21,00	16,80	0,000	0,410	99,590	37,11	22,23	14,88	>600	300	8,7	250,0	6,9	7,48	24,67					
PNL371V26	CR3	32,70	ORV	23,70	26,84	20,73	16,79	0,000	0,570	99,440	38,00	21,00	17,00	433,0	217	4,4			10,40	23,80					

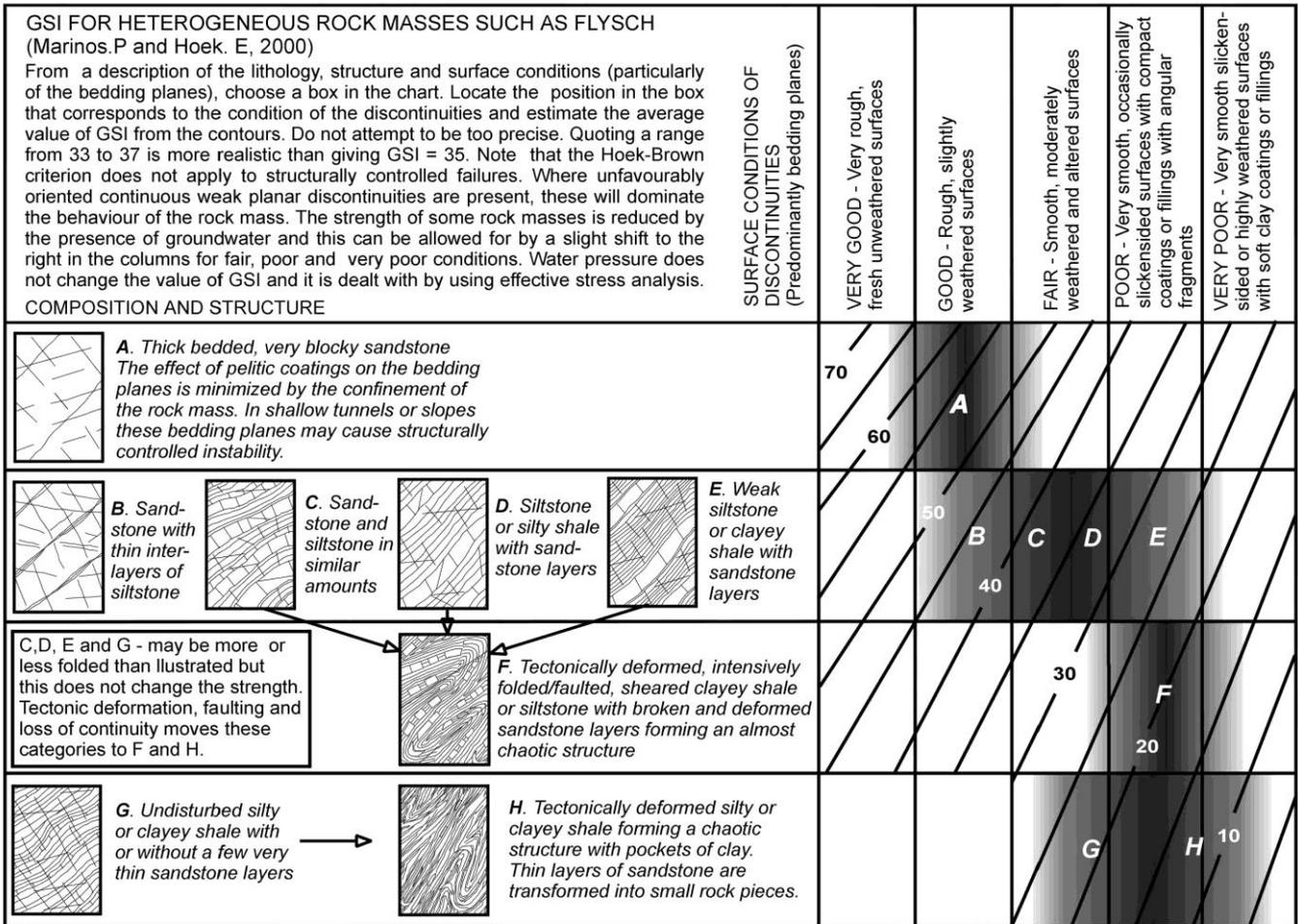
Tabella 120. Albenga 1 e 2 - Quadro riassuntivo delle prove di laboratorio sui campioni di terreno

Sondaggio	Nome campione	Prof. campione [m]	Unità	Granulometria				Limiti di Atterberg			Pocket Penetrometer [kPa]			TD		TX									
				W <sub>N</sub> [%]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>d</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	G (%)	S (%)	L+A (%)	w <sub>L</sub> [%]	w <sub>P</sub> [%]	PI [%]	P.P. [kPa]	c <sub>u</sub> [kPa]	OCR <sub>P.P.</sub> [-]	c' lab [kPa]	φ' lab [°]	c' lab [kPa]	φ' lab [°]					
PLN371V24	CR1	5,15	2					66,07	20,70	13,23															
PLN371V25	CR1	3,65	2					68,92	16,99	14,09															
PLN371V25	CR2	8,15	2		26,94			42,34	30,69	26,97	24,00	15,00	9,00												
PLN371V25	CR4	21,15	2					73,08	16,23	10,69															
PLN371V25	CR2	18,90	3		27,08			30,68	18,53	50,79	41,00	26,00	15,00												
PLN371V25	CR3	13,10	3		26,51			2,92	42,06	55,02	28,00	22,00	6,00												
PLN371V25	CI1	18,40	3	25,40	26,22	19,95	15,91	0,00	17,67	82,33	40,00	24,00	16,00	250,0	125,0	4,5	77,30	30,80							
PLN371V24	CI1	9,00	3	25,30	26,38	20,05	16,00	0,00	19,24	80,76	30,00	19,00	11,00	250,0	125,0	11,1	28,90	28,00							
PLN371V24	CI2	14,40	3	25,10	26,53	20,14	16,10	0,68	6,82	92,50	35,00	18,00	17,00	50,0	25,0	0,8					11,50	25,00			
PLN371V25	CI2	35,25	ORV	24,40	26,51	20,24	16,27	0,00	37,19	62,81	30,00	21,00	9,00	50,0	25,0	0,3					22,30	30,40			

Tabella 121. Andora - Quadro riassuntivo delle prove di laboratorio sui campioni di terreno



**Figura 7. GSI per ammassi rocciosi fratturati (Hoek & Marinos, 2000)**



→ : Means deformation after tectonic disturbance

**Figura 8. GSI per ammassi rocciosi eterogenei come i flysch**

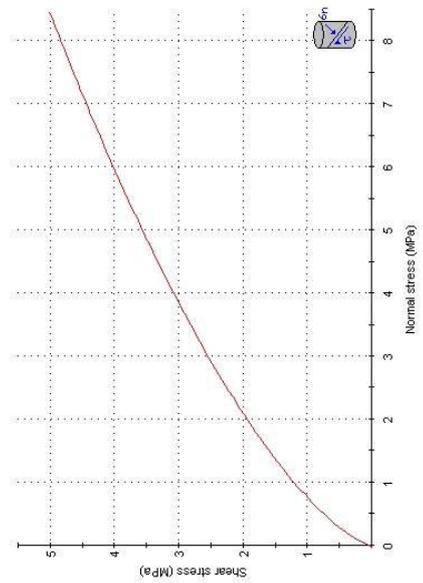
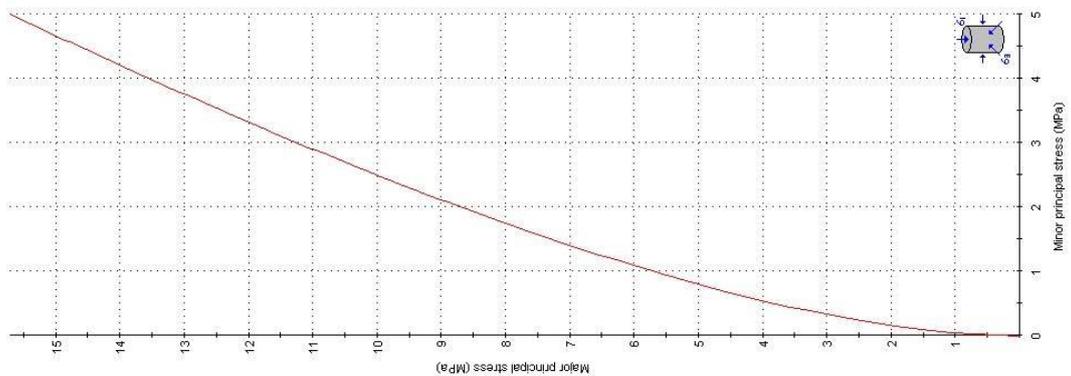
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 20 MPa  
 GSI = 40    mi = 10    Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E<sub>i</sub>) = 350 MPa  
 modulus ratio (MR) = 175

**Hoek-Brown Criterion**  
 mb = 1.173    s = 0.0013    a = 0.511

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 0.846 MPa    friction angle = 27.57 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.022 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.661 MPa  
 global strength = 2.794 MPa  
 deformation modulus = 558.78 MPa



**Figura 9. Involuppi di rottura unità ALN per GSI=40**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	160 di 288

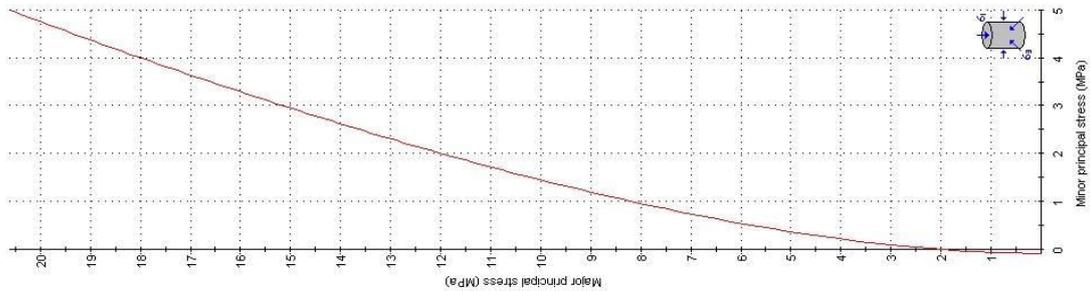
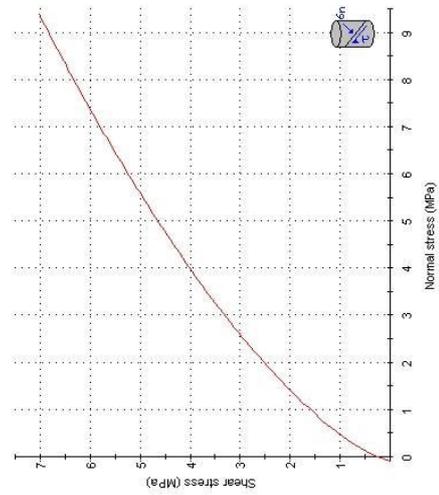
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 20 MPa  
 GSI = 60     $m_i$  = 10    Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 3500 MPa  
 modulus ratio (MR) = 1.75

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b$  = 2.397     $s$  = -0.0117     $a$  = 0.503

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 1.175 MPa    friction angle = 33.45 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.086 MPa  
 uniaxial compressive strength = 2.140 MPa  
 global strength = 4.367 MPa  
 deformation modulus = 1920.00 MPa



**Figura 10. Involuppi di rottura unità ALN per GSI=60**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV0I	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	161 di 288

**Analysis of Rock Strength using RocLab**

**Hoek-Brown Classification**

intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 10 MPa  
 GSI = 10     $m_i$  = 10    Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 10000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**

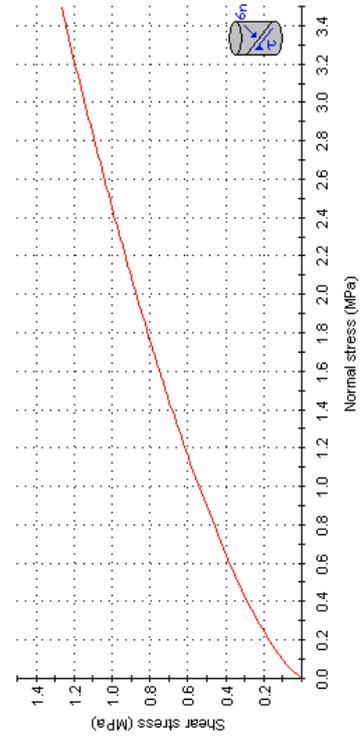
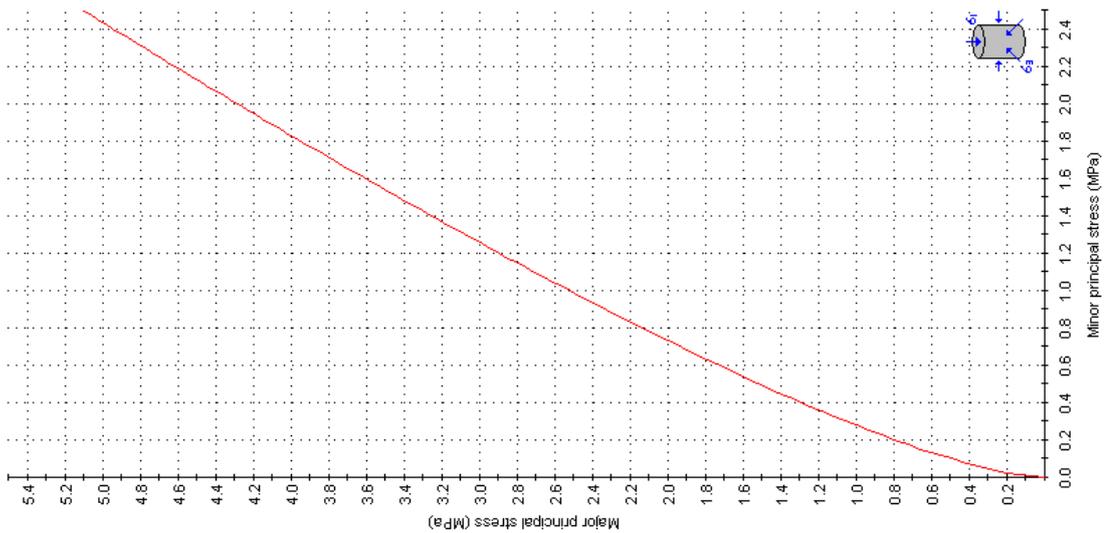
$m_b$  = 0.402     $s$  = 4.54e-5     $a$  = 0.585

**Mohr-Coulomb Fit**

cohesion = 0.192 MPa    friction angle = 17.98 deg

**Rock Mass Parameters**

tensile strength = -0.001 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.029 MPa  
 global strength = 0.528 MPa  
 deformation modulus = 305.04 MPa



**Figura 11. Involupi di rottura unità ALN alt per GSI=10**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV0I	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	162 di 288

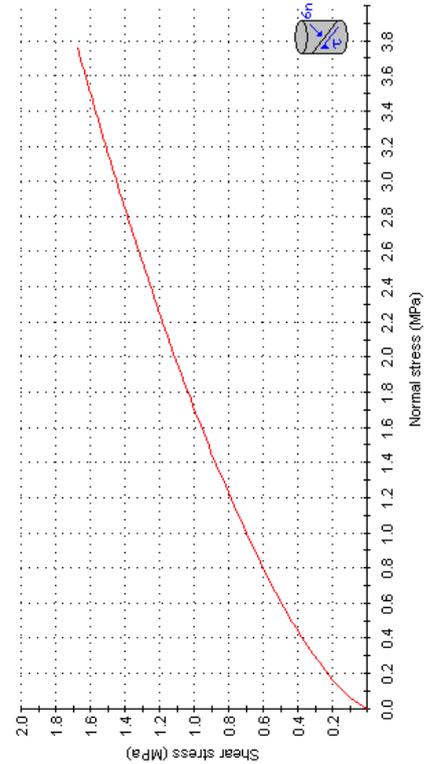
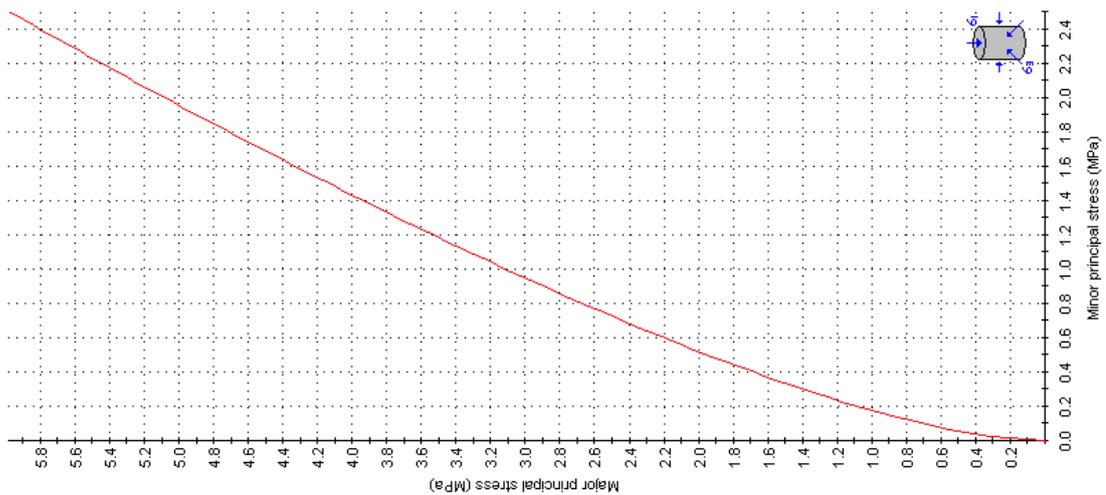
**Analysis of Rock Strength using RocLab**

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 10 MPa  
 GSI = 20     $m_i$  = 10    Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (Ei) = 10000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b$  = 0.574     $s$  = 0.0001     $a$  = 0.544

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 0.277 MPa    friction angle = 21.49 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.002 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.060 MPa  
 global strength = 0.812 MPa  
 deformation modulus = 456.72 MPa



**Figura 12. Involuppi di rottura unità ALN alt per GSI=20**

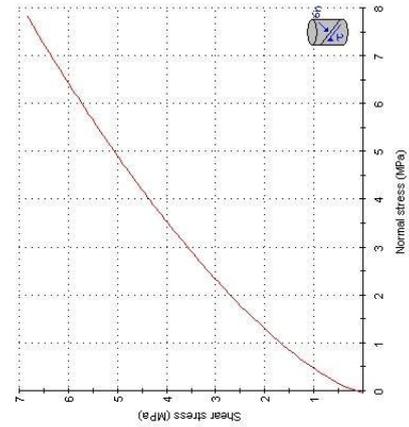
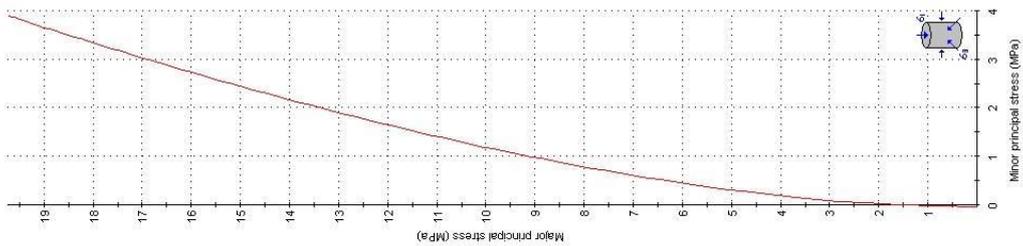
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 15.6 MPa  
 GSI = 60     $m_i$  = 17    Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 13000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b$  = 4.074     $s$  = 0.0117     $a$  = 0.503

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 1.054 MPa    friction angle = 38.09 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.045 MPa  
 initial compressive strength = 1.669 MPa  
 global strength = 4.331 MPa  
 deformation modulus = 6760.00 MPa



**Figura 13. Involuppi di rottura unità CMV per GSI=60**

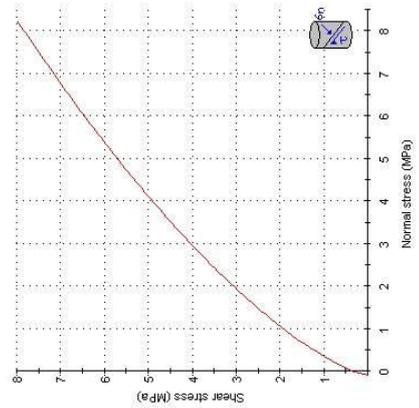
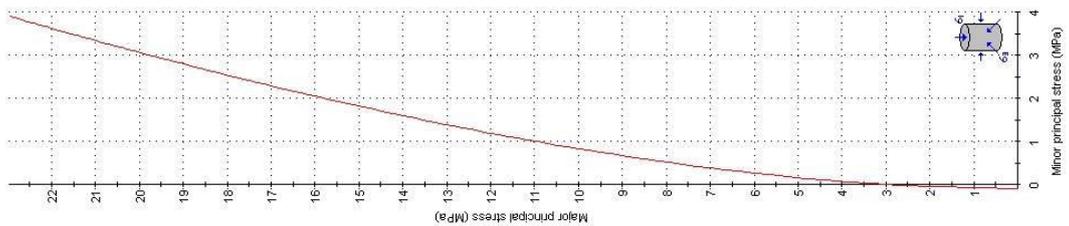
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 15.6 MPa  
 GSI = 70     $m_i$  = 17    Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 13000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b$  = 5.823     $s$  = 0.0357     $a$  = 0.501

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 1.236 MPa    friction angle = 41.03 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.096 MPa  
 uniaxial compressive strength = 2.933 MPa  
 global strength = 5.427 MPa  
 deformation modulus = 9526.50 MPa



**Figura 14. Involuppi di rottura unità CMV per GSI=70**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	165 di 288

Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 70 MPa  
 GSI = 25     $m_i$  = 8    Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 40000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b$  = 0.349     $s$  = 0.0002     $a$  = 0.531

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 2.027 MPa    friction angle = 21.35 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.031 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.8336 MPa  
 global strength = 5.937 MPa  
 deformation modulus = 2394.23 MPa

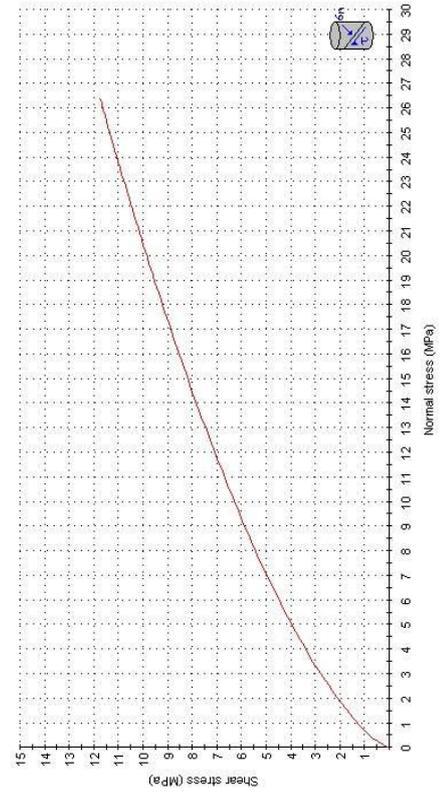
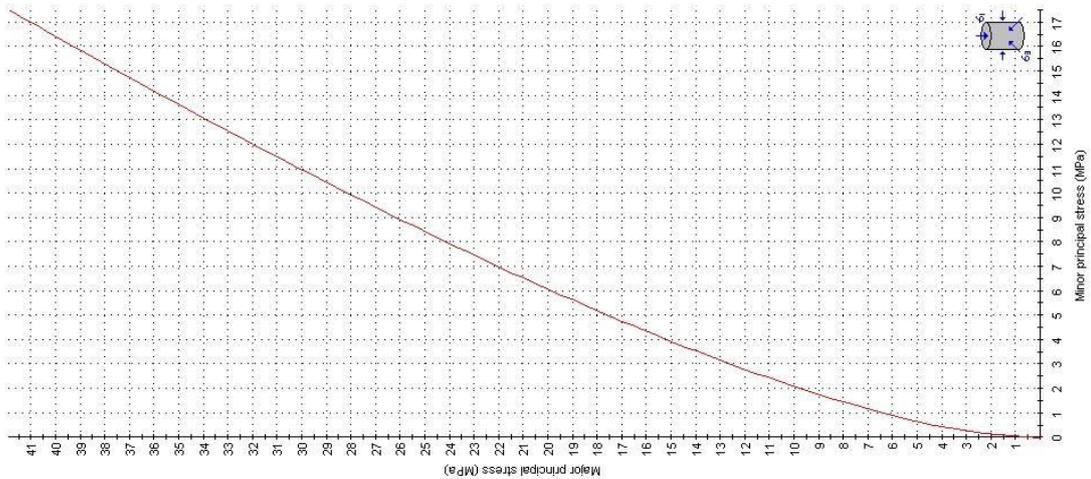


Figura 15. Involuppi di rottura unità ELM per GSI=25

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	166 di 288

Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 70 MPa  
 GSI = 35     $m_i = 8$     Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 40000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b = 0.785$      $s = 0.0007$      $a = 0.516$

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 2.510 MPa    friction angle = 24.30 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.065 MPa  
 uniaxial compressive strength = 1.686 MPa  
 global strength = 7.775 MPa  
 deformation modulus = 4536.28 MPa

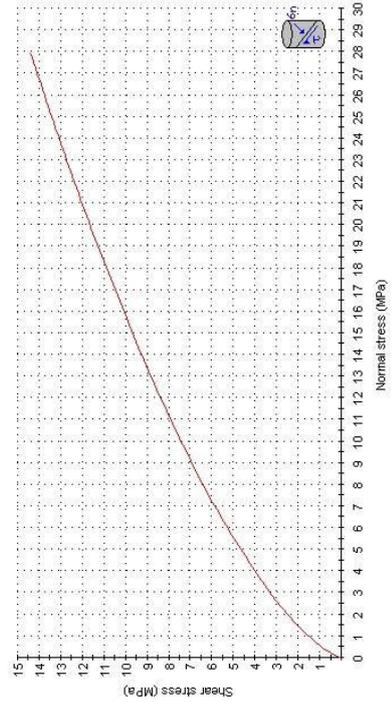
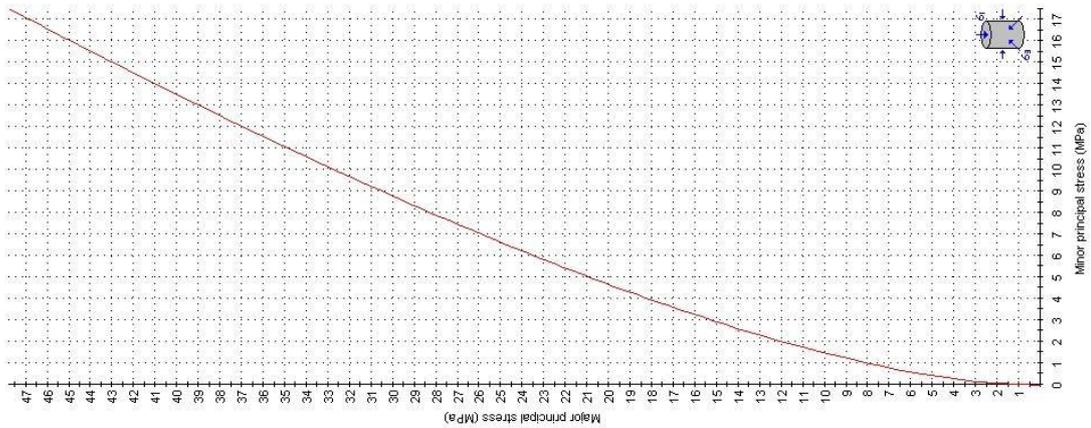


Figura 16. Involuppi di rottura unità ELM per GSI=35

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	167 di 288

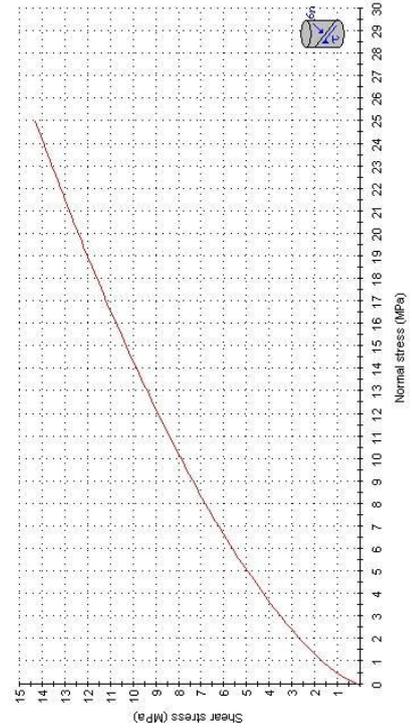
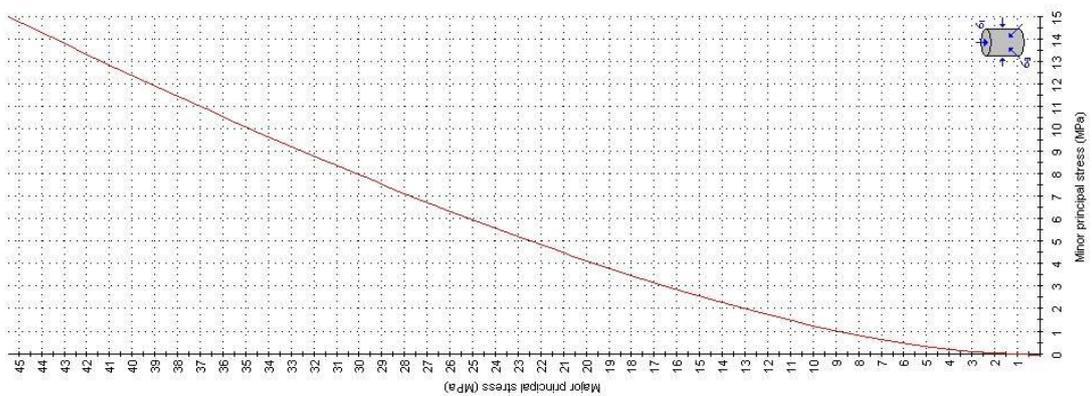
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 60 MPa  
 GSI = 40  
 $m = 0$  Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 30000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b = 1.056$   $s = 0.0013$   $a = 0.511$

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 2.452 MPa friction angle = 26.71 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.072 MPa  
 uniaxial compressive strength = 1.984 MPa  
 global strength = 7.955 MPa  
 deformation modulus = 4769.57 MPa



**Figura 17. Involuppi di rottura unit  SPM per GSI=40**

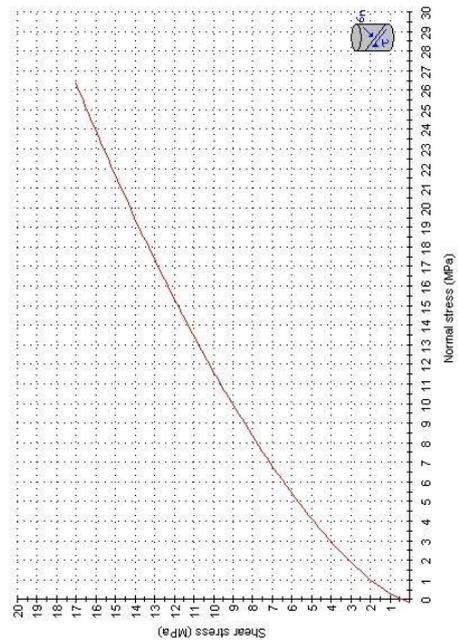
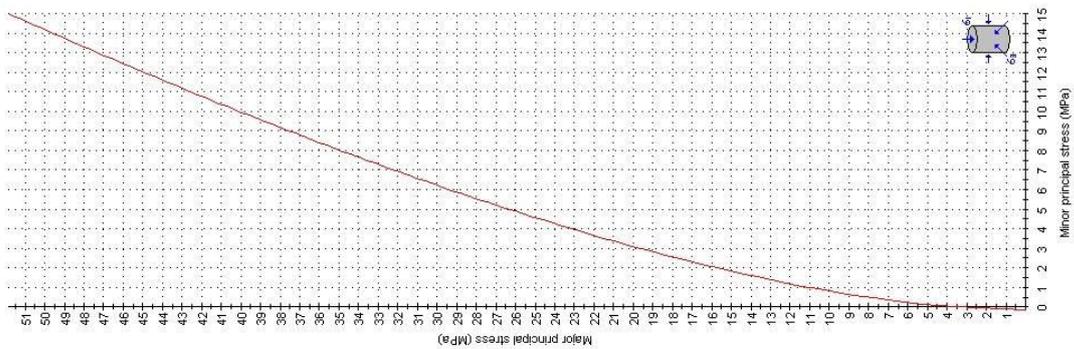
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 60 MPa  
 GSI = 50     $m_i = 9$     Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 30000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b = 1.509$      $s = 0.0039$      $a = 0.506$

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 2.895 MPa    friction angle = 29.62 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.154 MPa  
 uniaxial compressive strength = 3.614 MPa  
 global strength = 9.952 MPa  
 deformation modulus = 9215.58 MPa



**Figura 18. Involuppi di rottura unità SPM per GSI=50**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	169 di 288

**Analysis of Rock Strength using RocLab**

**Hoek-Brown Classification**

intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 33 MPa  
 GSI = 15     $m_i = 7$     Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 10000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**

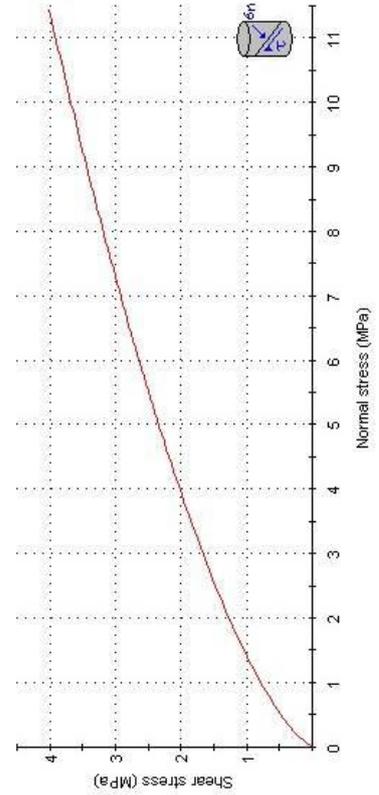
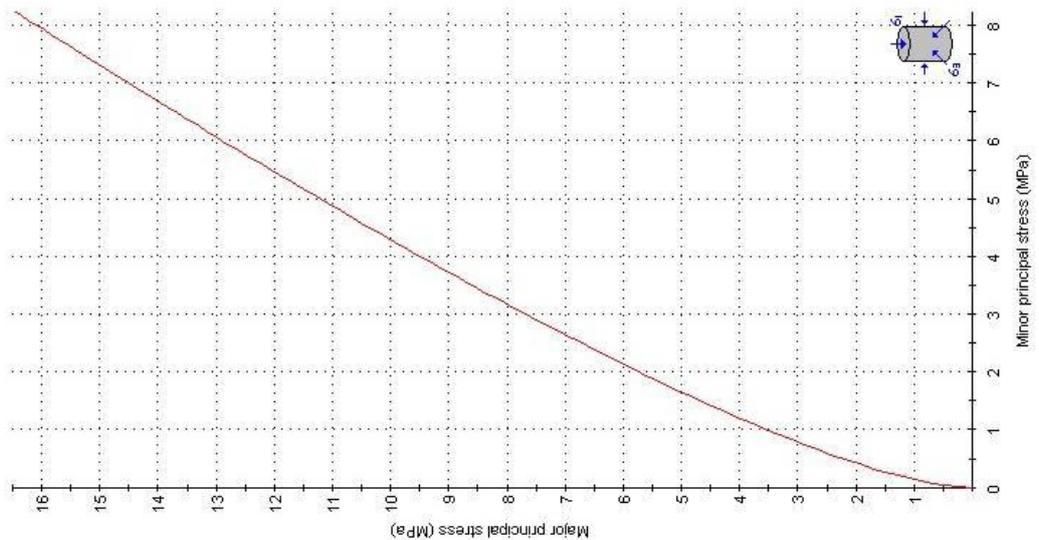
$m_b = 0.336$      $s = 0.0001$      $a = 0.561$

**Mohr-Coulomb Fit**

cohesion = 0.669 MPa    friction angle = 17.19 deg

**Rock Mass Parameters**

tensile strength = -0.008 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.165 MPa  
 global strength = 1.813 MPa  
 deformation modulus = 364.49 MPa



**Figura 19. Involuppi di rottura unità MOG per GSI=15**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	170 di 288

Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**

intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 33 MPa  
GSI = 20     $m_i$  = 7    Disturbance factor (D) = 0  
intact modulus (Ei) = 10000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**

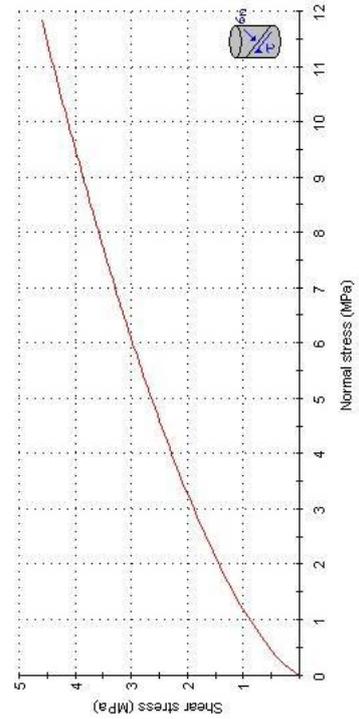
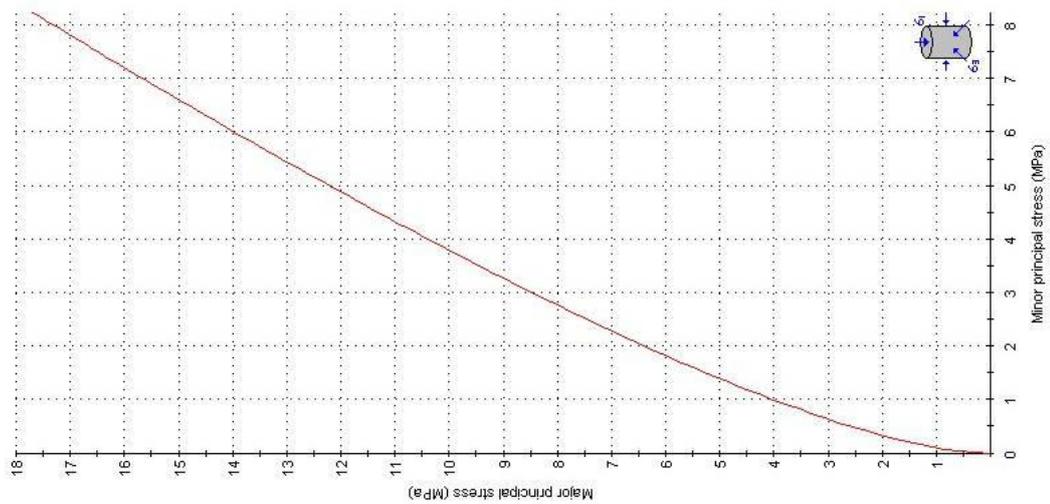
$m_b$  = 0.402     $s$  = 0.00001     $a$  = 0.544

**Mohr-Coulomb Fit**

cohesion = 0.791 MPa    friction angle = 18.82 deg

**Rock Mass Parameters**

tensile strength = -0.011 MPa  
uniaxial compressive strength = 0.263 MPa  
global strength = 2.211 MPa  
deformation modulus = 456.72 MPa



**Figura 20. Involuppi di rottura unità MOG per GSI=20**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	171 di 288

Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hock-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 15 MPa  
 GSI = 10     $m_i = 7$     Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 10000 MPa

**Hock-Brown Criterion**  
 $m_b = 0.281$      $s = 4.54e-5$      $a = 0.585$

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 0.245 MPa    friction angle = 15.42 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.002 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.043 MPa  
 global strength = 0.644 MPa  
 deformation modulus = 305.04 MPa

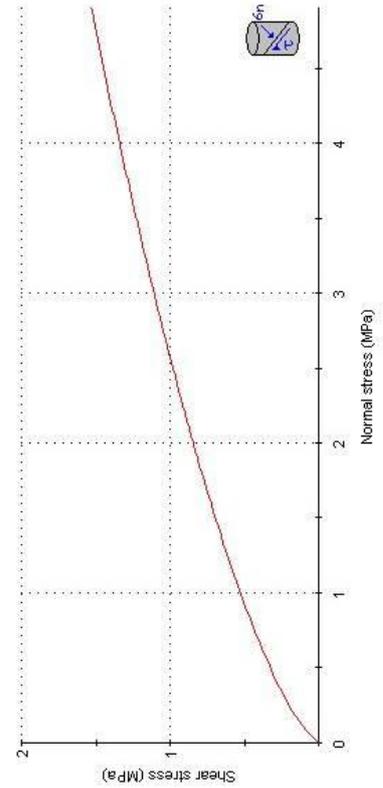
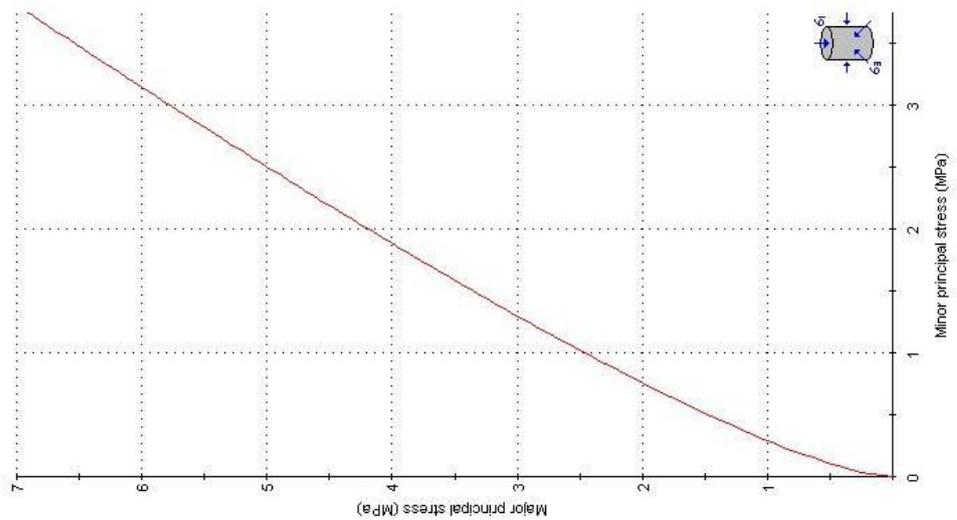


Figura 21. Involuppi di rottura unità MOG ALT per GSI=10

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	172 di 288

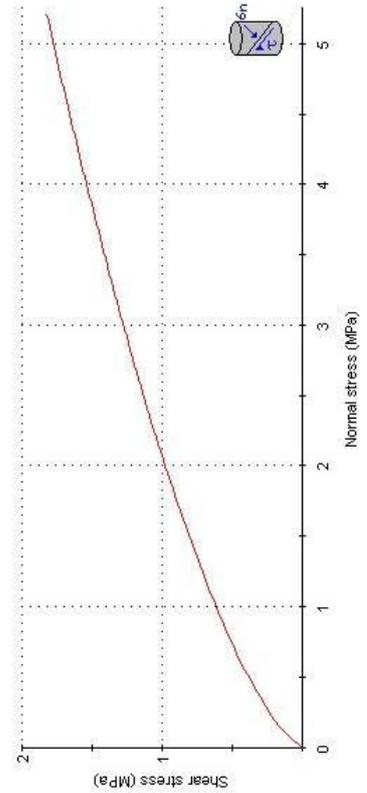
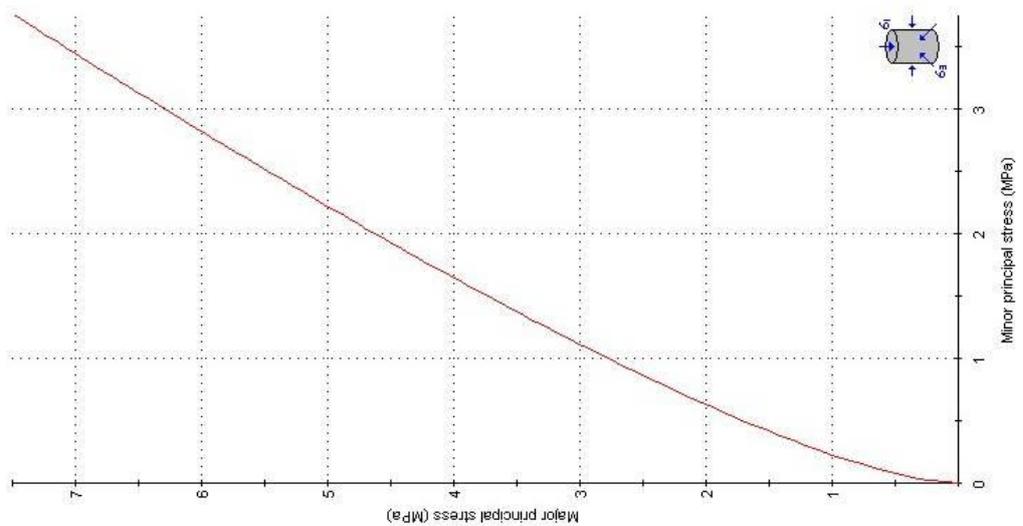
**Analysis of Rock Strength using RocLab**

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 15 MPa  
 GSI = 15     $m_i$  = 7    Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (Ei) = 10000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b$  = 0.336     $s$  = 0.0001     $a$  = 0.561

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 0.304 MPa    friction angle = 17.19 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.004 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.075 MPa  
 global strength = 0.824 MPa  
 deformation modulus = 364.49 MPa

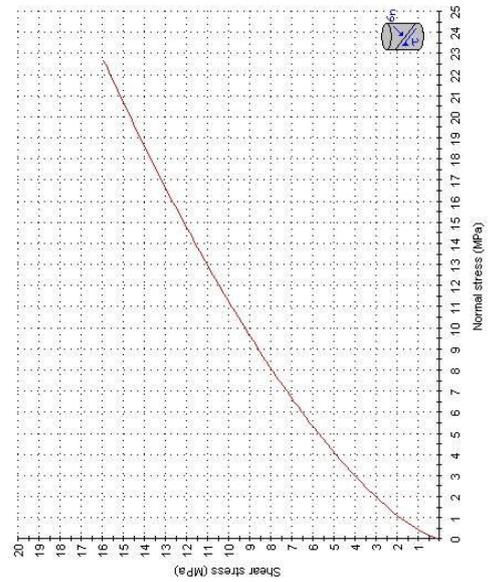
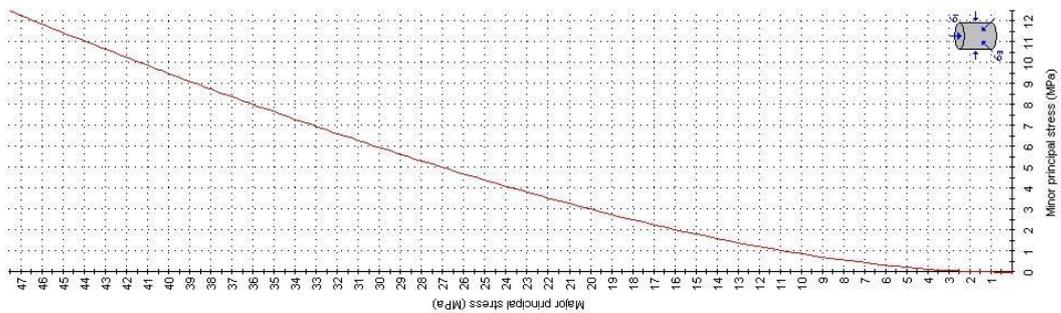


**Figura 22. Involuppi di rottura unit  MOG ALT per GSI=15**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	173 di 288

Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact tensile strength ( $\sigma_{ti}$ ) = 50 MPa  
 GSI = 40  
 intact modulus (E) = 22000 MPa  
**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b = 1.994$   $s = 0.00013$   $a = 0.511$   
**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 2.520 MPa friction angle = 32.06 deg  
**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.032 MPa  
 uniaxial compressive strength = 1.654 MPa  
 global strength = 9.103 MPa  
 deformation modulus = 3512.35 MPa



**Figura 23. Involupi di rottura unità PDN per GSI=40**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	174 di 288

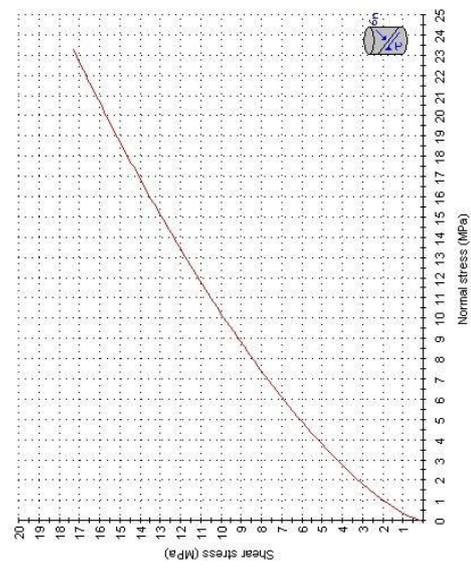
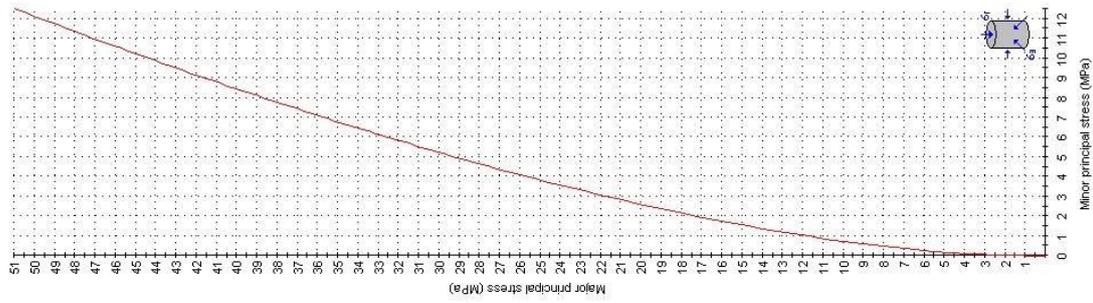
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 50 MPa  
 GSI = 45     $m_i = 17$     Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (Ei) = 22000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b = 2.384$      $s = 0.0022$      $a = 0.508$

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 2.716 MPa    friction angle = 33.57 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.047 MPa  
 uniaxial compressive strength = 2.241 MPa  
 global strength = 10.133 MPa  
 deformation modulus = 4920.30 MPa



**Figura 24. Involuppi di rottura unità PDN per GSI=45**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV0I	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	175 di 288

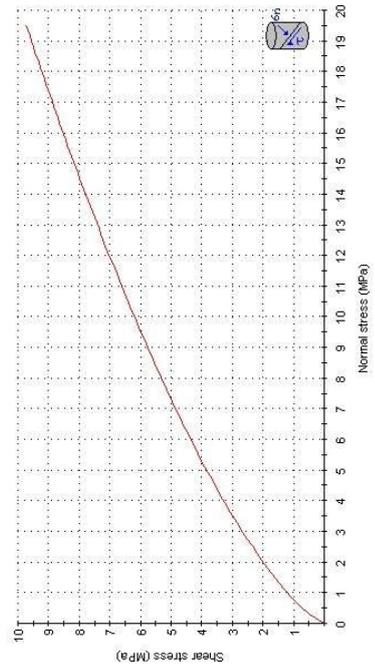
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength (sigc) = 50 MPa  
 GSI = 15 mi = 17 Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (Ei) = 22000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 mb = 0.817 s = 0.0001 a = 0.561

**Mohr-Coulomb FT**  
 cohesion = 1.461 MPa friction angle = 24.11 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.005 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.250 MPa  
 global strength = 4.509 MPa  
 deformation modulus = 801.868 MPa



**Figura 25. Involuppi di rottura unità PDN alt per GSI=15**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	176 di 288

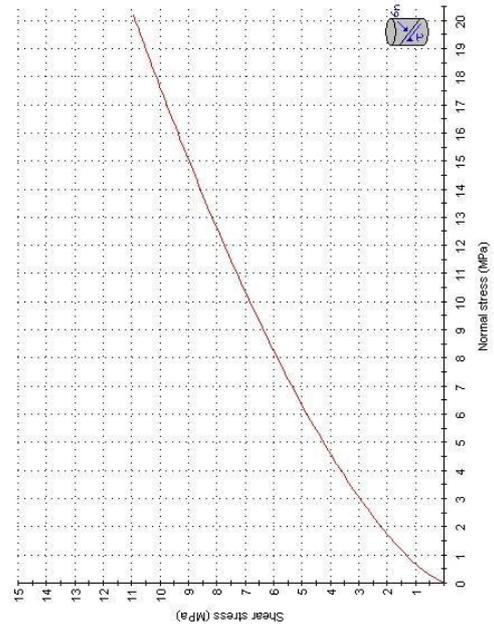
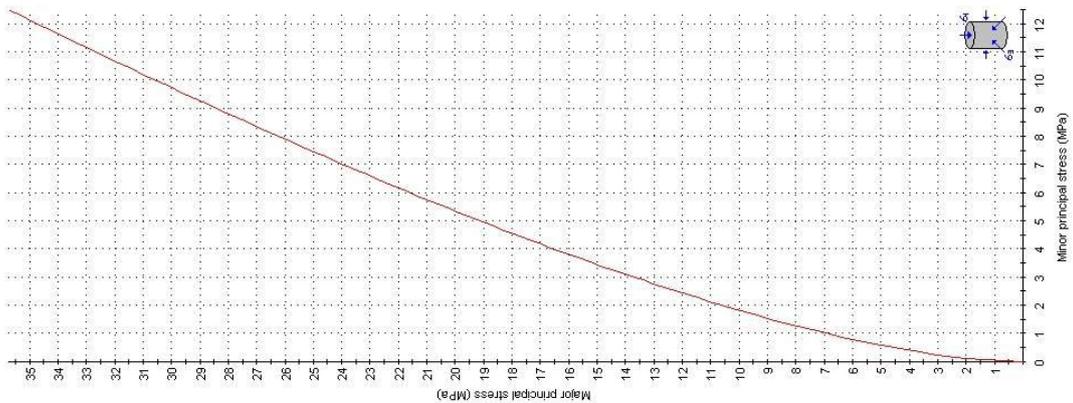
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength (σ<sub>ci</sub>) = 50 MPa  
 GSI = 20    m<sub>i</sub> = 17    Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E<sub>i</sub>) = 22000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
 m<sub>b</sub> = 0.976    s = 0.0001    a = 0.544

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 1.556 MPa    friction angle = 25.82 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.007 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.386 MPa  
 global strength = 5.410 MPa  
 deformation modulus = 1004.77 MPa



**Figura 26. Involuppi di rottura unità PDN alt per GSI=20**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	177 di 288

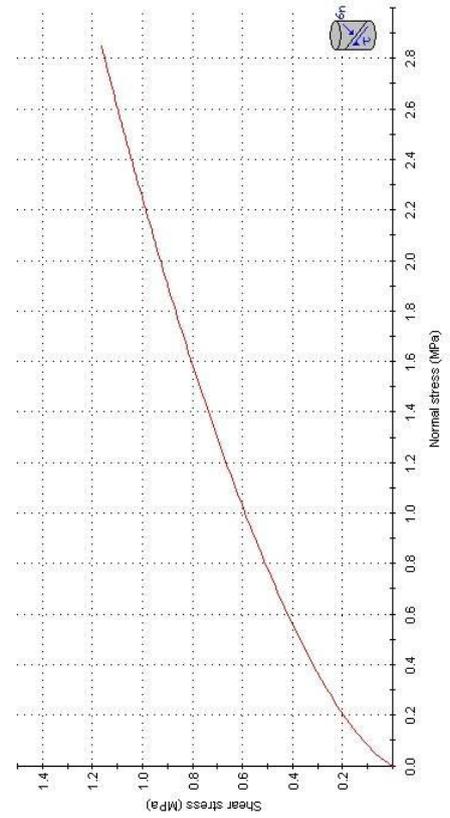
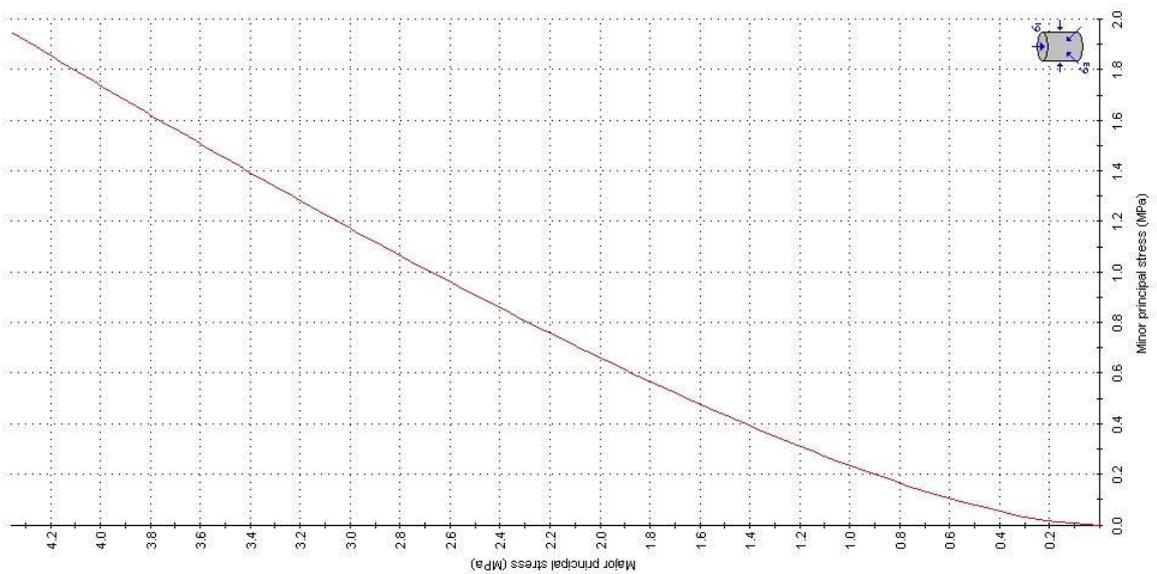
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 7.6 MPa  
 GSI = 20 mi = 8 Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (E) = 21.45 MPa  
 modulus ratio (MR) = 275

**Hoek-Brown Criterion**  
 mb = 0.459 s = 0.0001 a = 0.544

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 0.197 MPa friction angle = 19.79 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.002 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.062 MPa  
 global strength = 0.562 MPa  
 deformation modulus = 97.97 MPa



**Figura 27. Involuppi di rottura unità TES per GSI=20**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GE 00 05 001	B	178 di 288

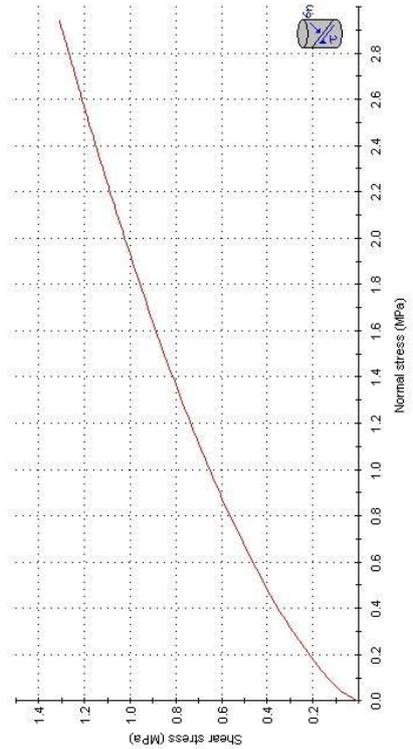
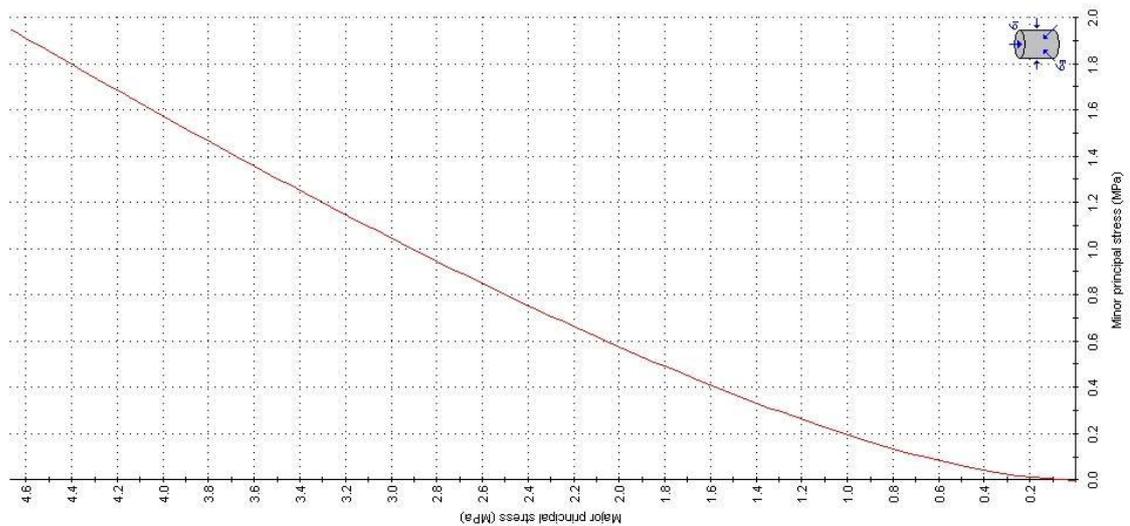
Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 7.8 MPa  
 GSI = 25     $m_i$  = 8    Disturbance factor (D) = 0  
 intact modulus (Ei) = 21.45 MPa  
 modulus ratio (MR) = 275

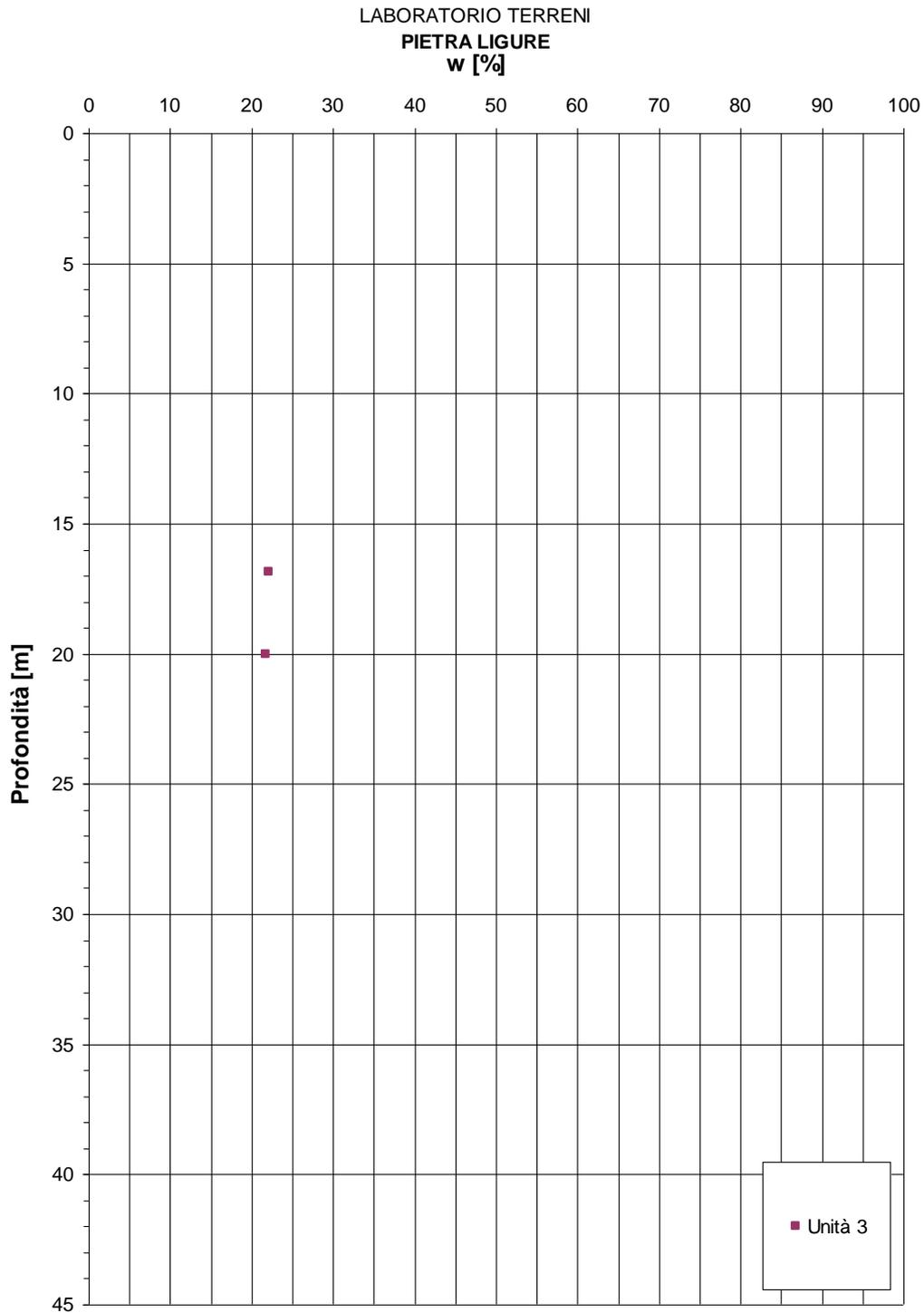
**Hoek-Brown Criterion**  
 $m_b$  = 0.549     $s$  = 0.0002     $a$  = 0.531

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 0.226 MPa    friction angle = 21.35 deg

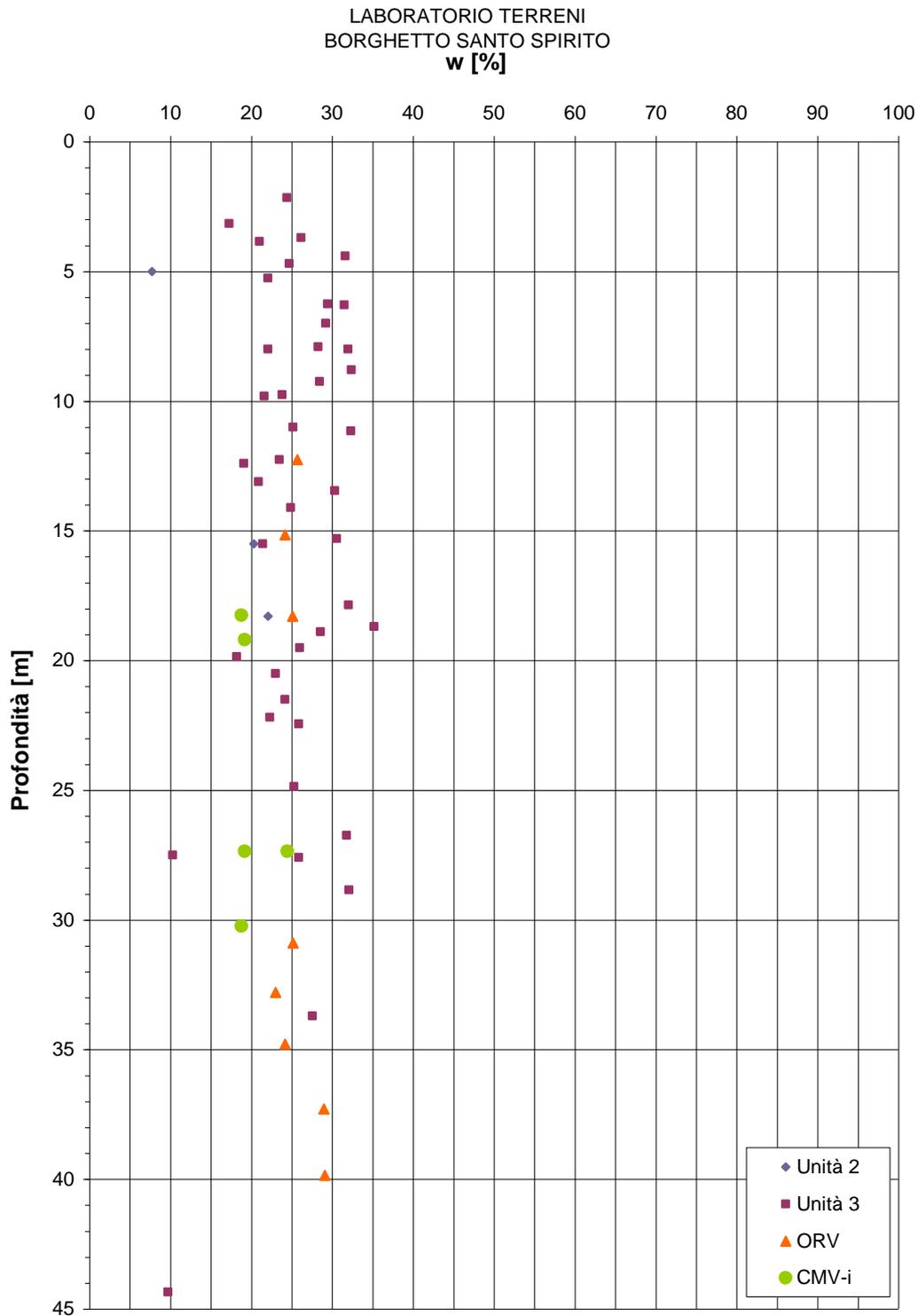
**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = 0.003 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.093 MPa  
 global strength = 0.662 MPa  
 deformation modulus = 126.39 MPa



**Figura 28. Involuppi di rottura unità TES per GSI=25**

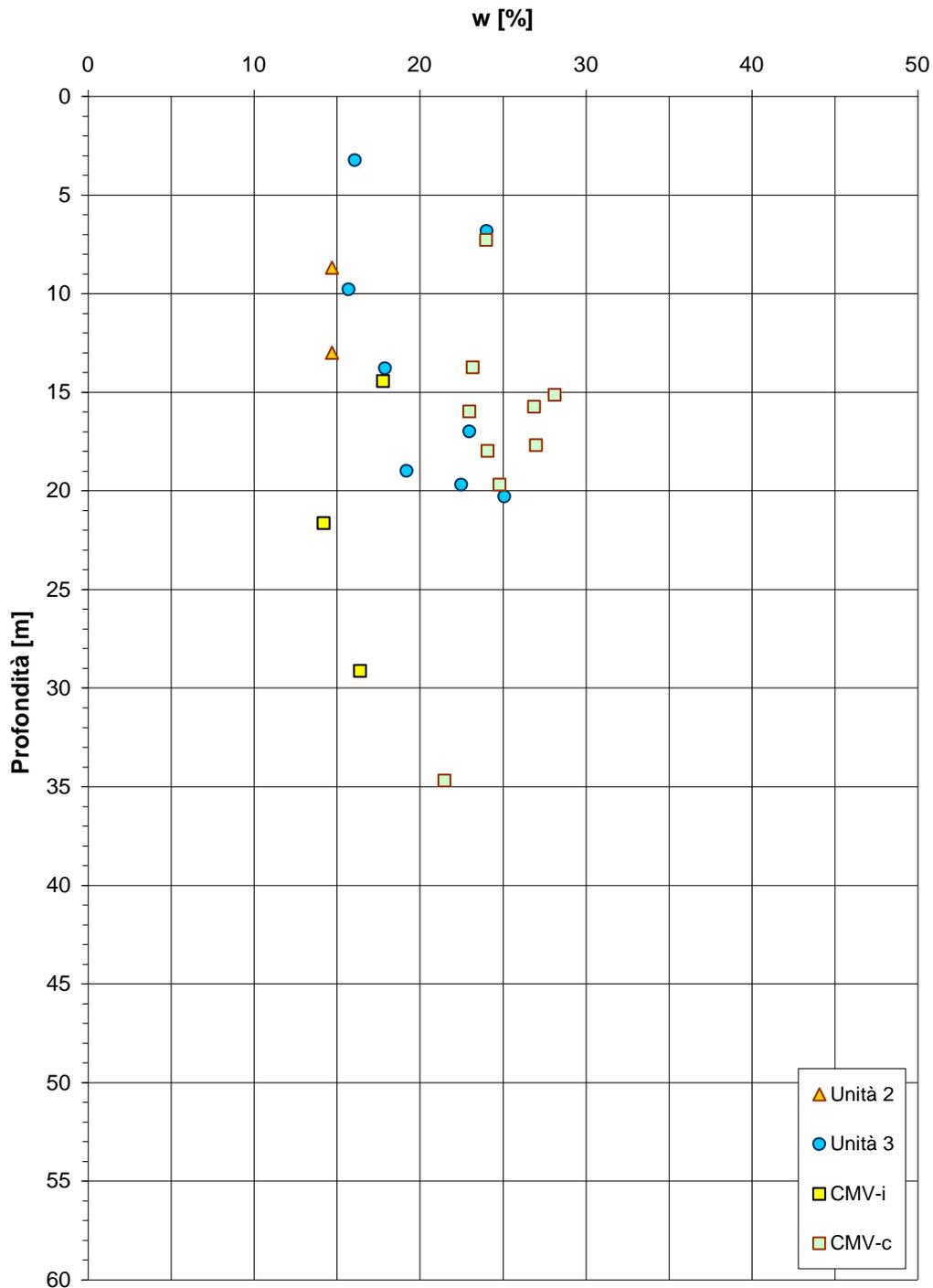


**Figura 29. Pietra Ligure -Contenuto naturale d'acqua**



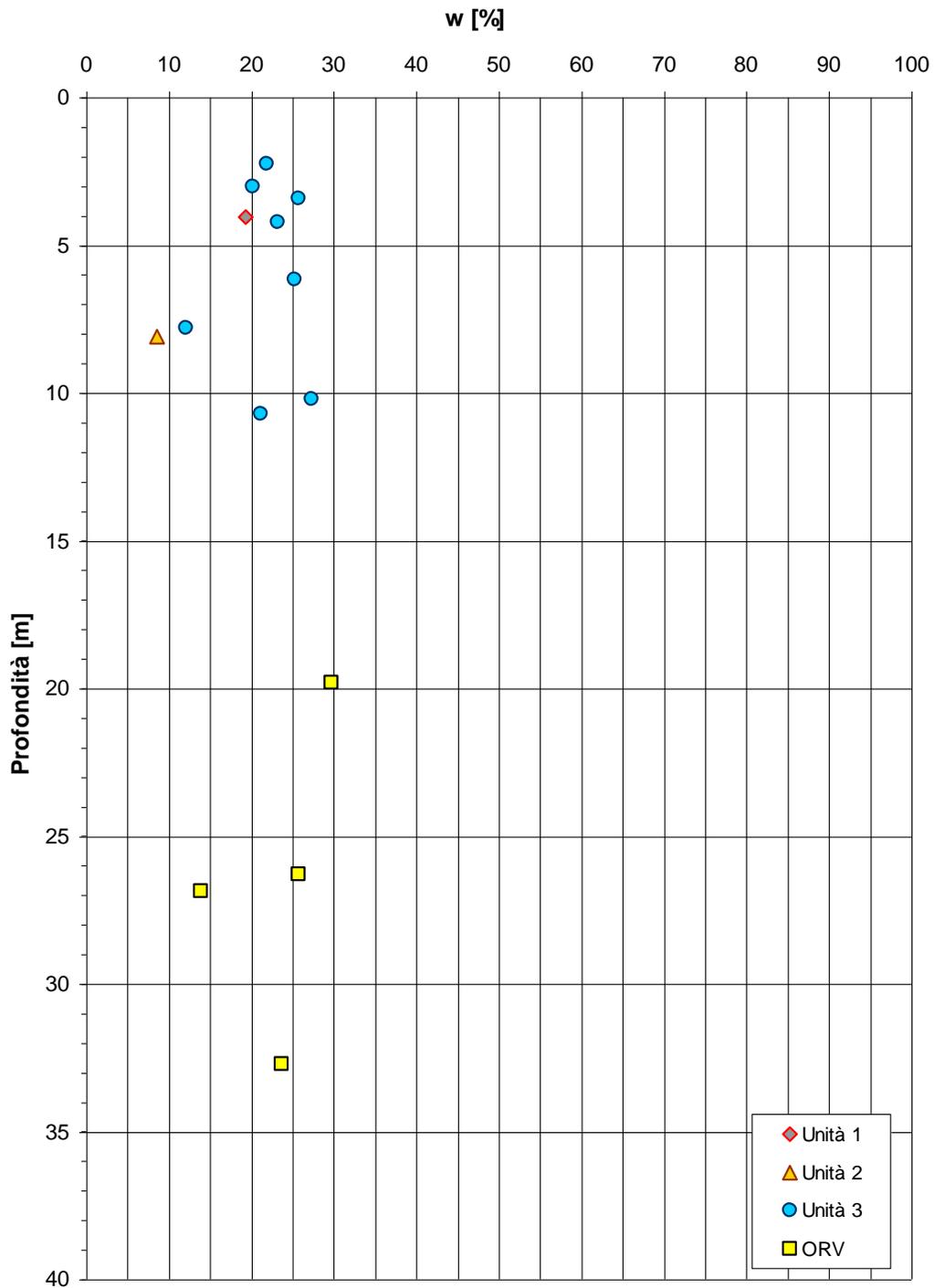
**Figura 30. Borghetto S. Spirito - Contenuto naturale d'acqua**

LABORATORIO TERRENI - CERIALE 1÷3

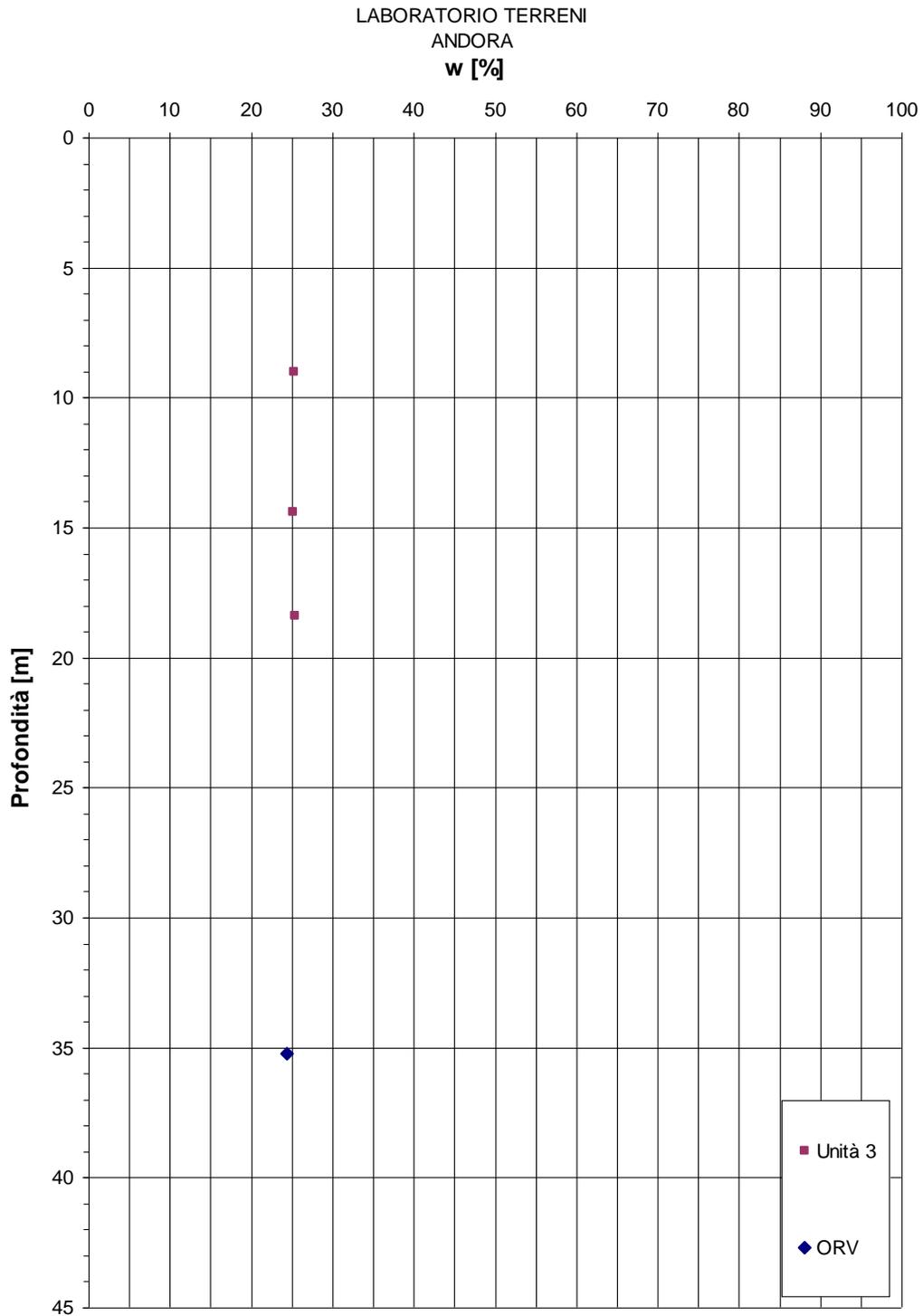


**Figura 31. Ceriale - Contenuto naturale d'acqua**

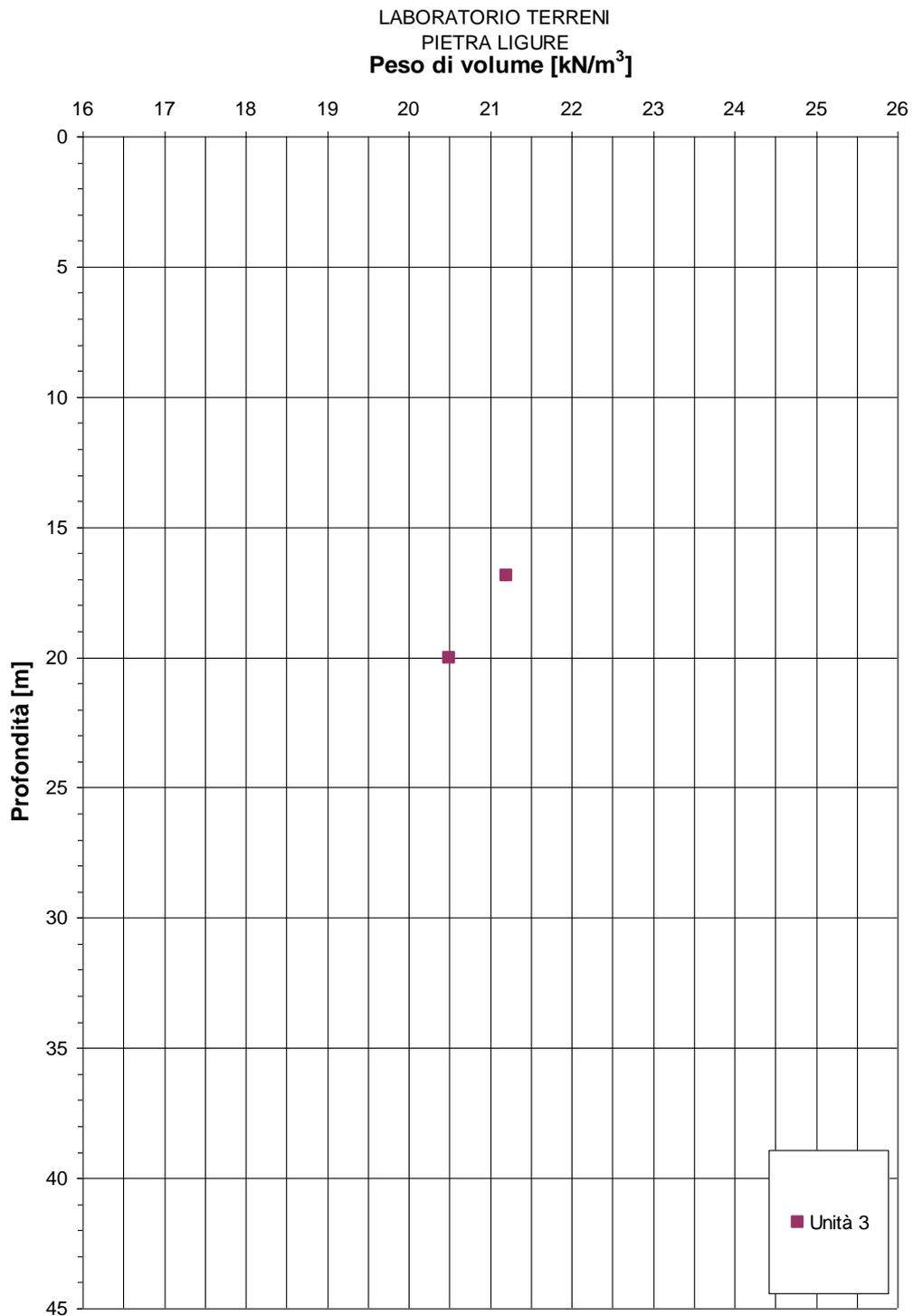
ALBENGA 1:2 LABORATORIO TERRENI



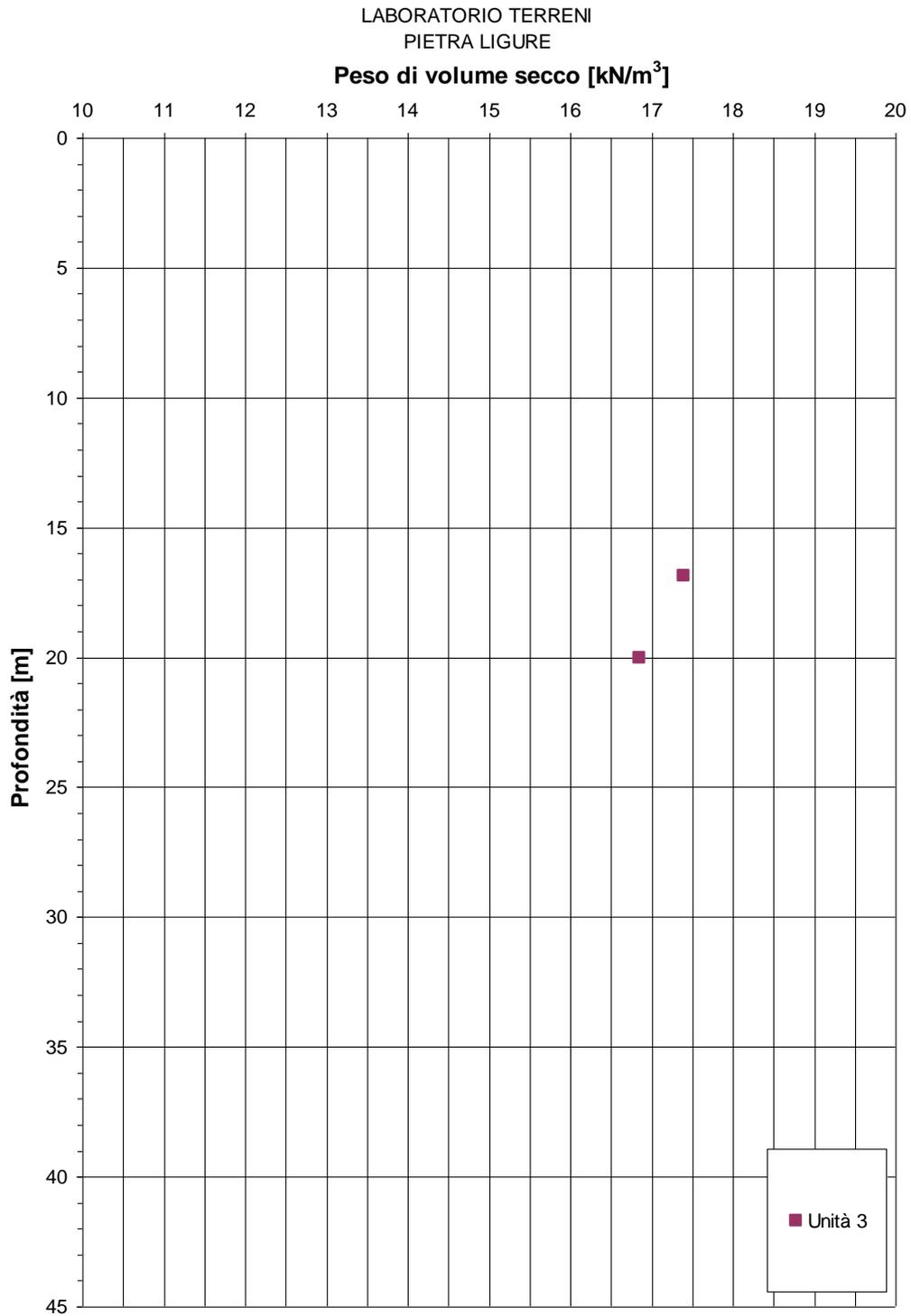
**Figura 32. Albenga - Contenuto naturale d'acqua**



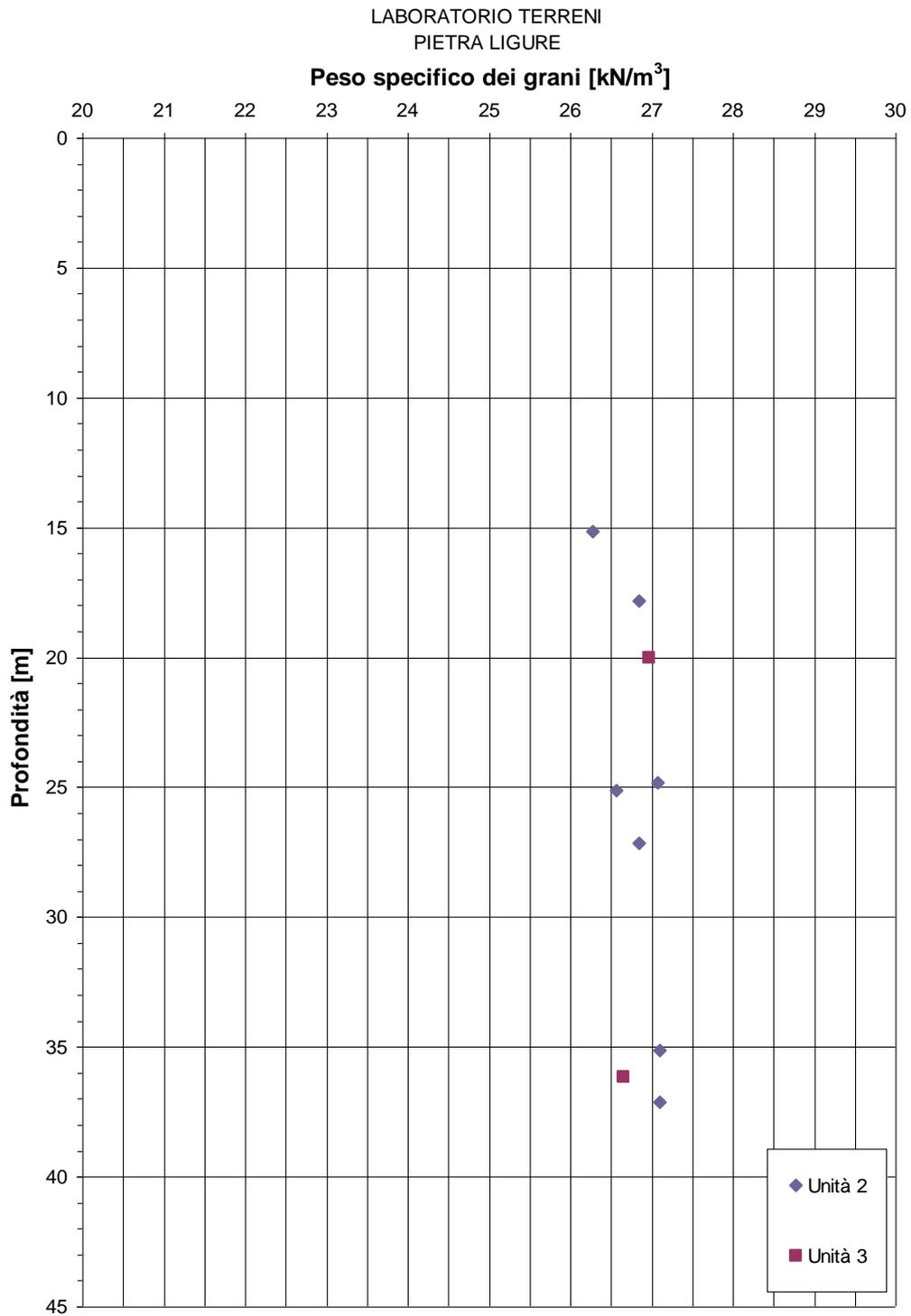
**Figura 33. Andora - Contenuto naturale d'acqua**



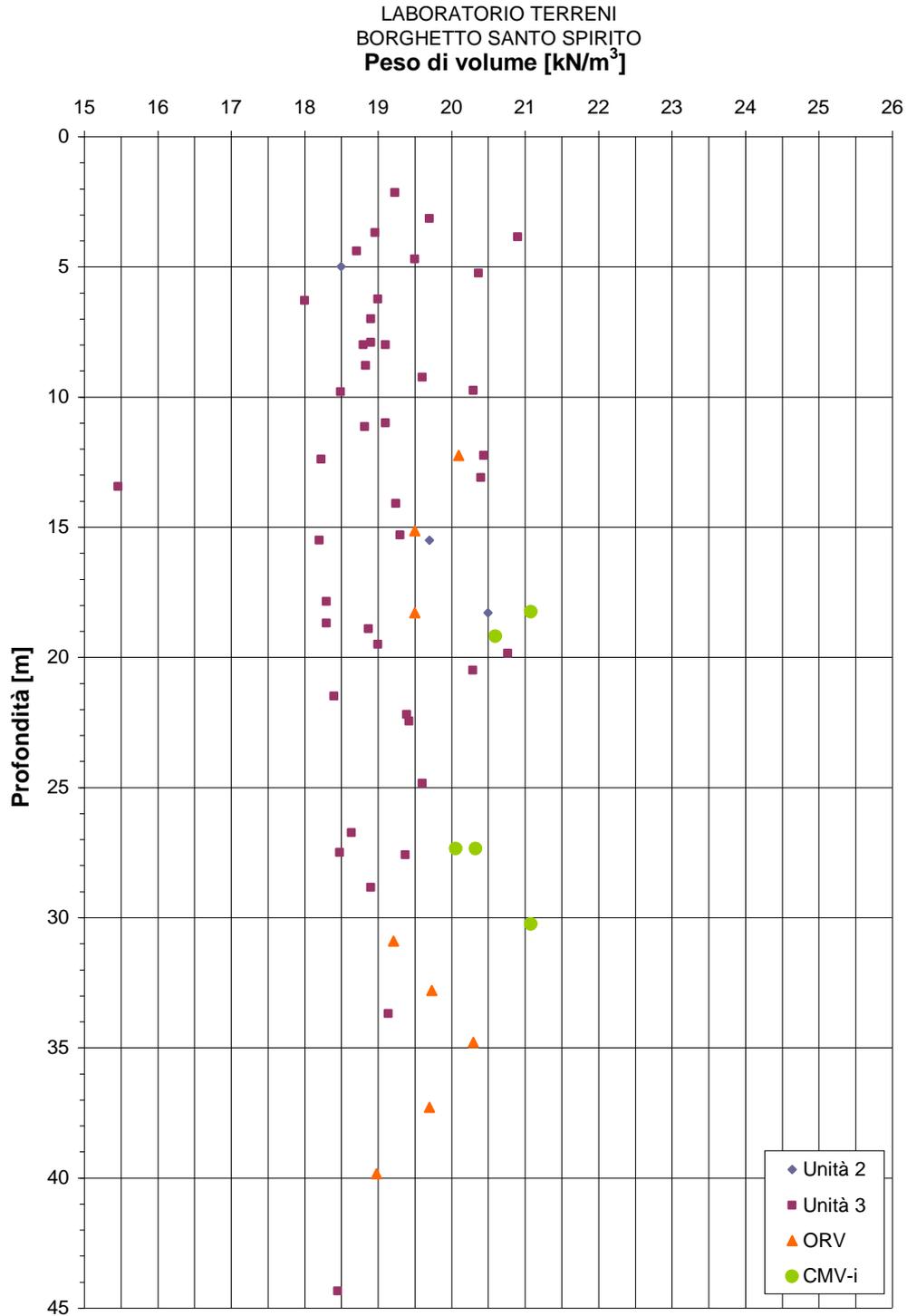
**Figura 34. Pietra Ligure - Peso dell'unità di volume**



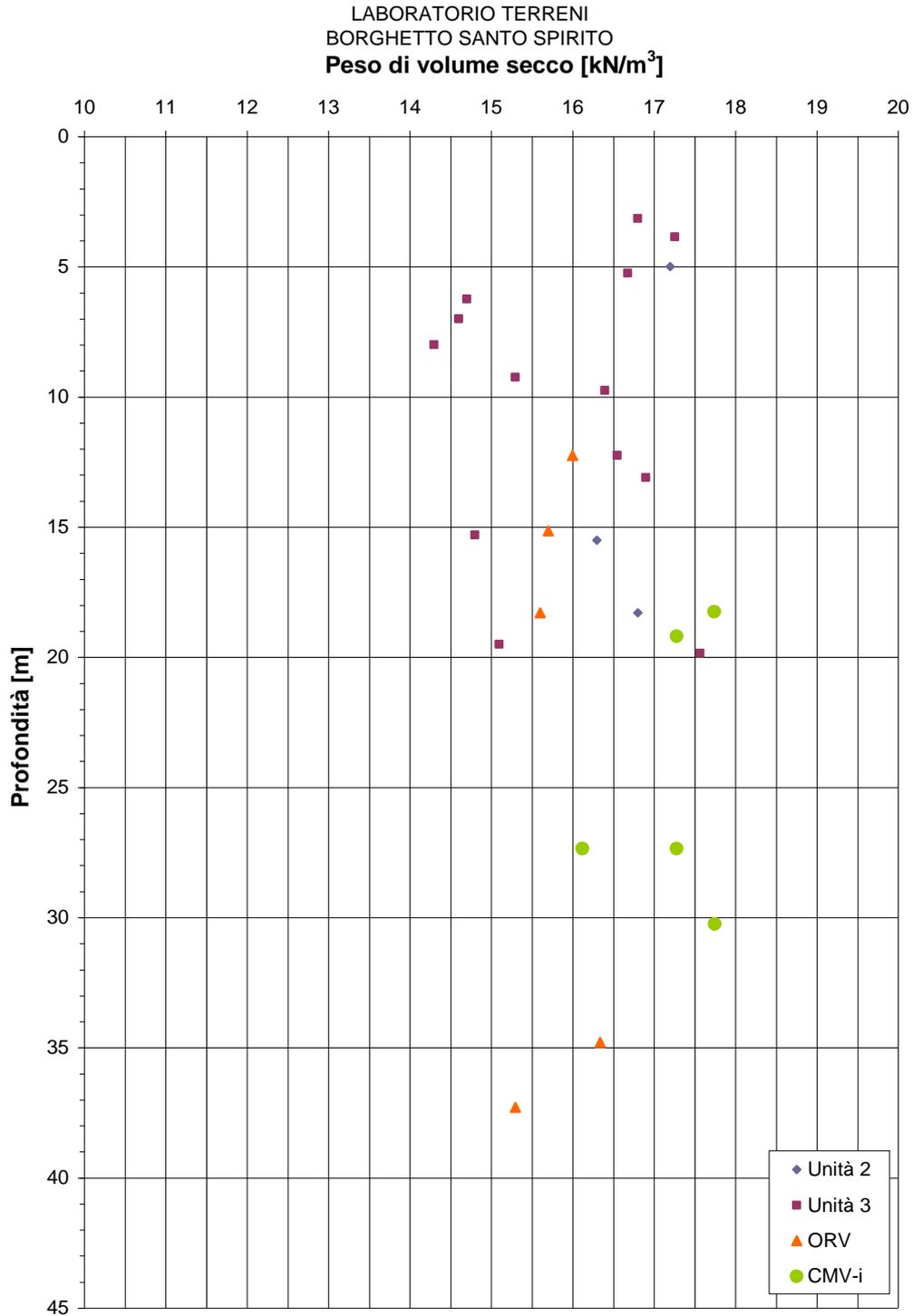
**Figura 35. Pietra Ligure - Peso secco dell'unità di volume**



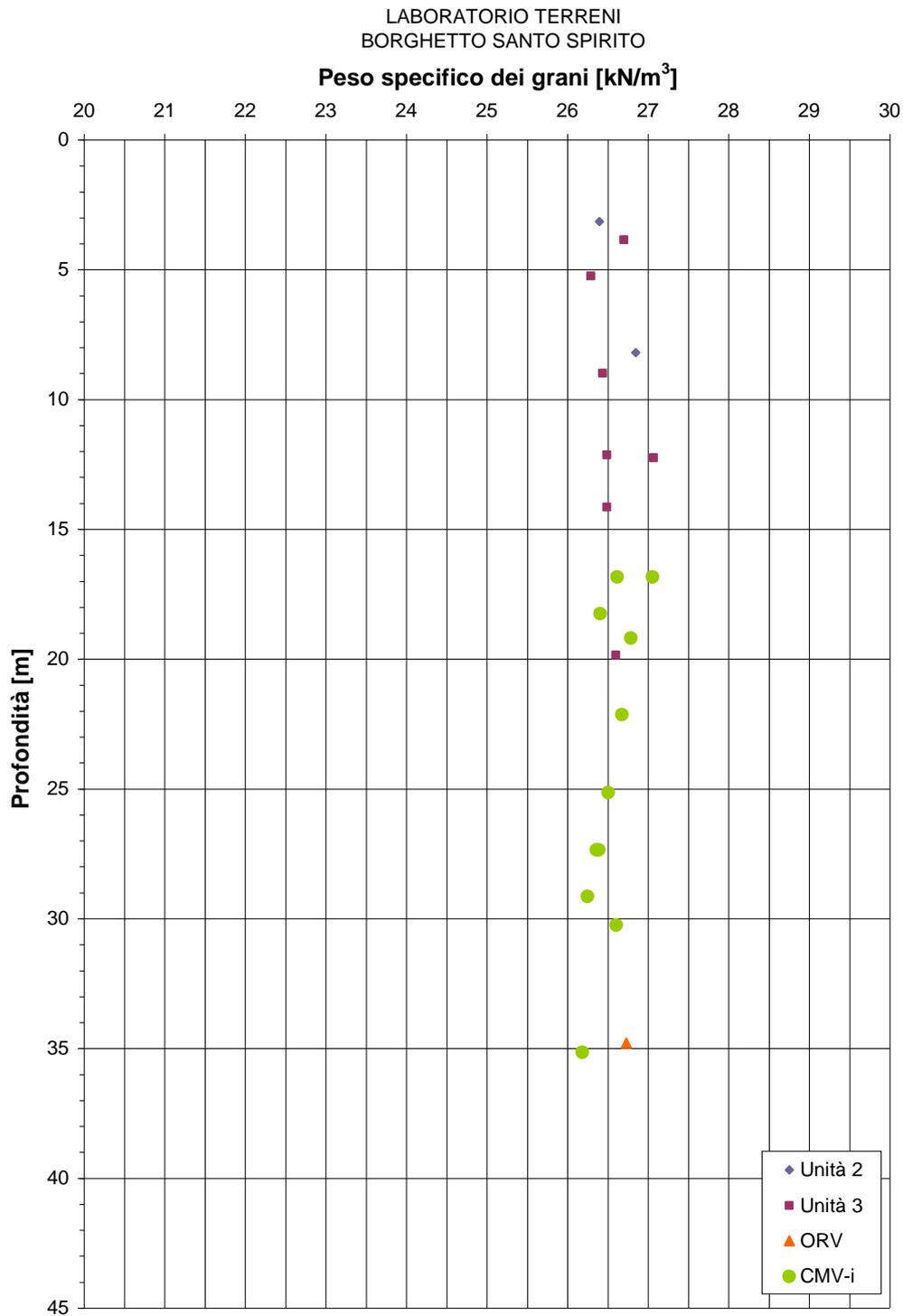
**Figura 36. Pietra Ligure - Peso specifico dei grani**



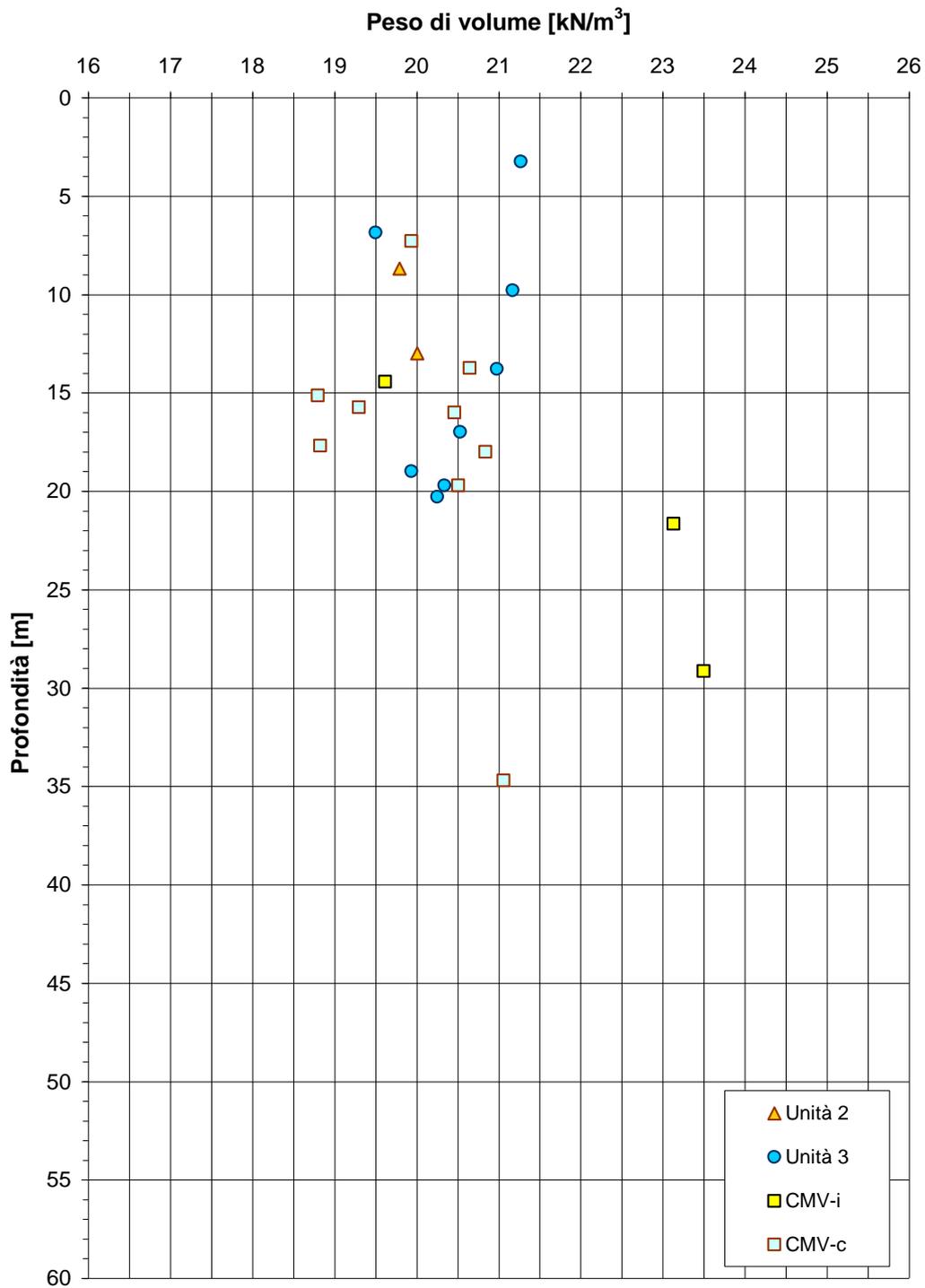
**Figura 37. Borghetto S. Spirito - Peso dell'unità di volume**



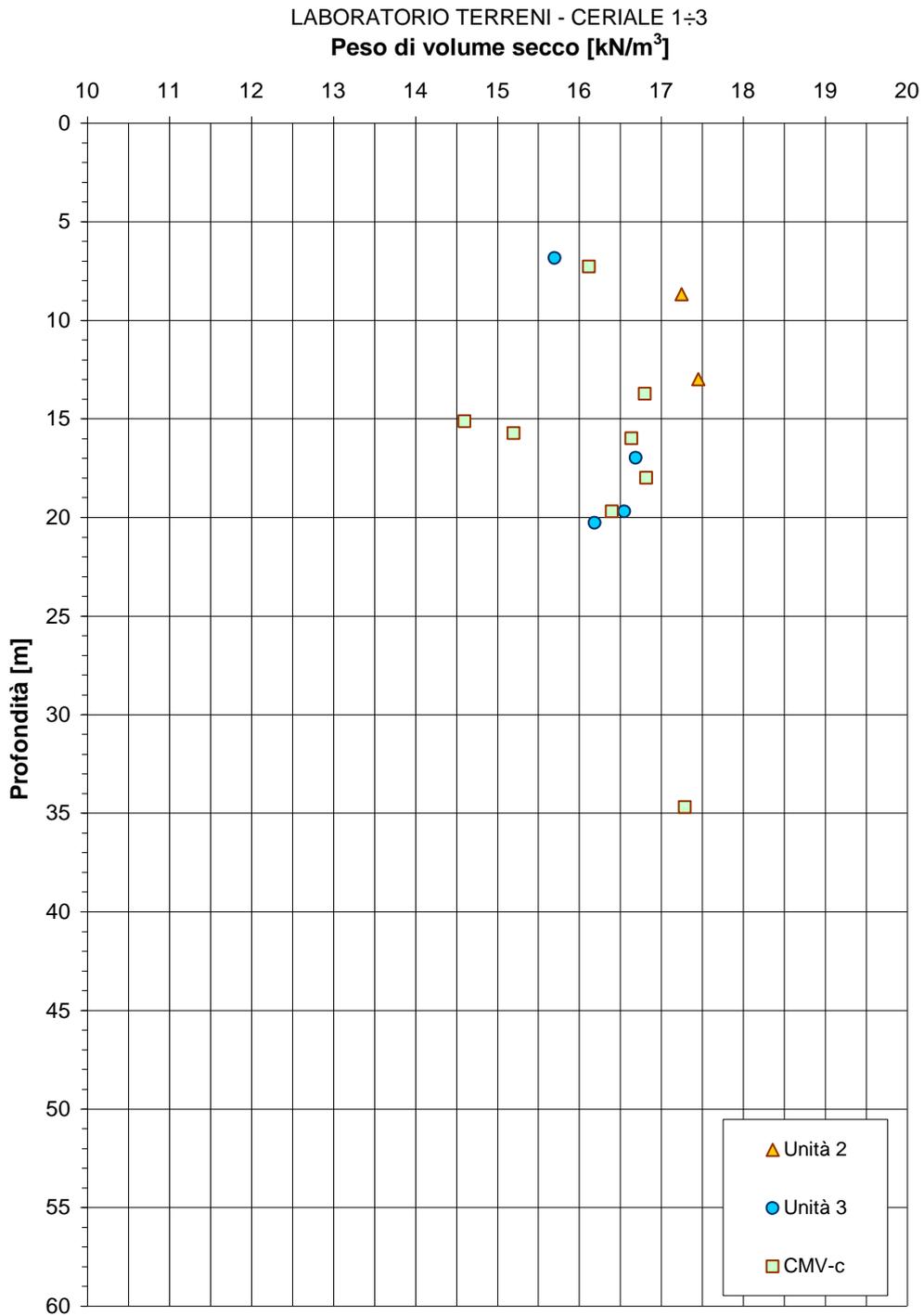
**Figura 38. Borghetto S. Spirito - Peso secco dell'unità di volume**



LABORATORIO TERRENI - CERIALE 1÷3



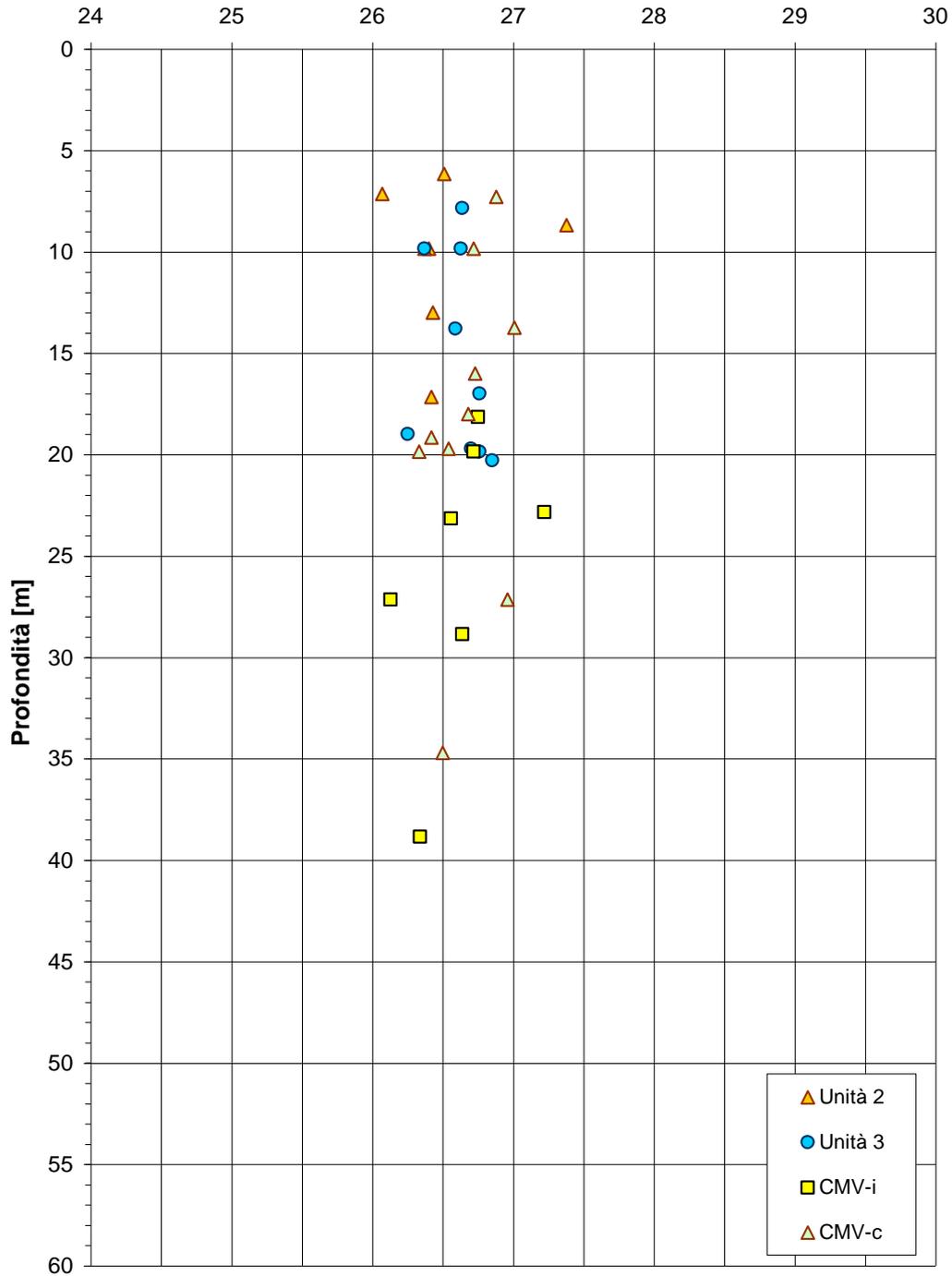
**Figura 40. Ceriale - Peso dell'unità di volume**



**Figura 41. Ceriale - Peso secco dell'unità di volume**

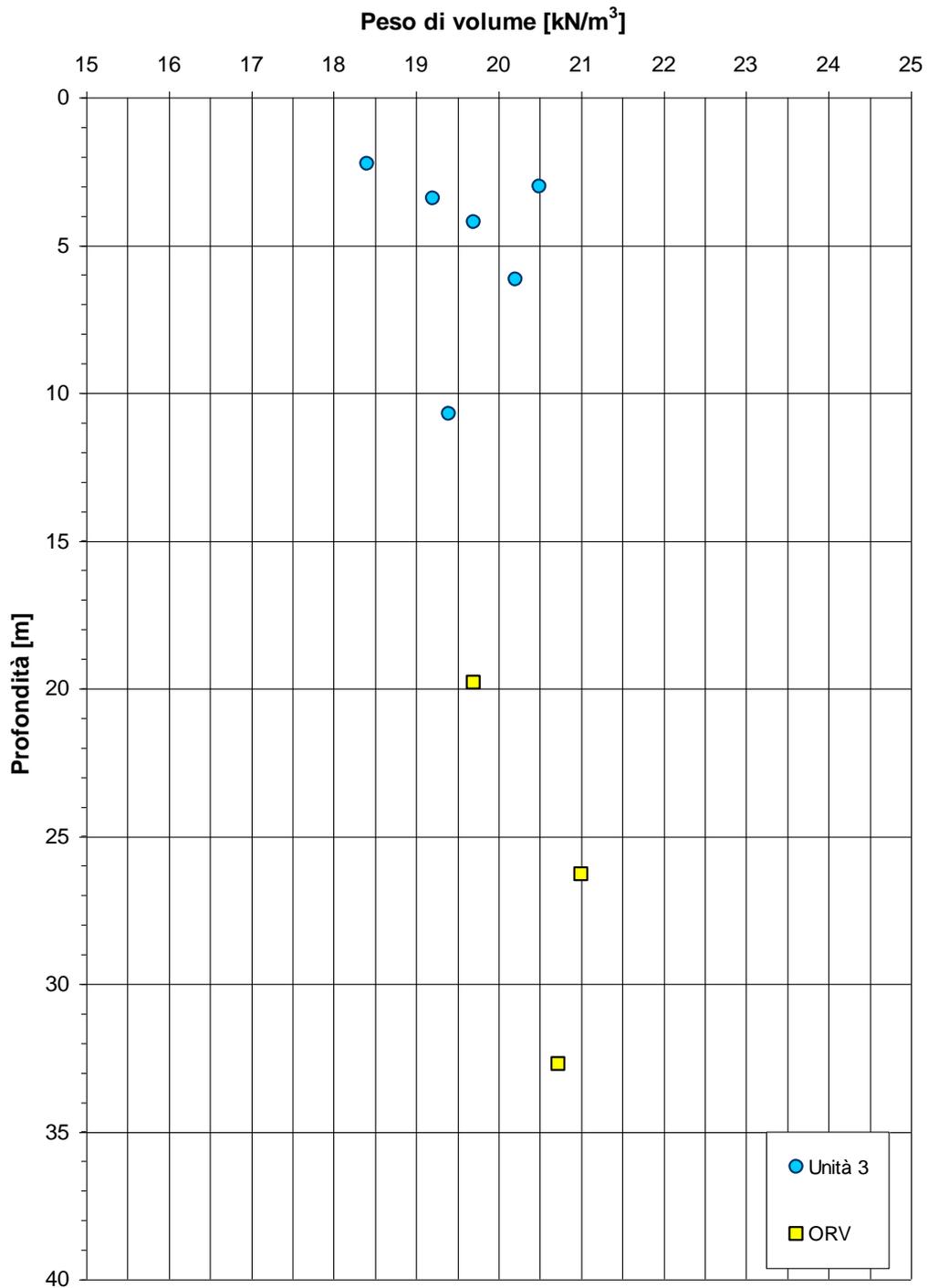
LABORATORIO TERRENI - CERIALE 1÷3

**Peso specifico dei grani [kN/m<sup>3</sup>]**



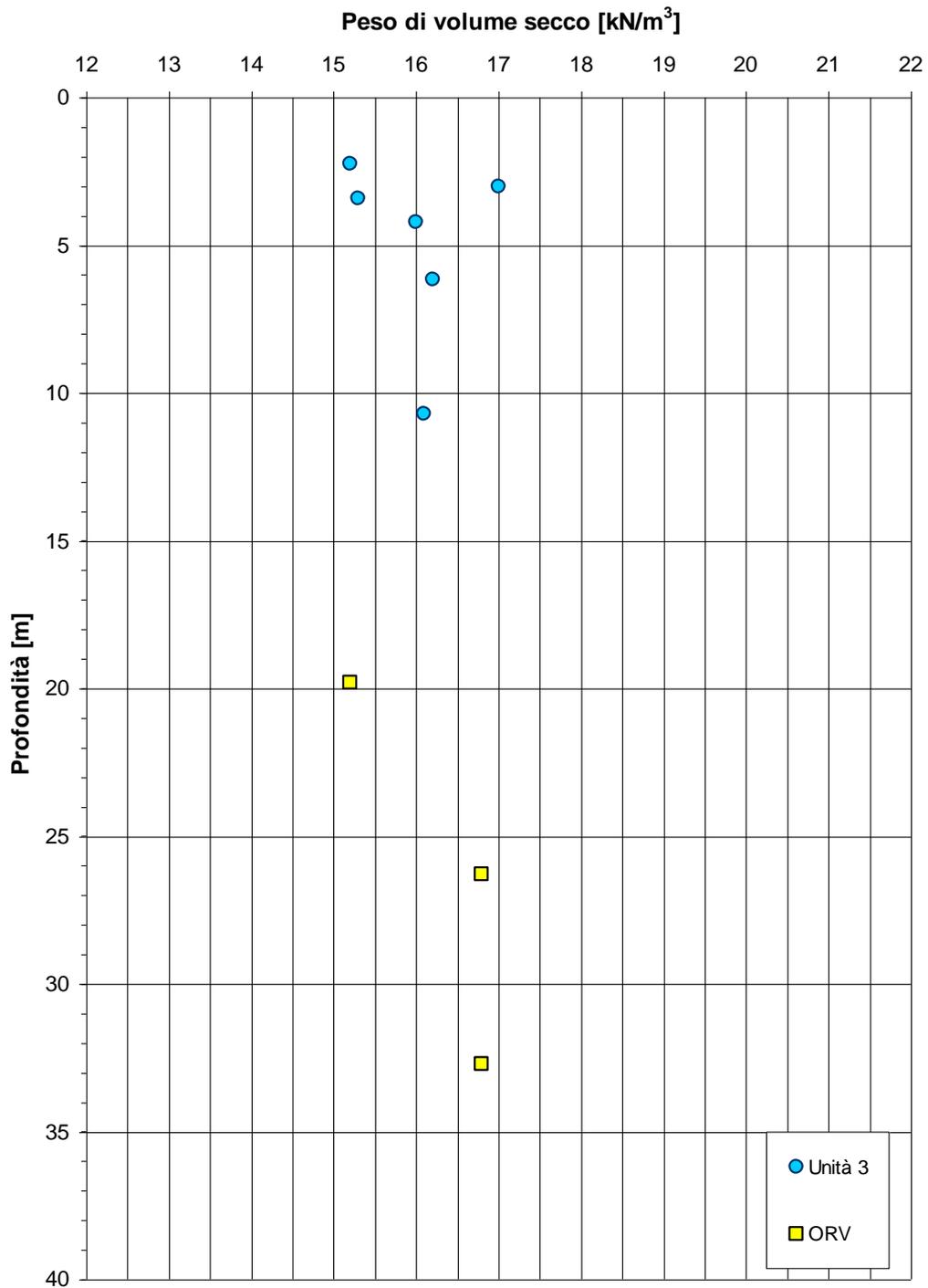
**Figura 42. Ceriale - Peso specifico dei grani**

ALBENGA 1÷2 LABORATORIO TERRENI

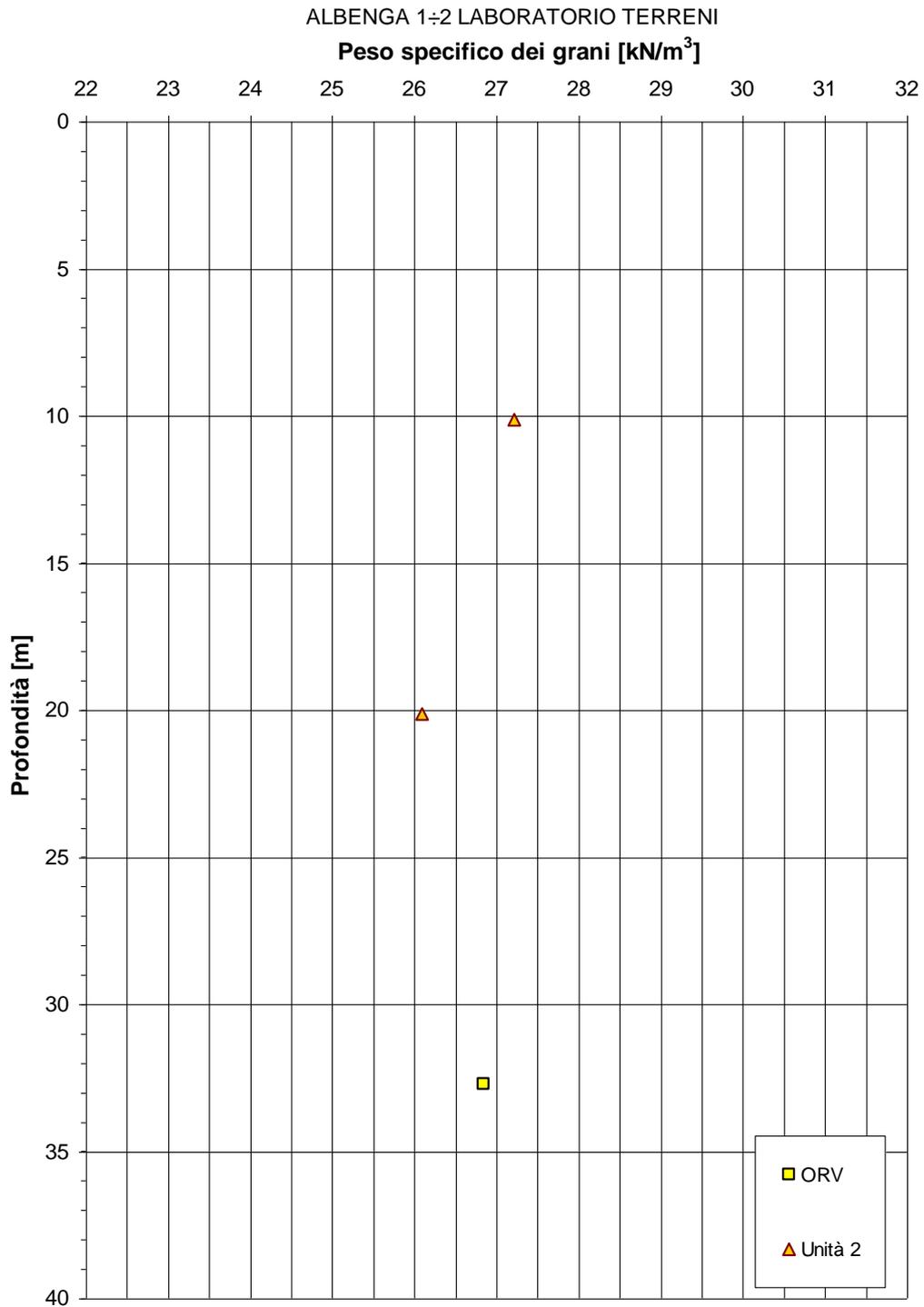


**Figura 43. Albenga - Peso dell'unità di volume**

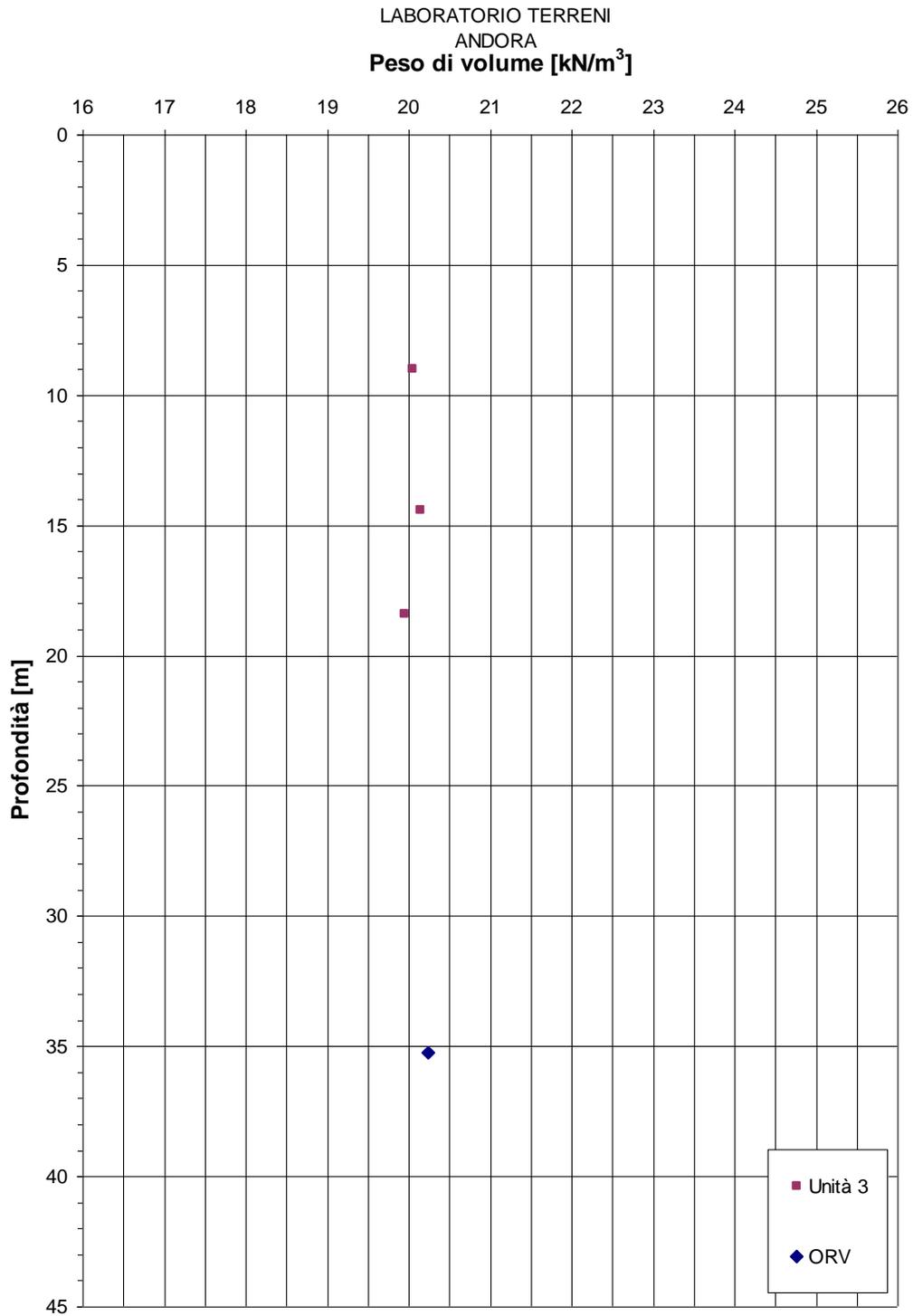
ALBENGA 1÷2 LABORATORIO TERRENI



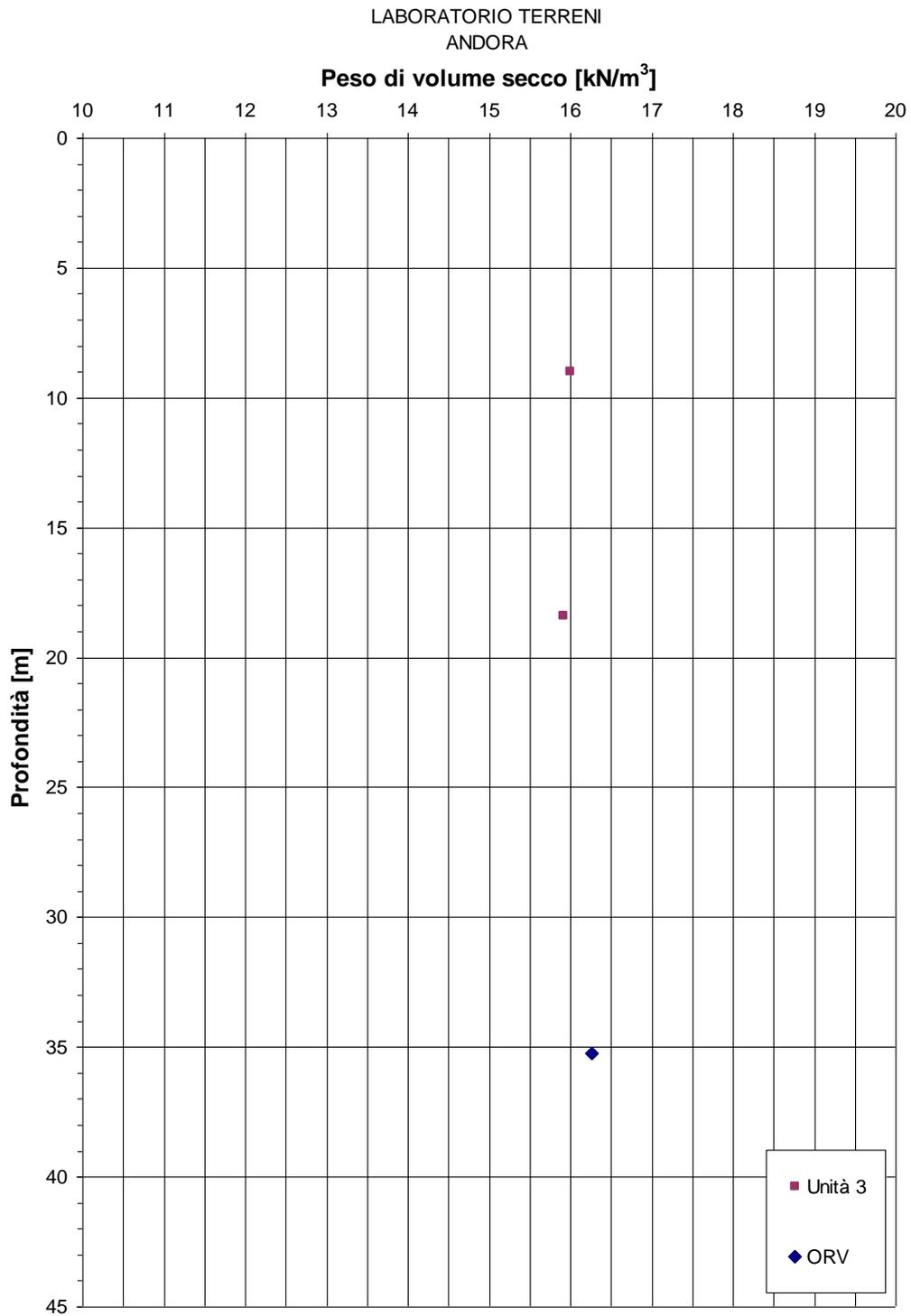
**Figura 44. Albenga - Peso secco dell'unità di volume**



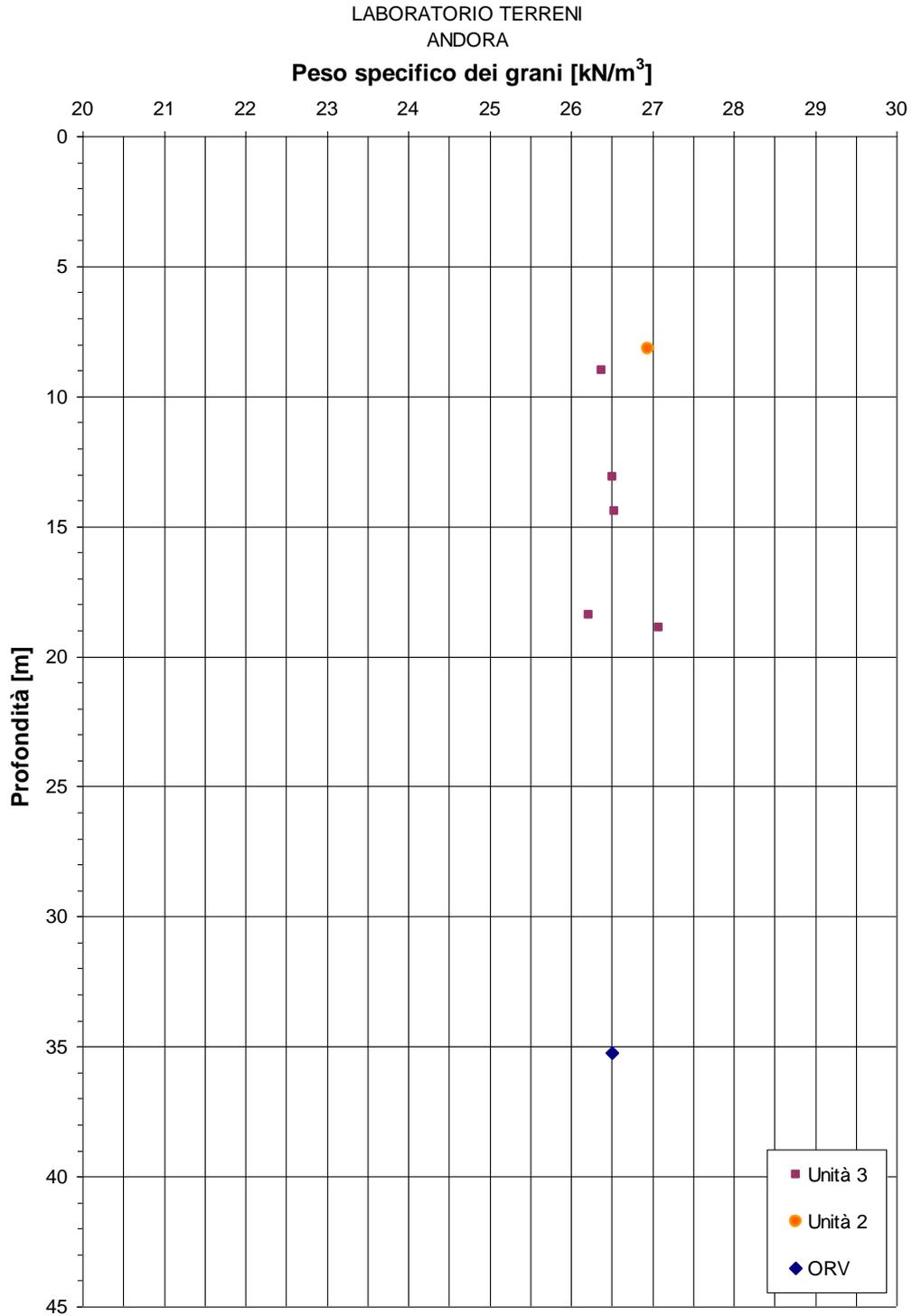
**Figura 45. Albenga - Peso specifico dei grani**



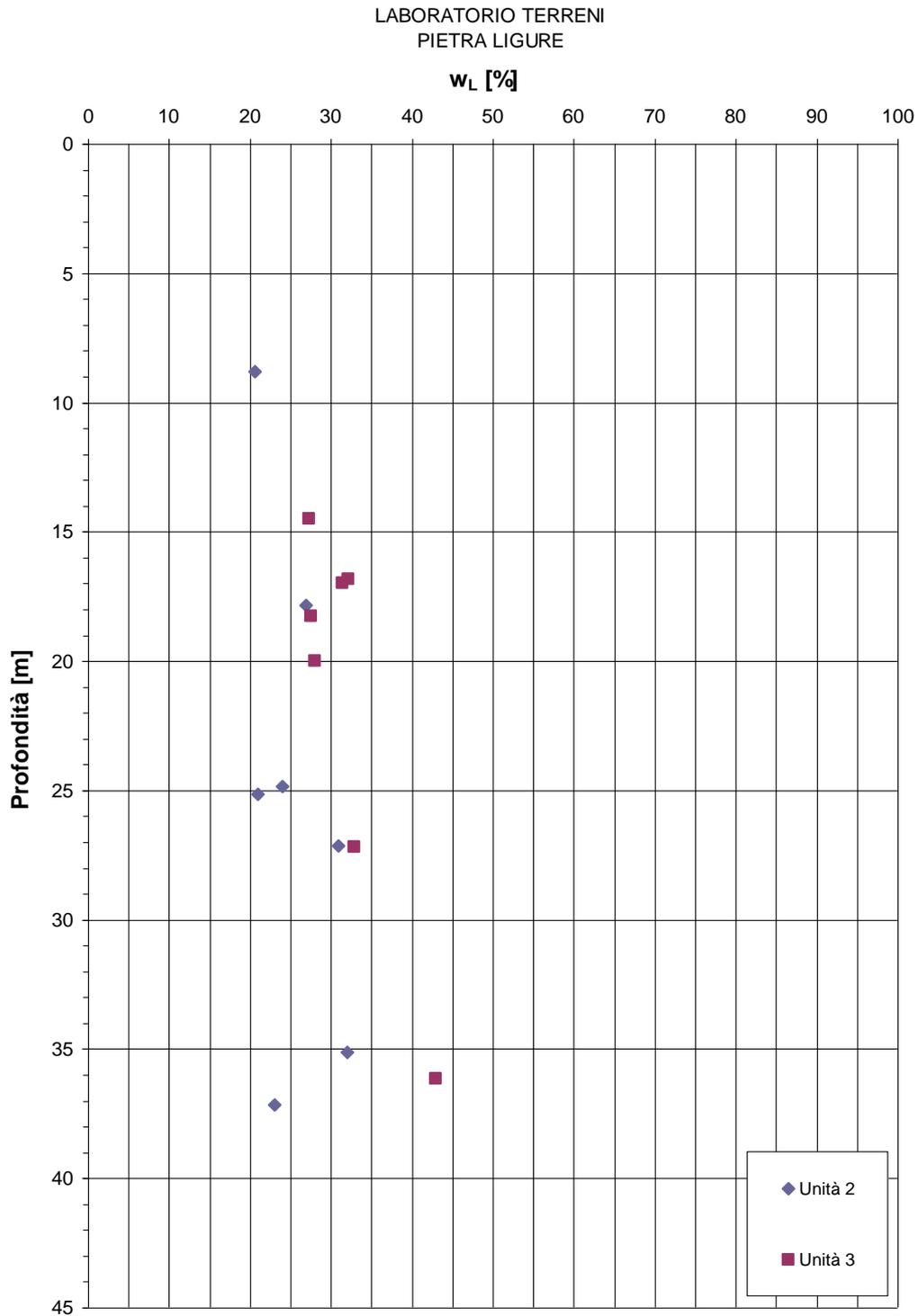
**Figura 46. Andora - Peso dell'unità di volume**



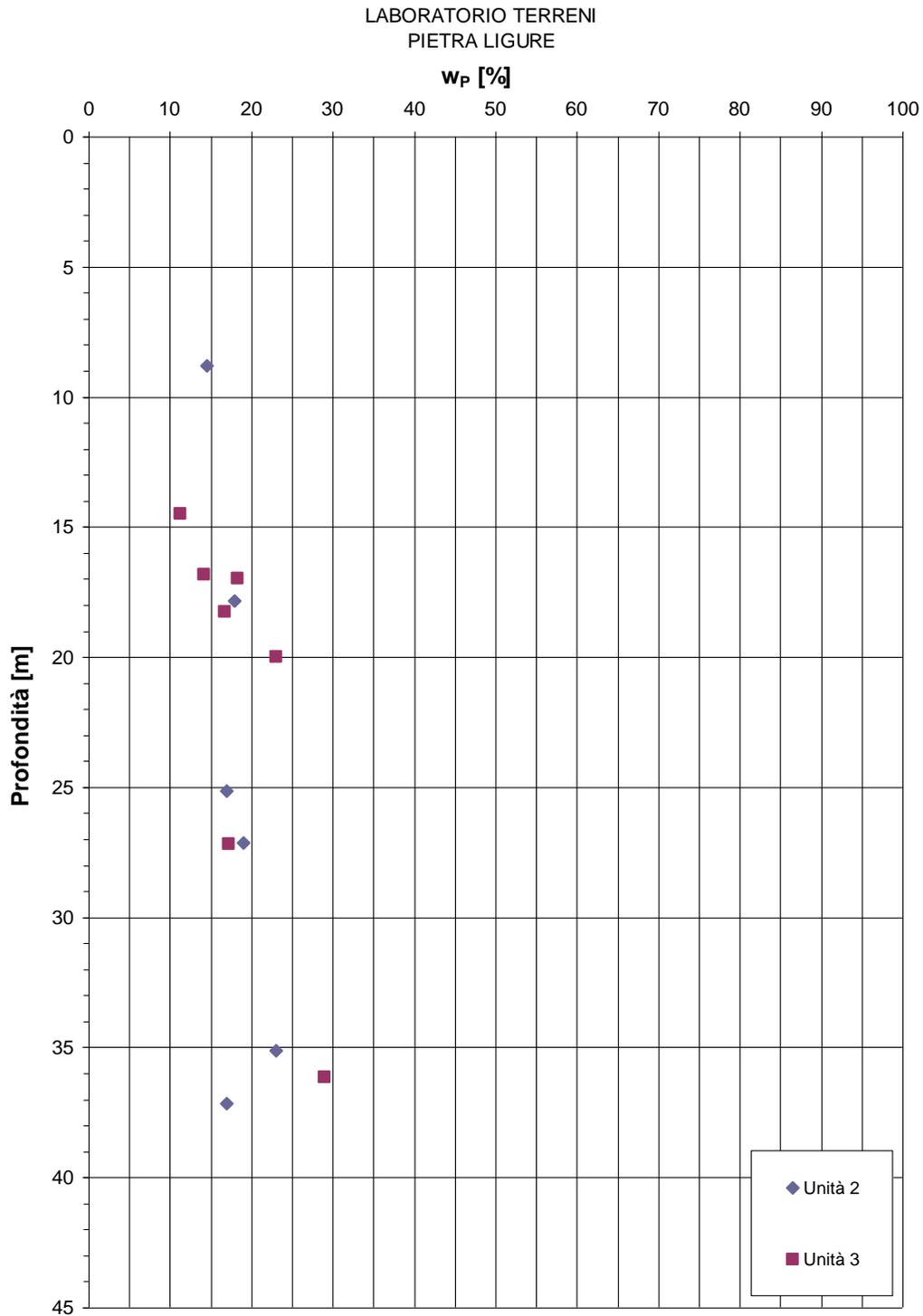
**Figura 47. Andora - Peso secco dell'unità di volume**



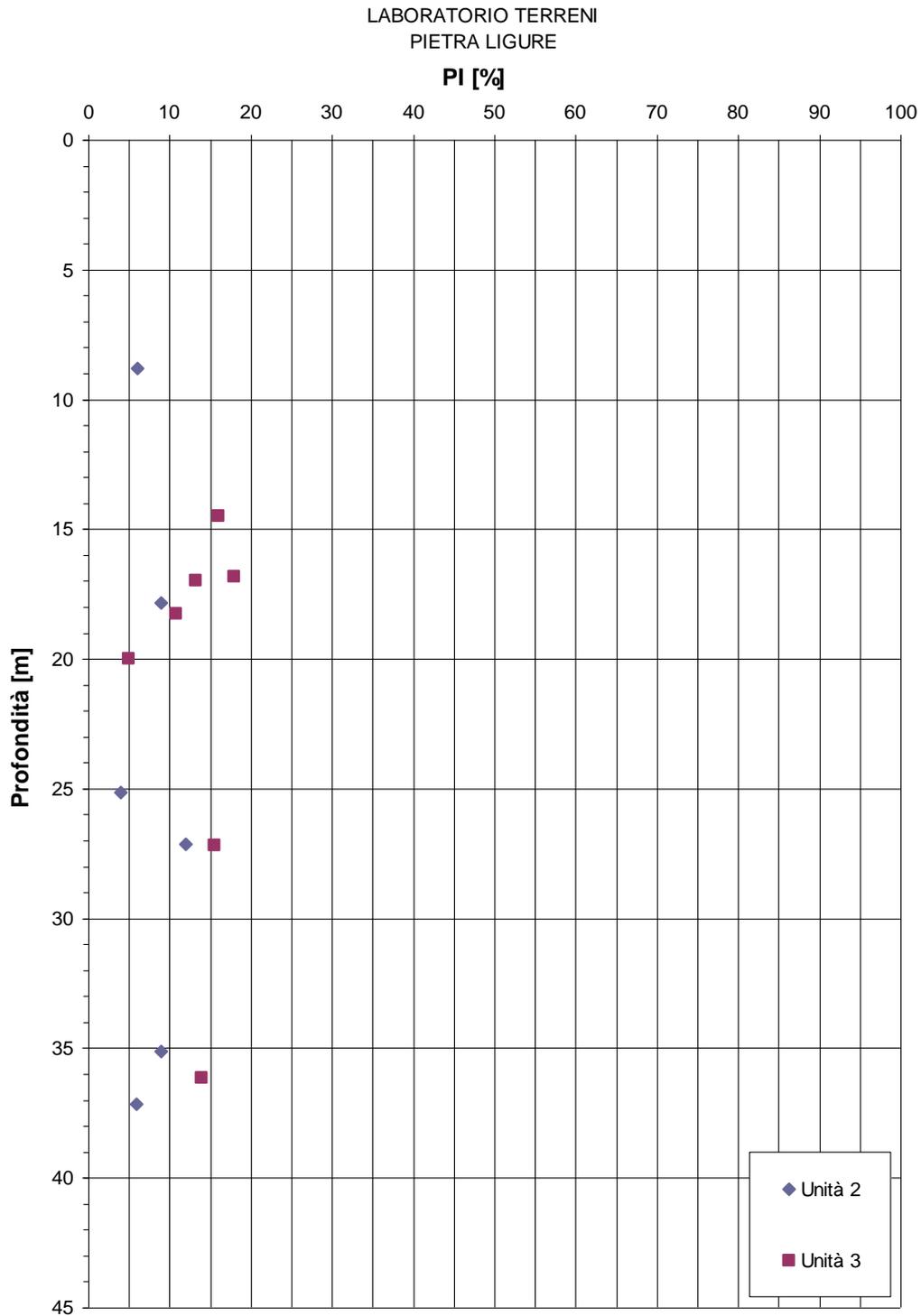
**Figura 48. Andora - Peso specifico dei grani**



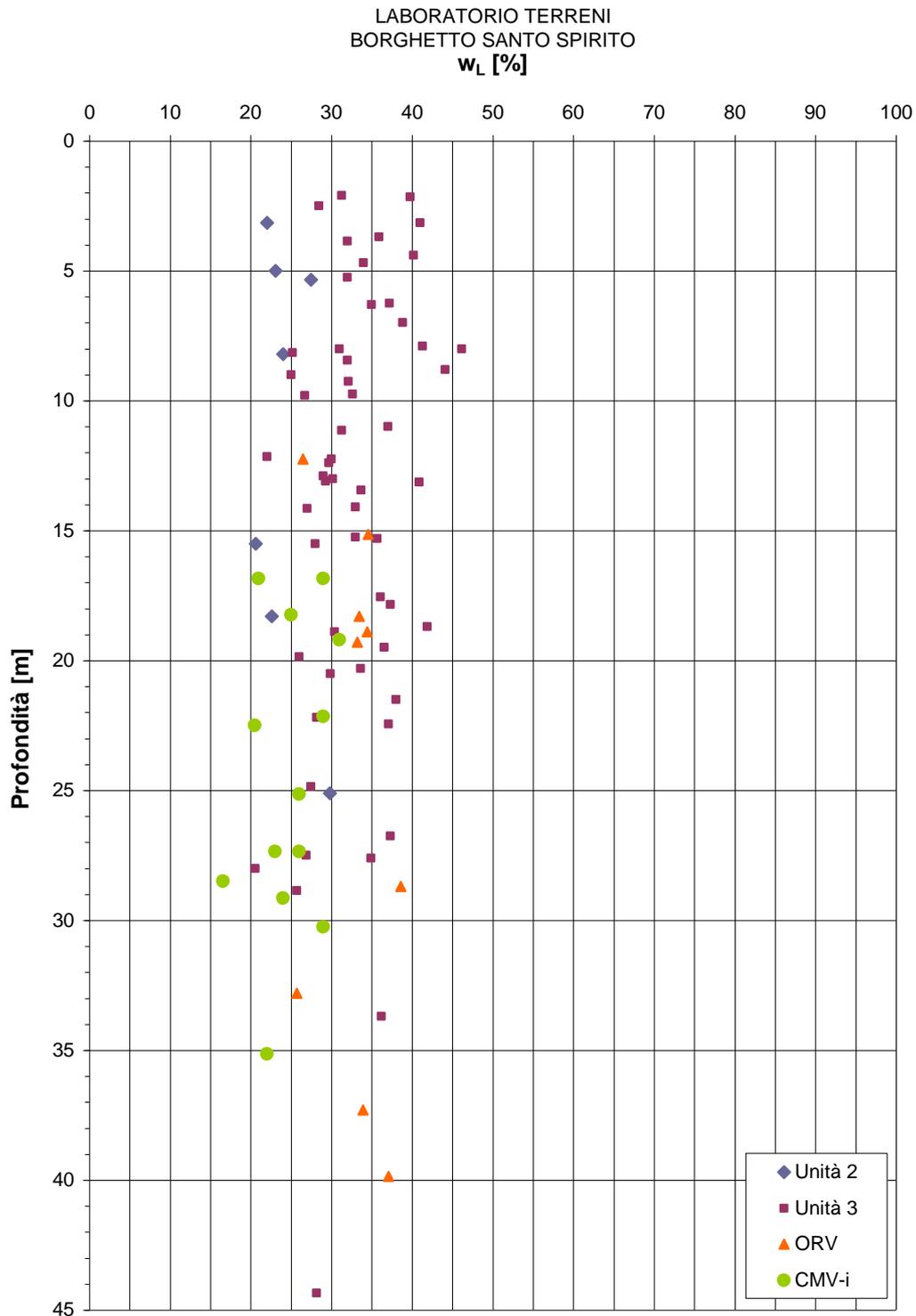
**Figura 49. Pietra Ligure - Limite di liquidità**



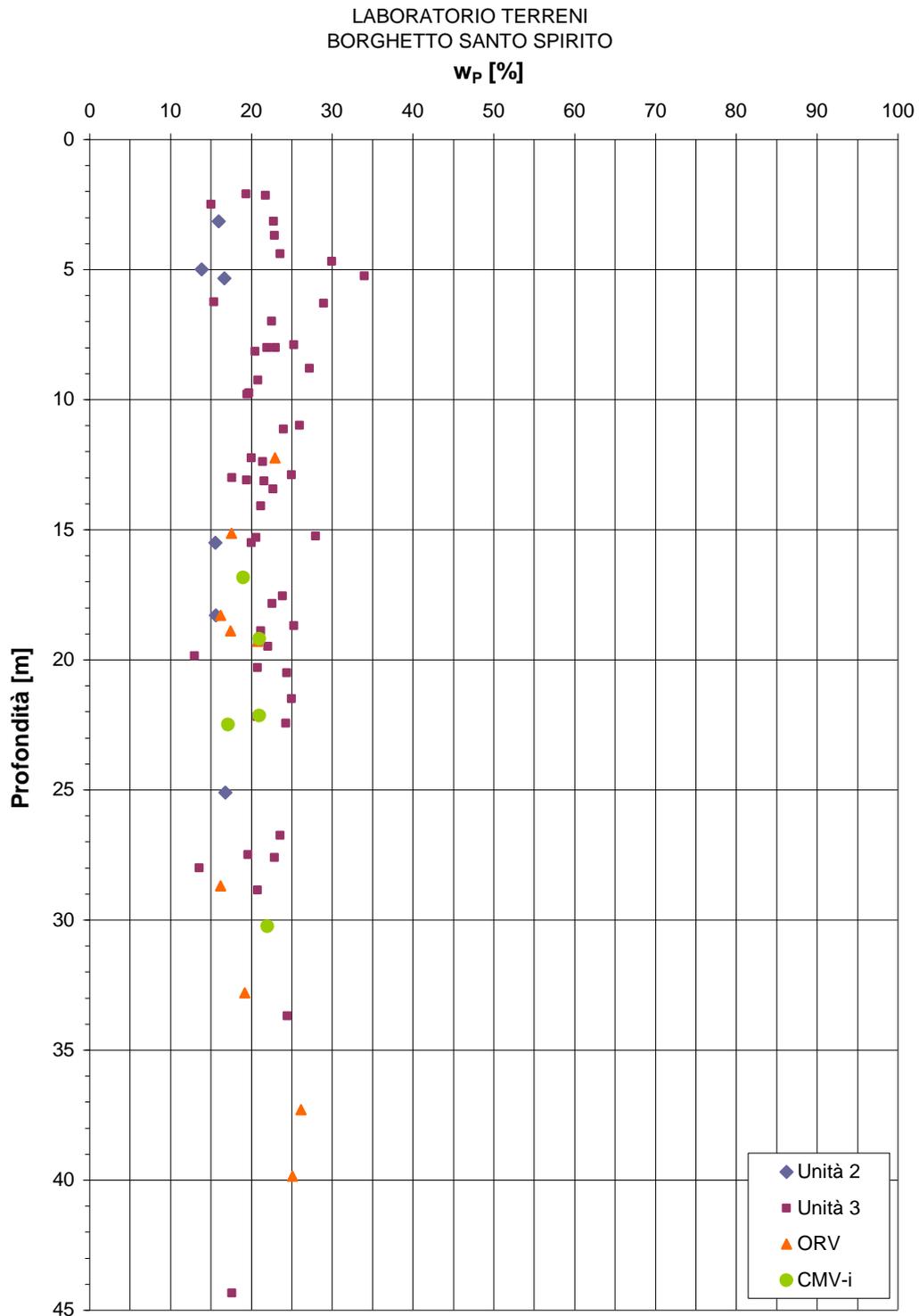
**Figura 50. Pietra Ligure - Limite di plasticità**



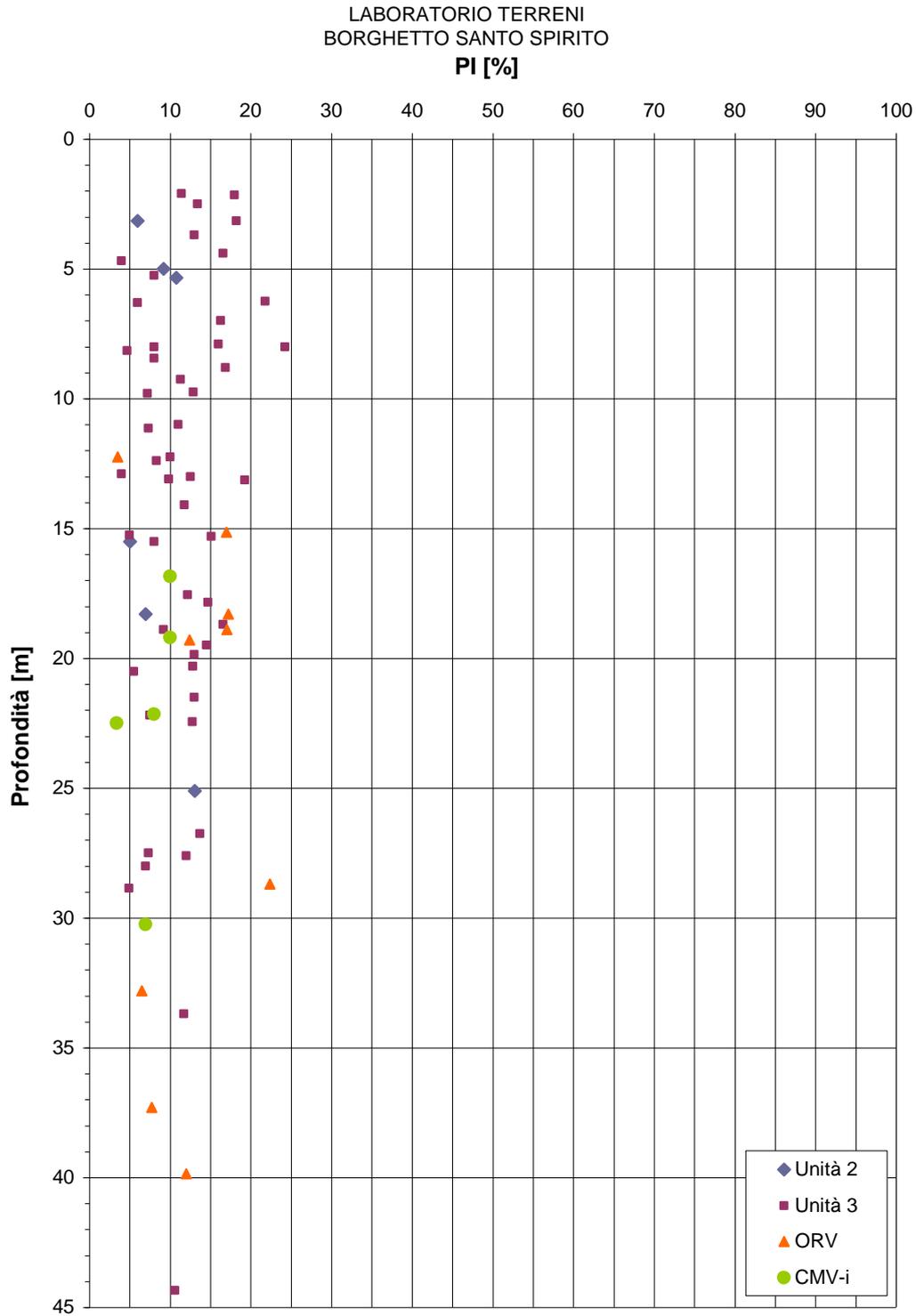
**Figura 51. Pietra Ligure - Indice di plasticità**



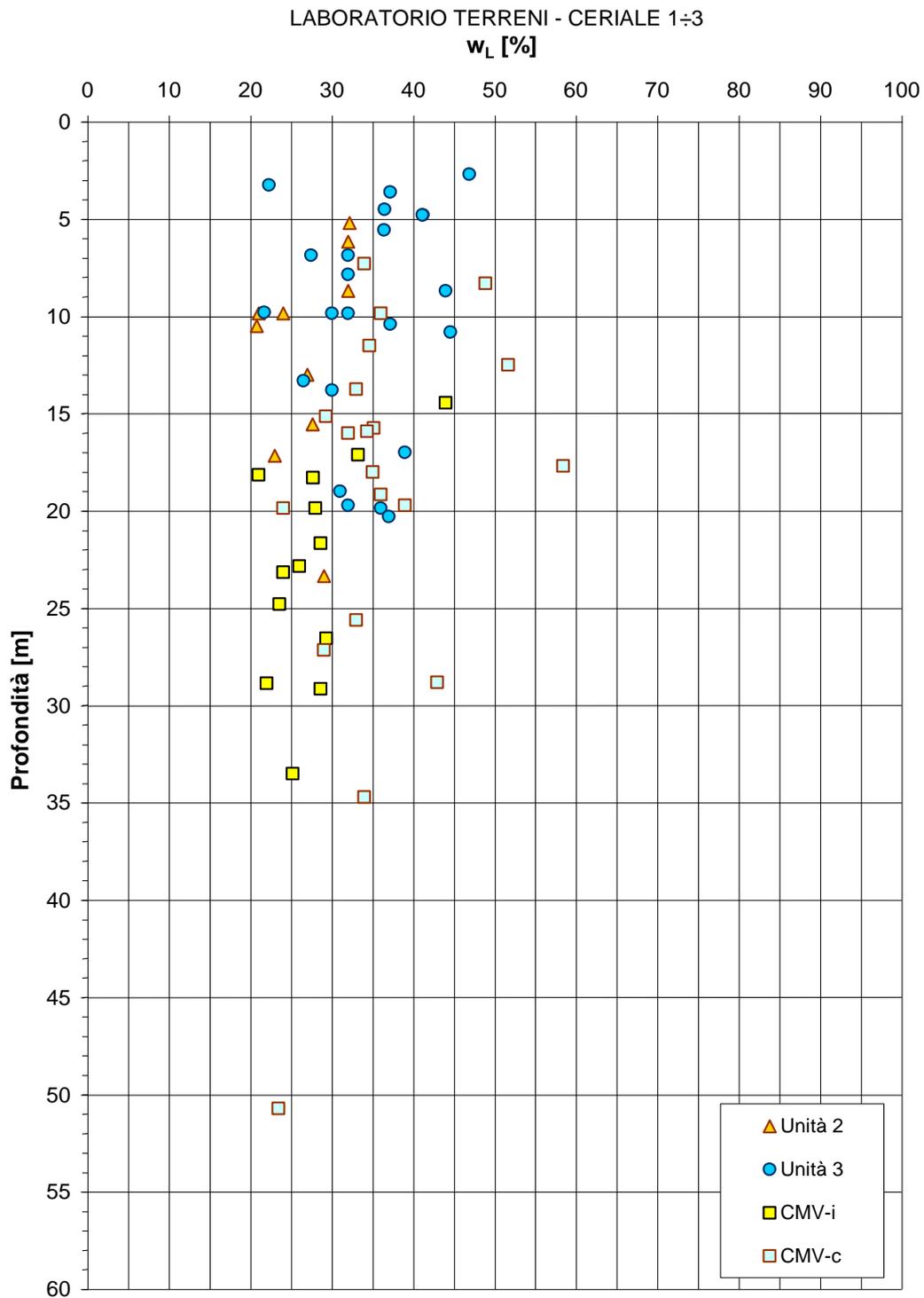
**Figura 52. Borghetto S. Spirito - Limite di liquidità**



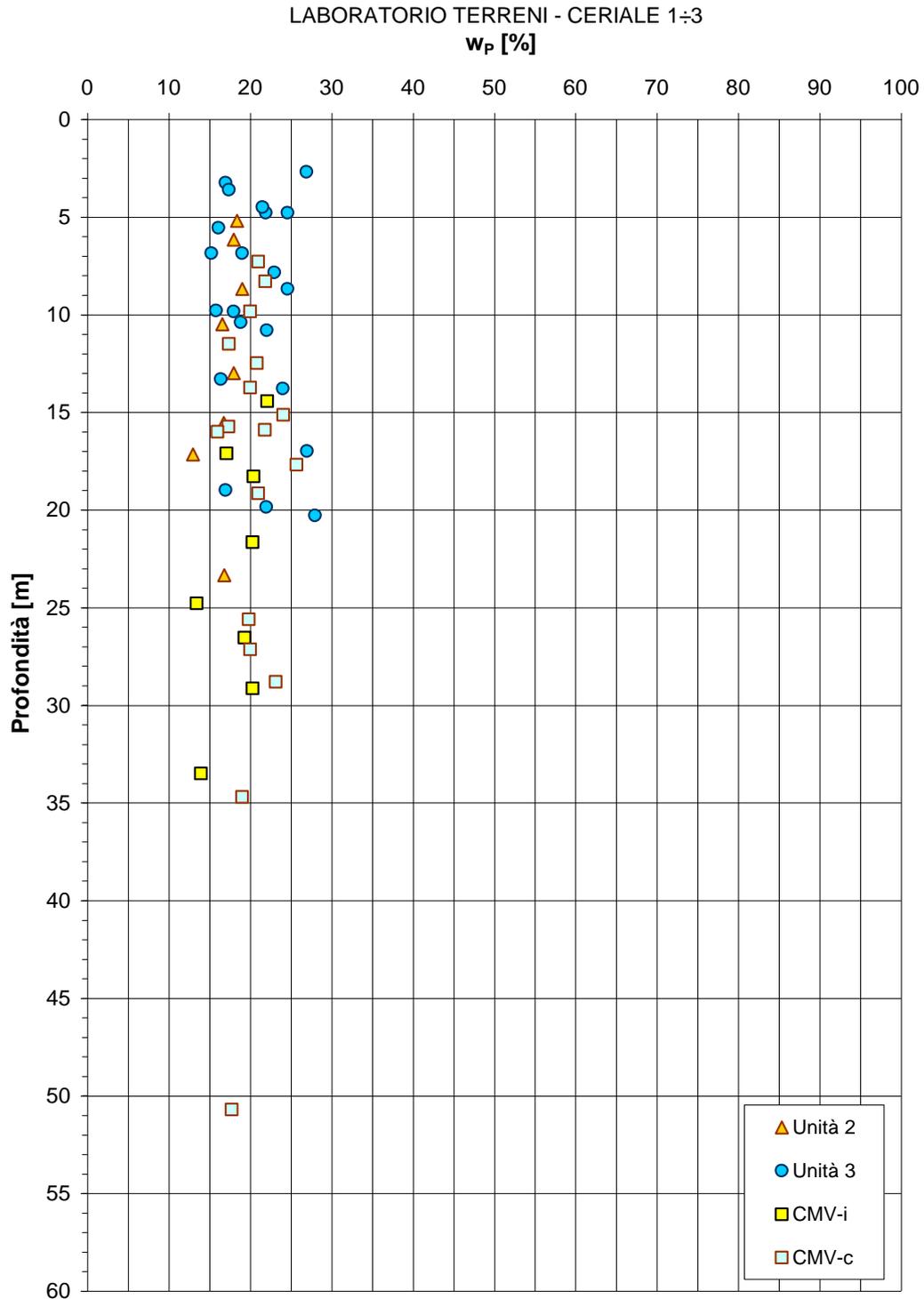
**Figura 53. Borghetto S. Spirito - Limite di plasticità**



**Figura 54. Borghetto S. Spirito - Indice di plasticità**



**Figura 55. Ceriale - Limite di liquidità**



**Figura 56. Ceriale - Limite di plasticità**

LABORATORIO TERRENI - CERIALE 1÷3

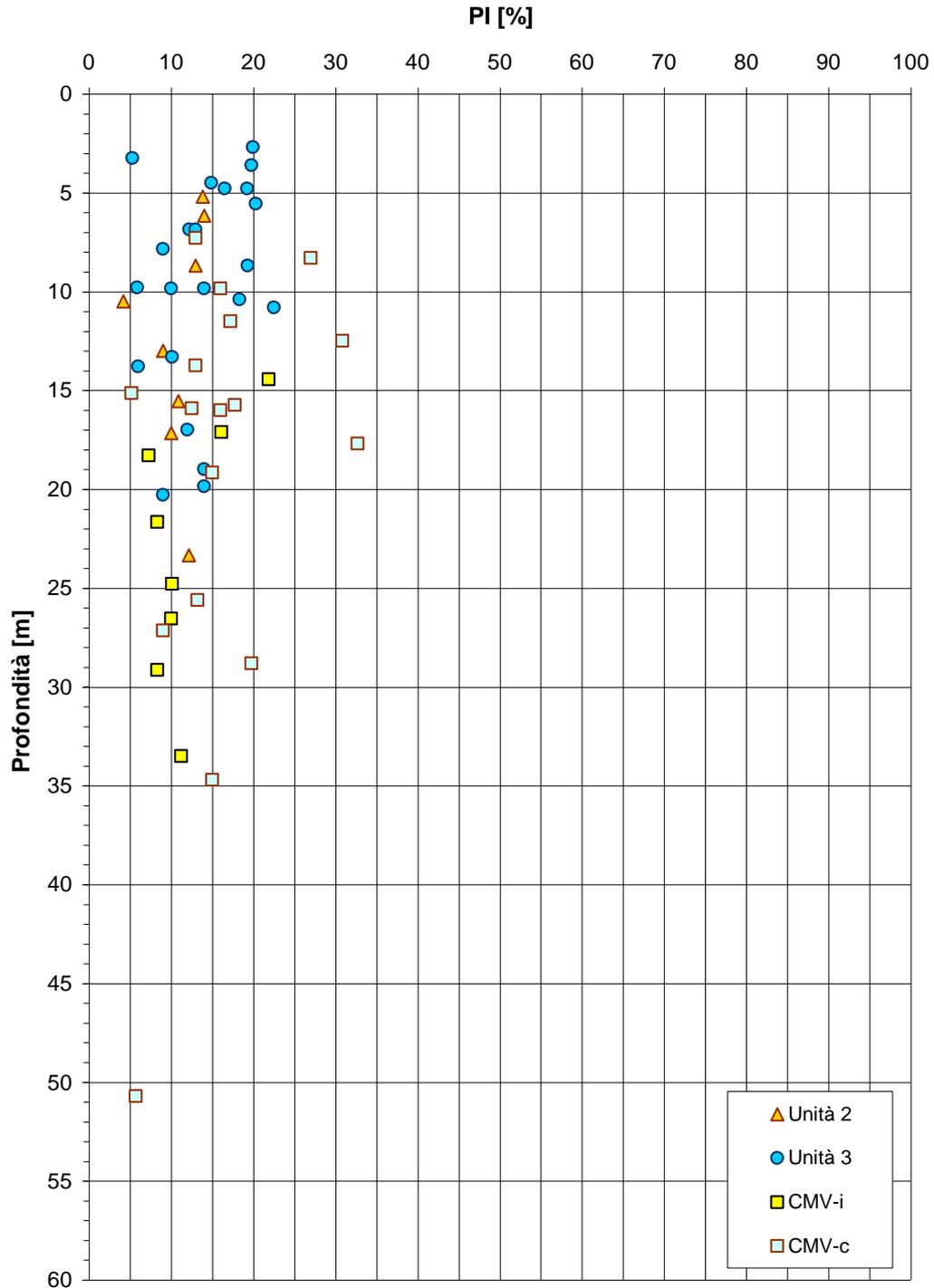
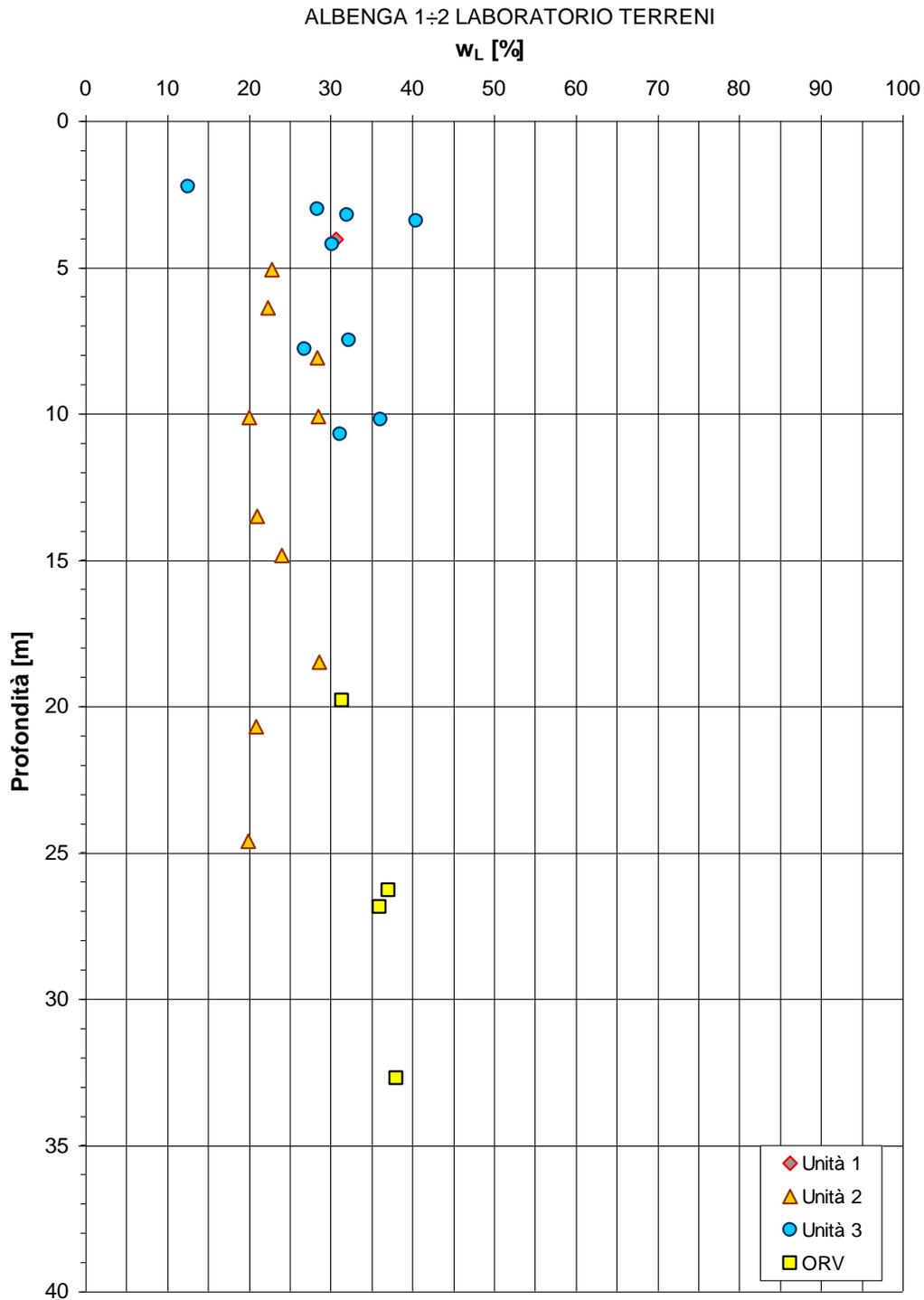


Figura 57. Ceriale - Indice di plasticità



**Figura 58. Albenga - Limite di liquidità**

ALBENGA 1÷2 LABORATORIO TERRENI

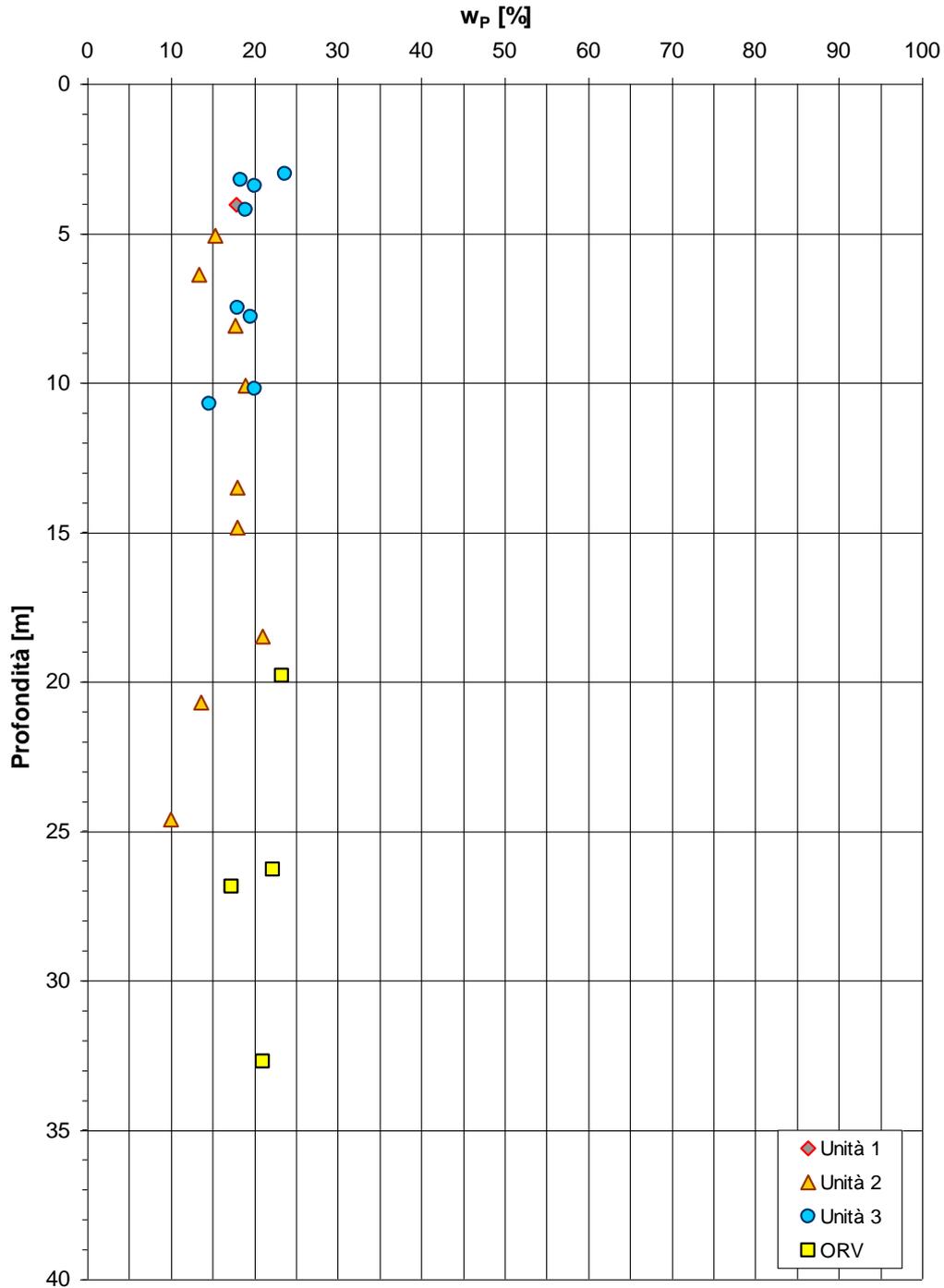
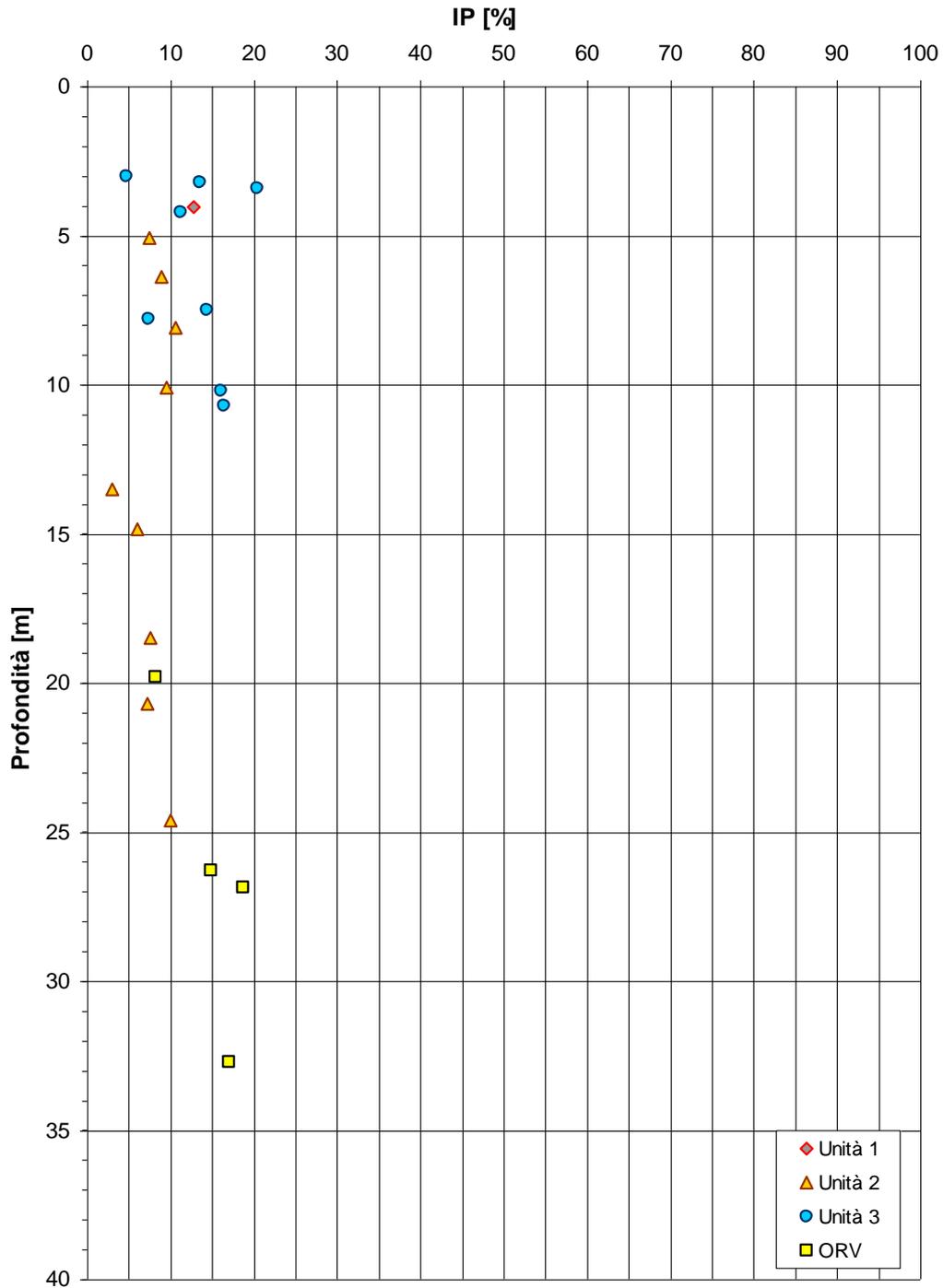
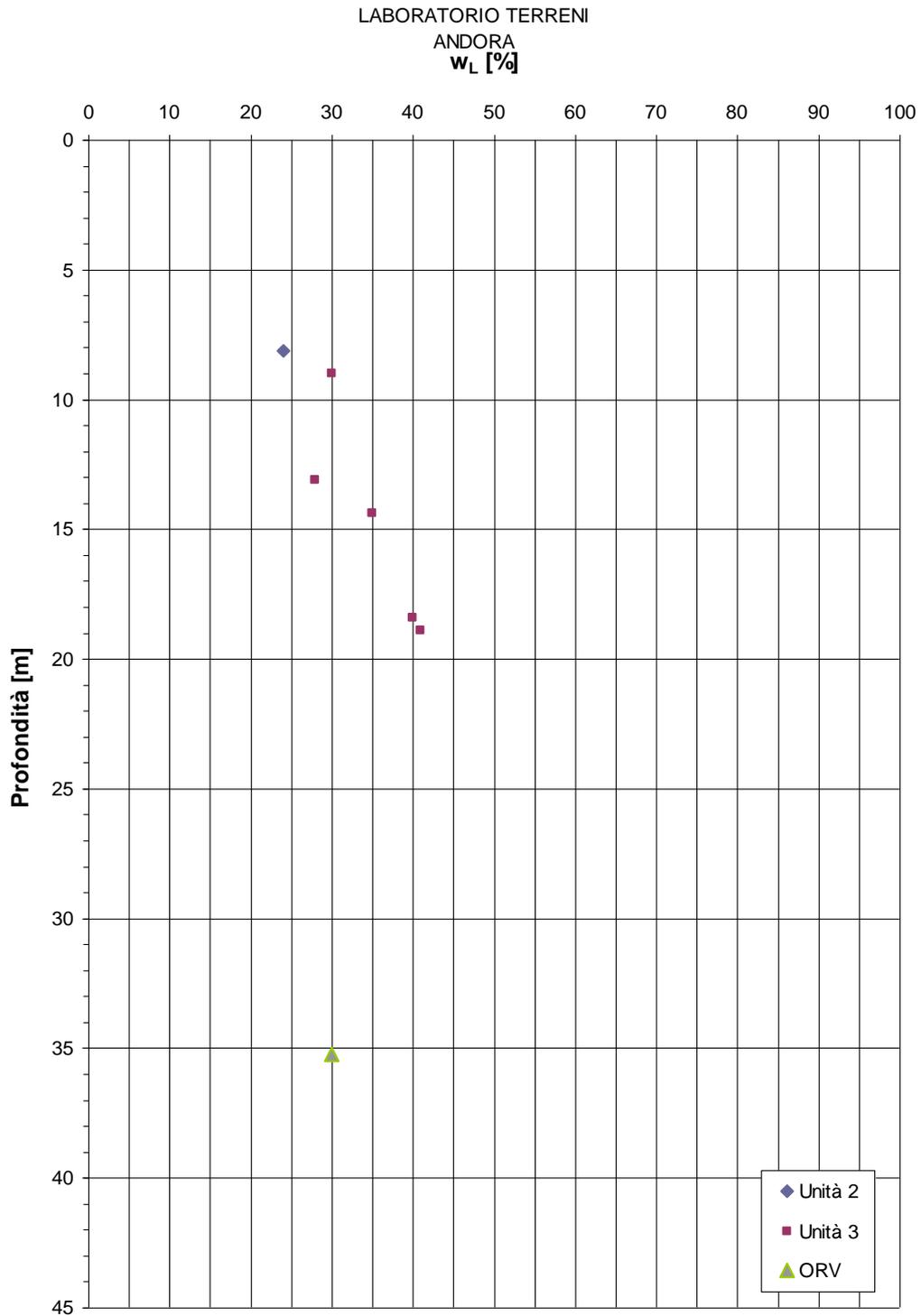


Figura 59. Albenga - Limite di plasticità

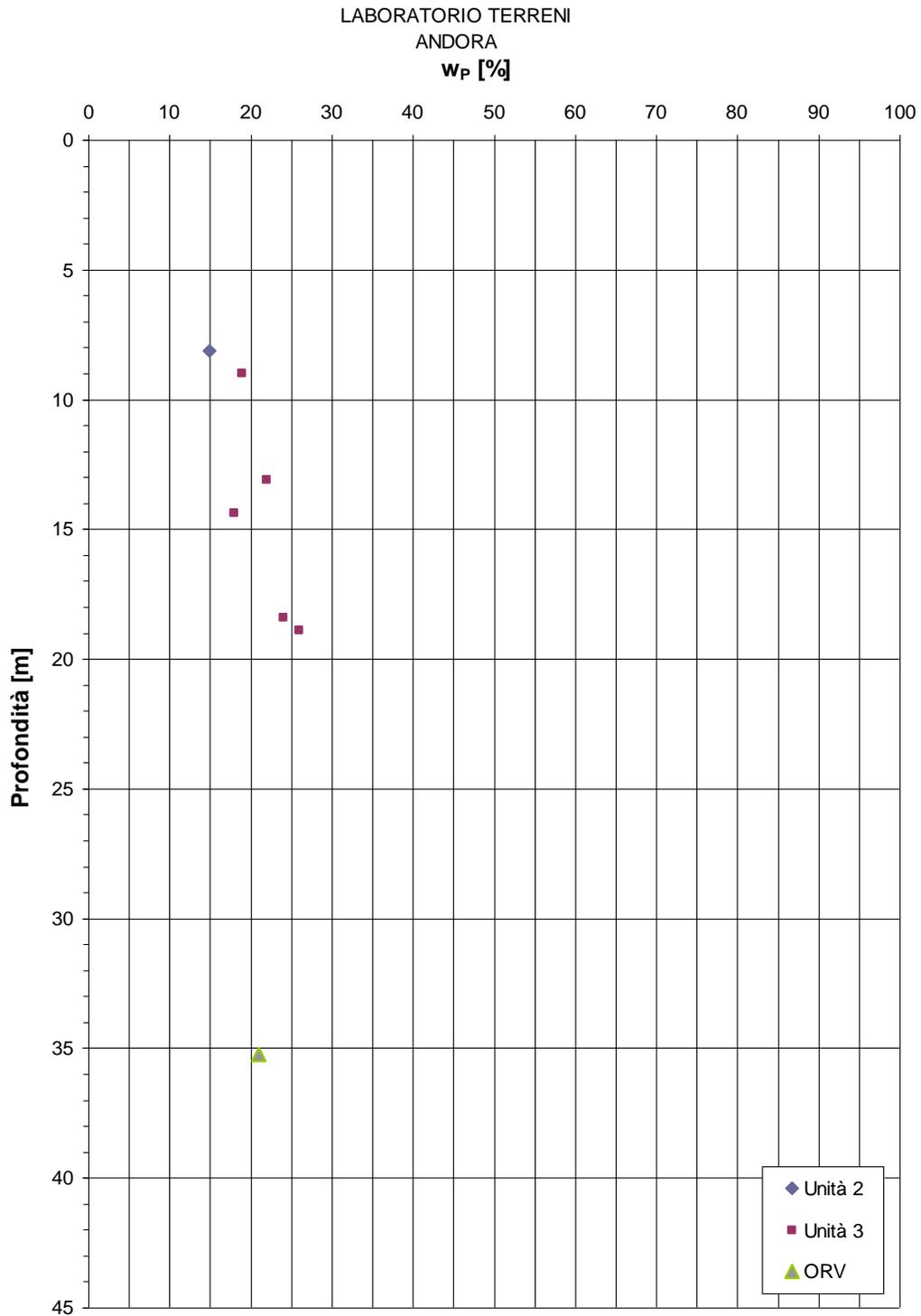
ALBENGA 1÷2 LABORATORIO TERRENI



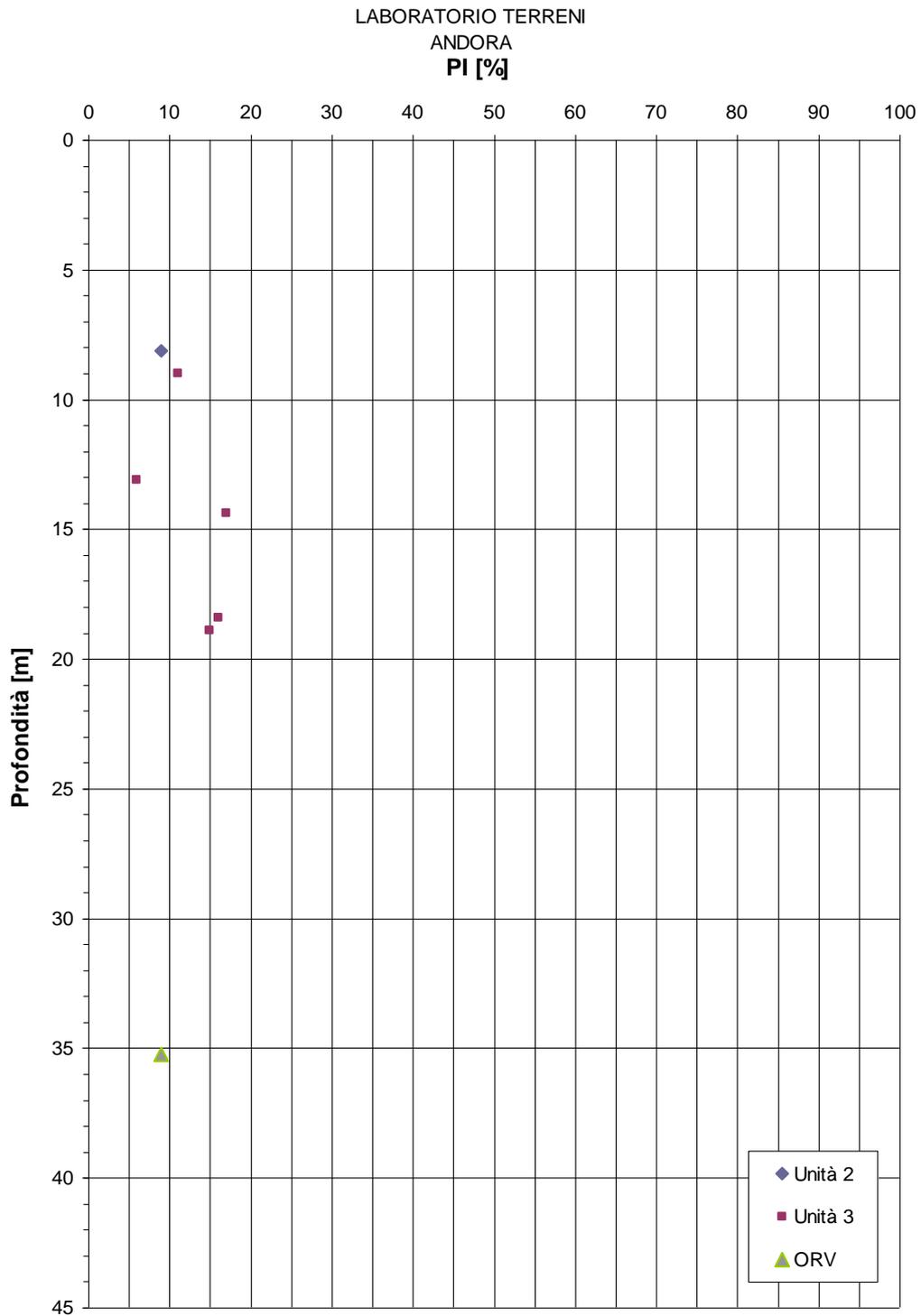
**Figura 60. Albenga - Indice di plasticità**



**Figura 61. Andora - Limite di liquidità**

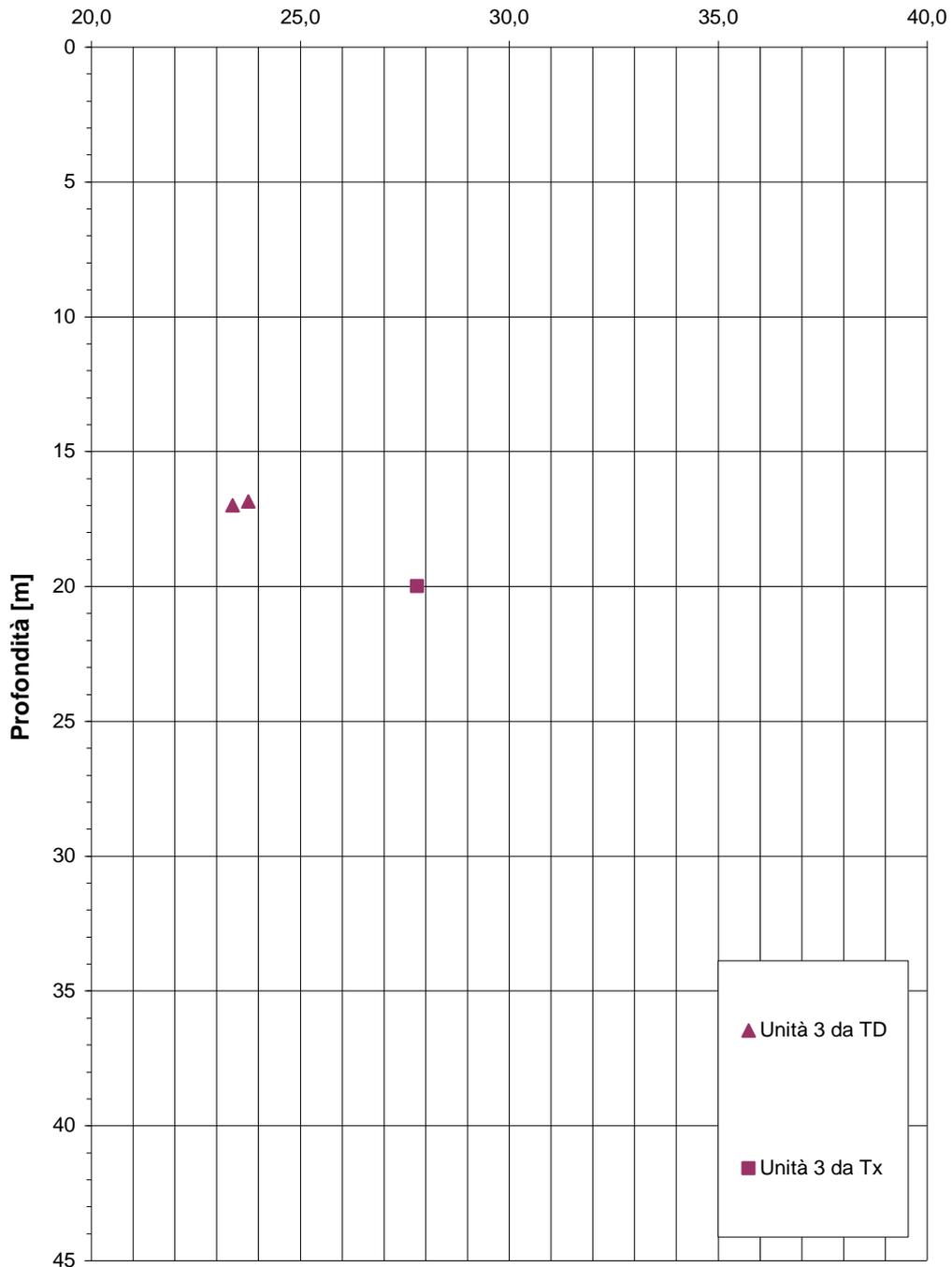


**Figura 62. Andora - Limite di plasticità**



**Figura 63. Andora - Indice di plasticità**

LABORATORIO TERRENI  
PIETRA LIGURE  
**f' [°] da TD e TX**



**Figura 64. Pietra Ligure - Angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio**

LABORATORIO TERRENI  
BORGHETTO SANTO SPIRITO

$\phi^*$  [°] da TD e TX

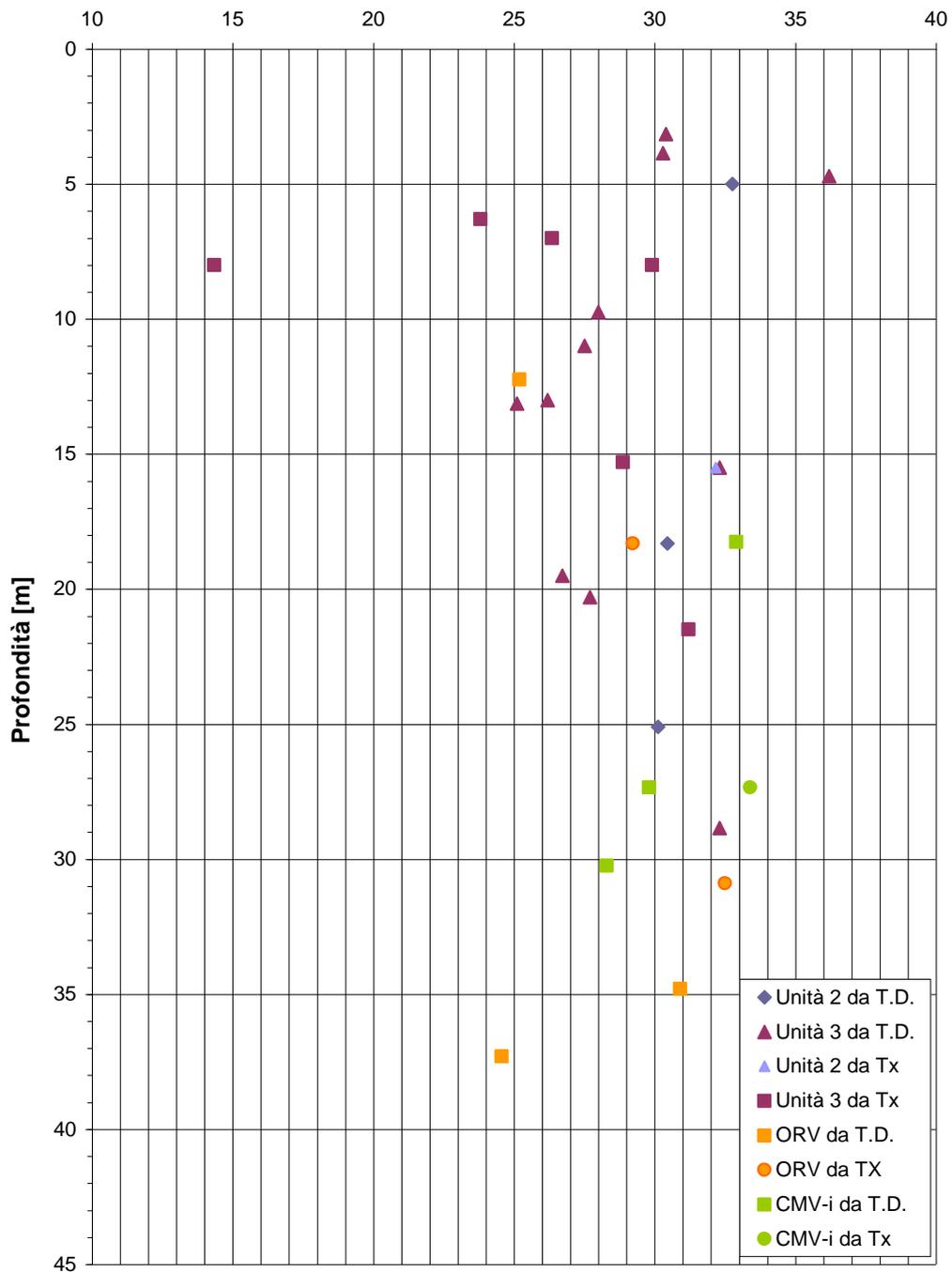
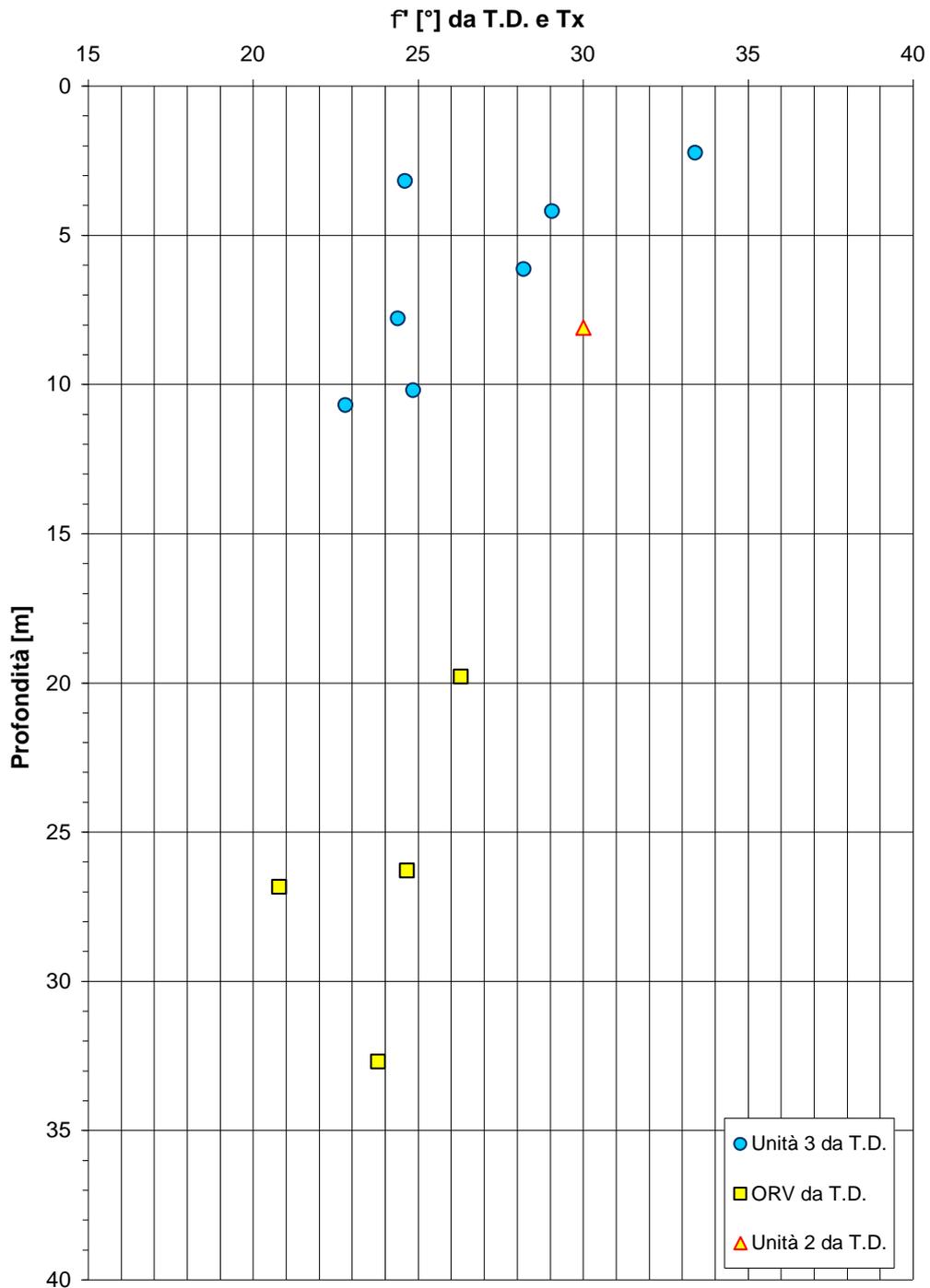


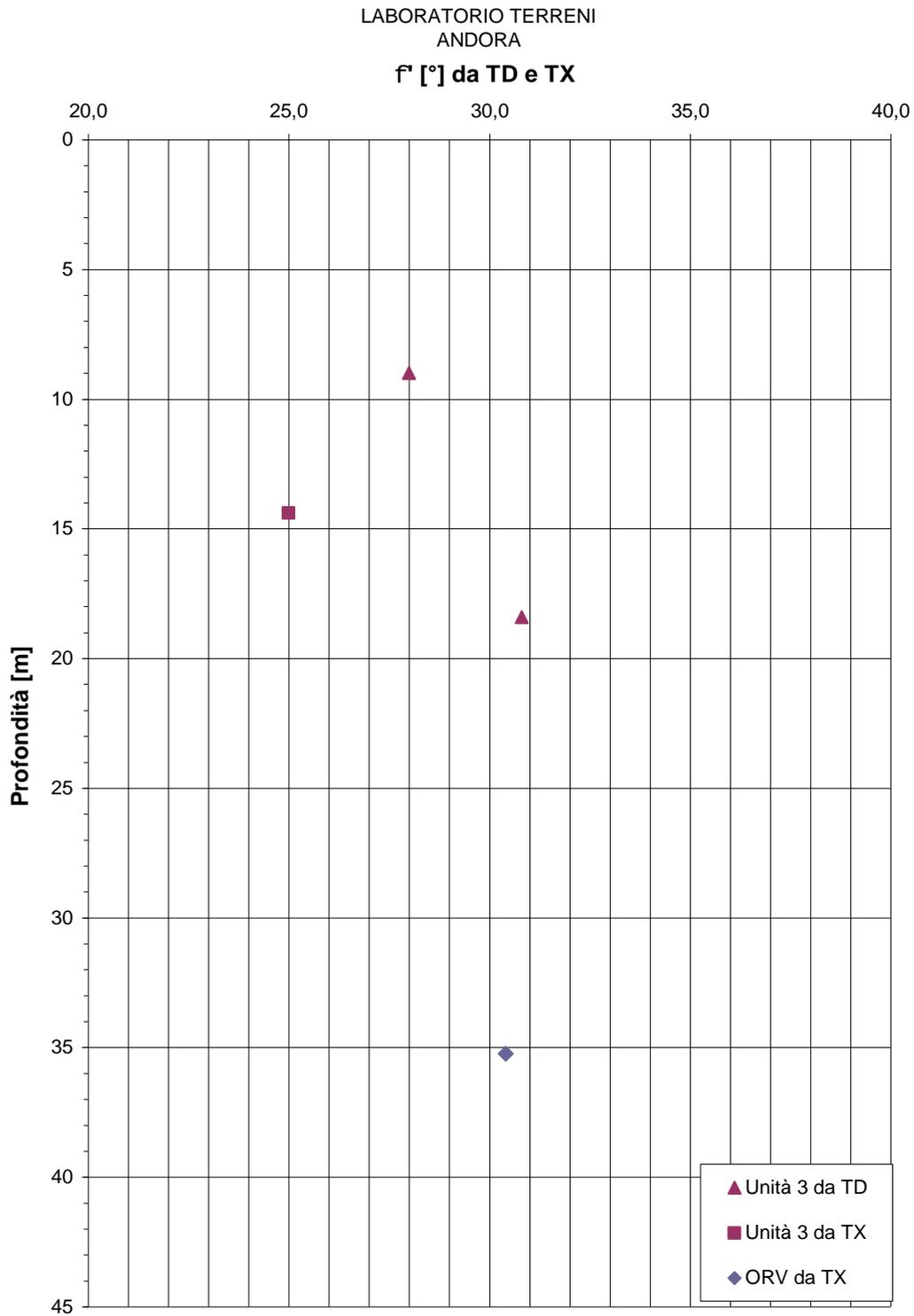
Figura 65. Borghetto S. Spirito - Angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio



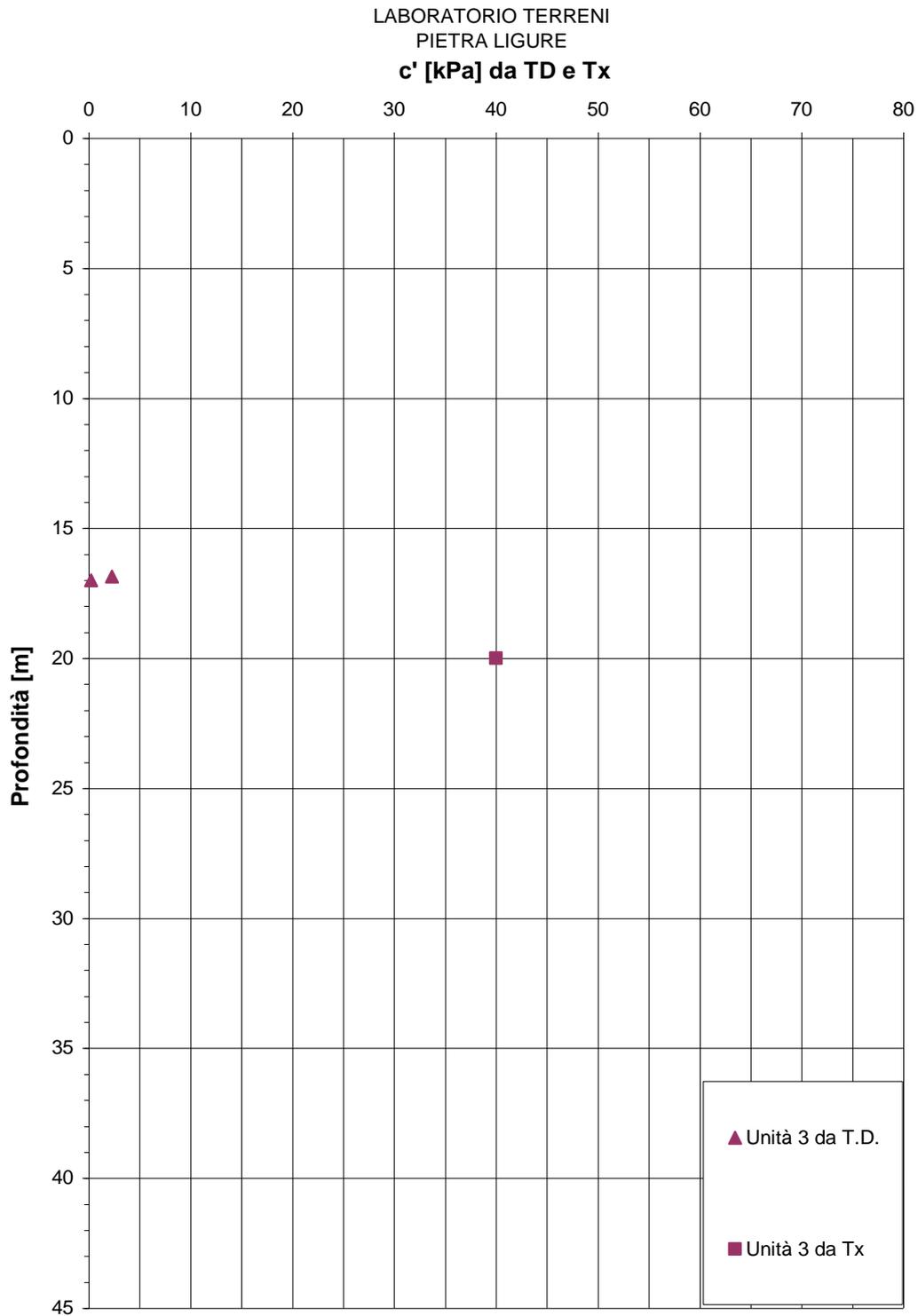
ALBENGA 1÷2 LABORATORIO TERRENI



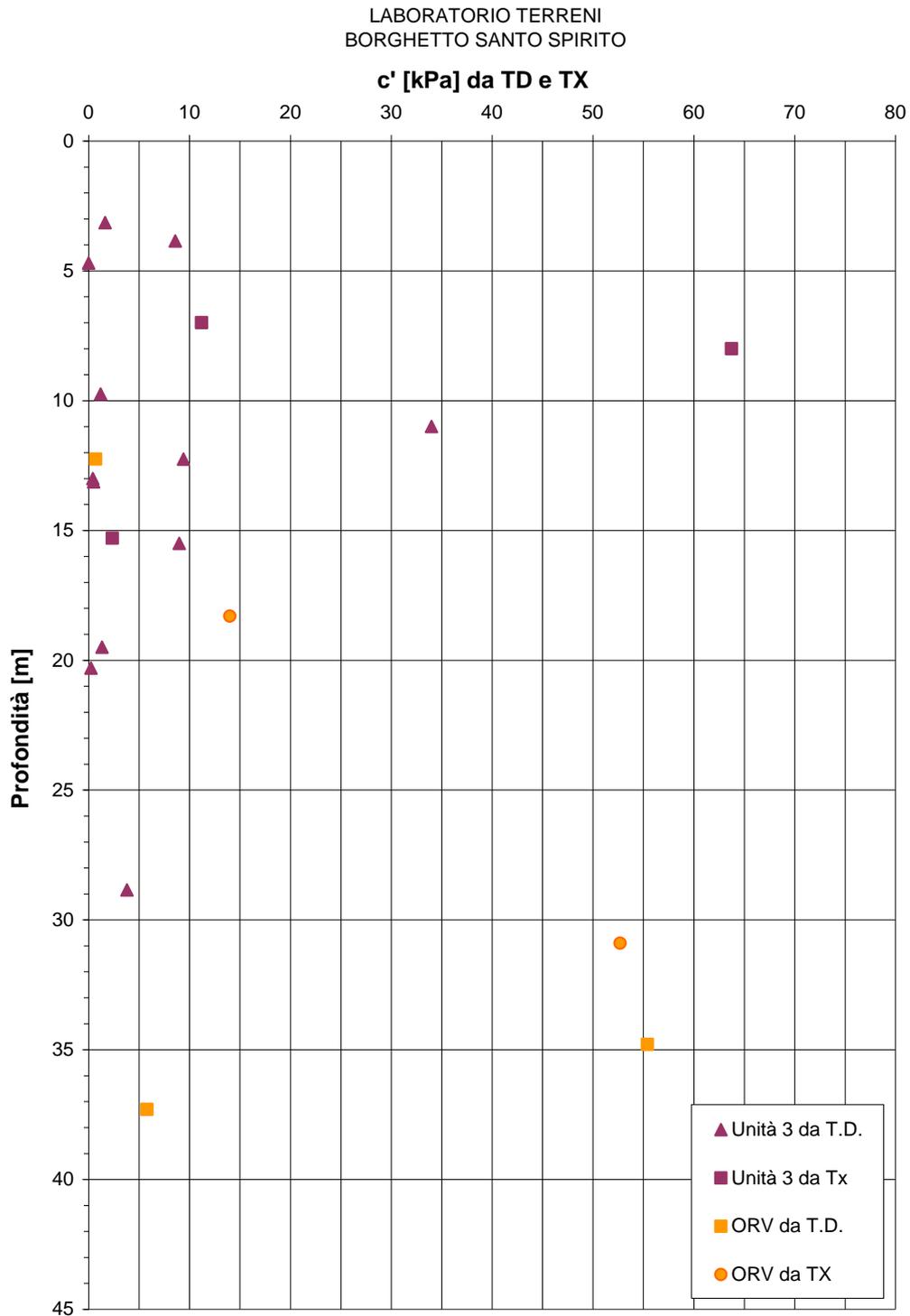
**Figura 67. Albenga - Angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio**



**Figura 68. Andora - Angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio**



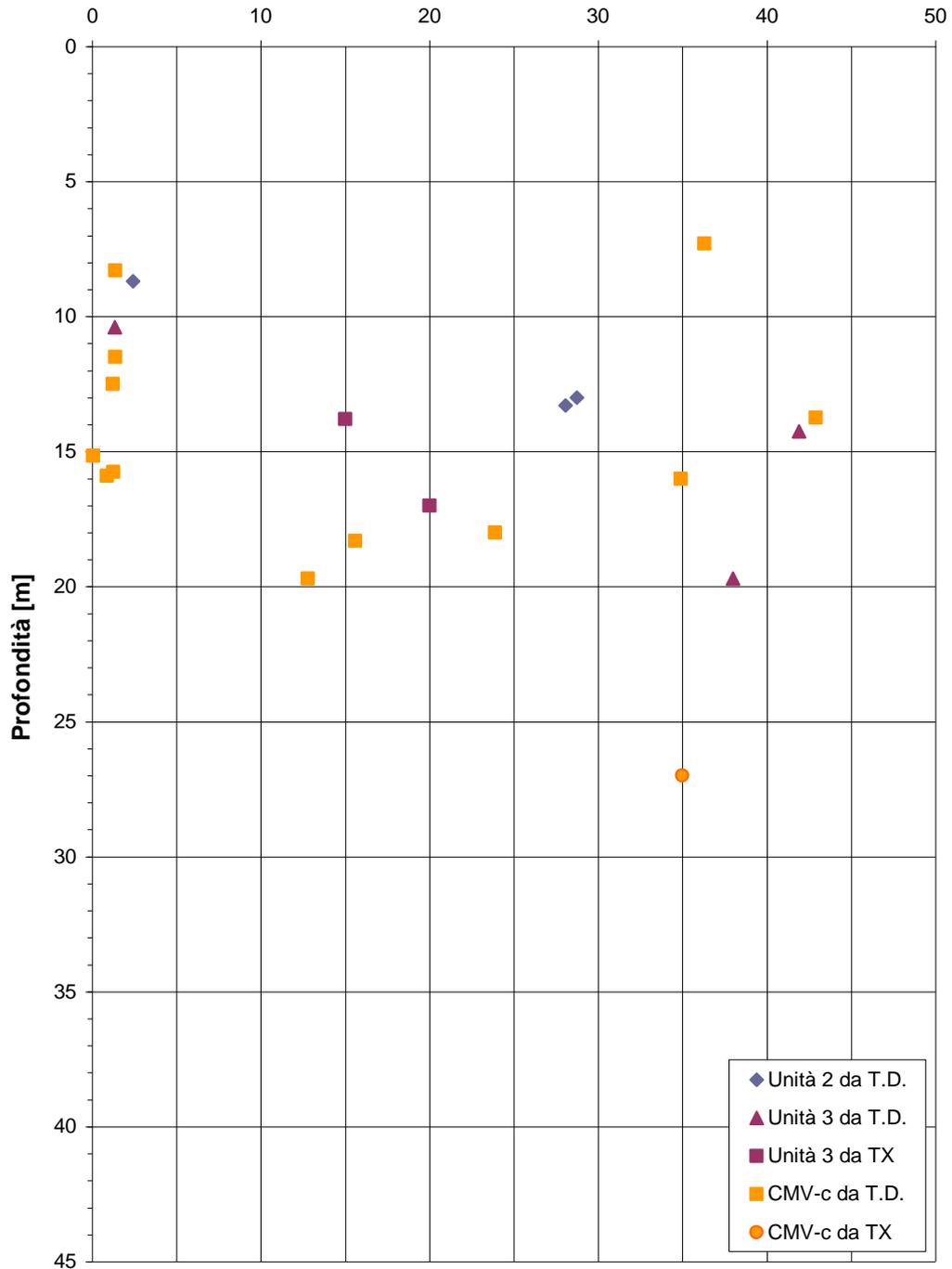
**Figura 69. Pietra Ligure - Coesione efficace da prove di laboratorio**



**Figura 70. Borghetto S. Spirito - Coesione efficace da prove di laboratorio**

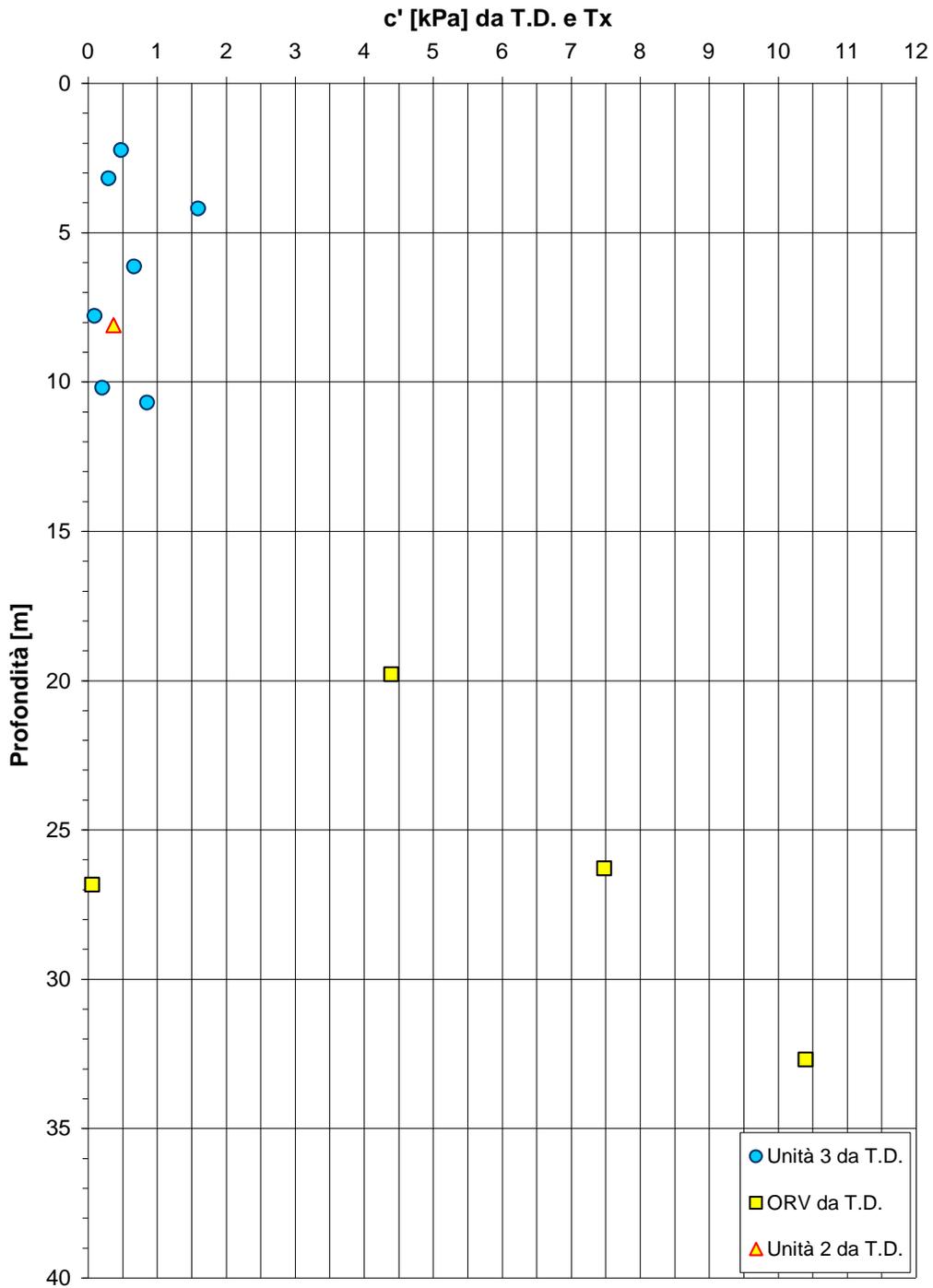
LABORATORIO TERRENI  
CERIALE 1÷3

**c' [kPa] da TD e TX**

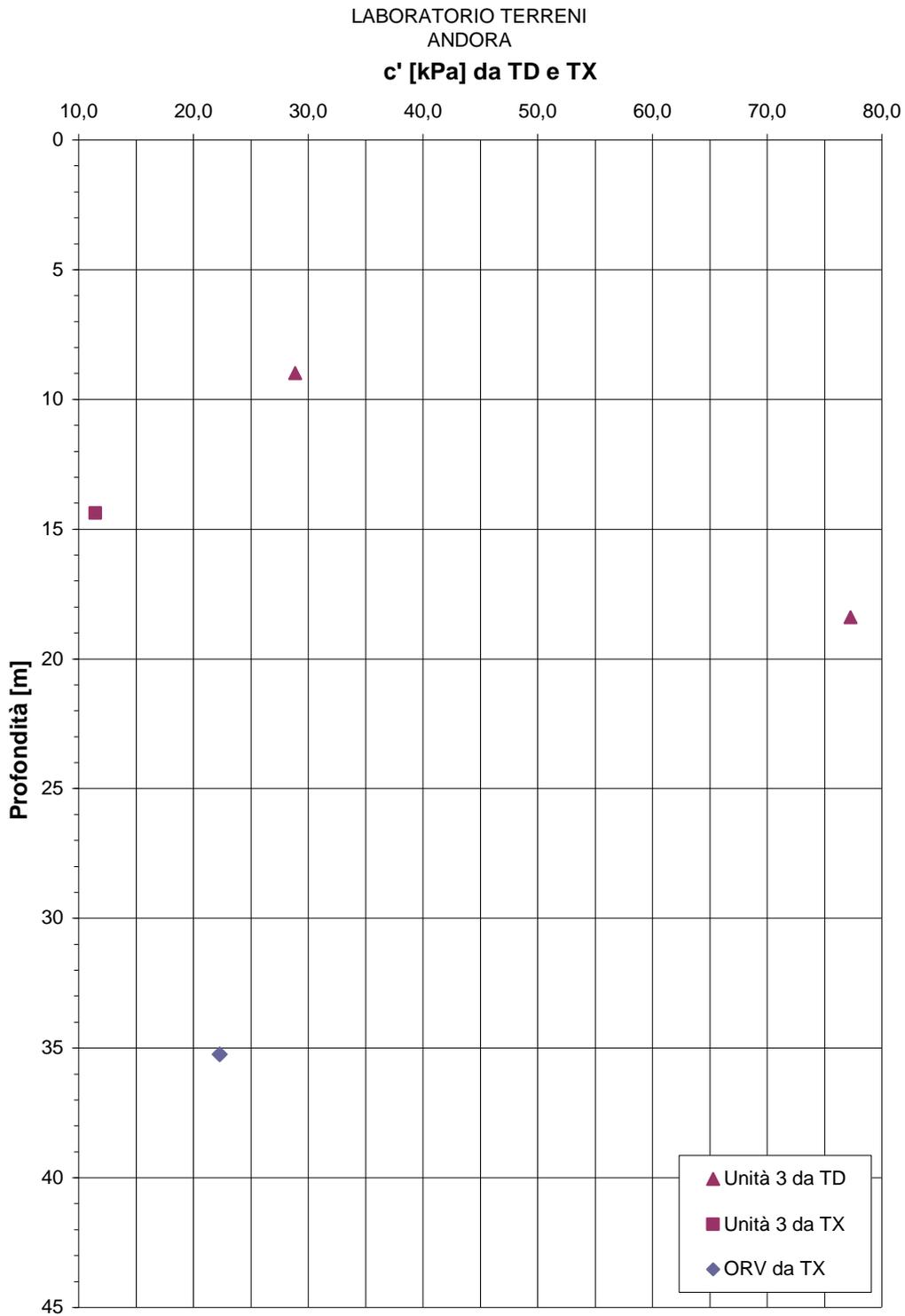


**Figura 71. Ceriale - Coesione efficace da prove di laboratorio**

ALBENGA 1÷2 LABORATORIO TERRENI

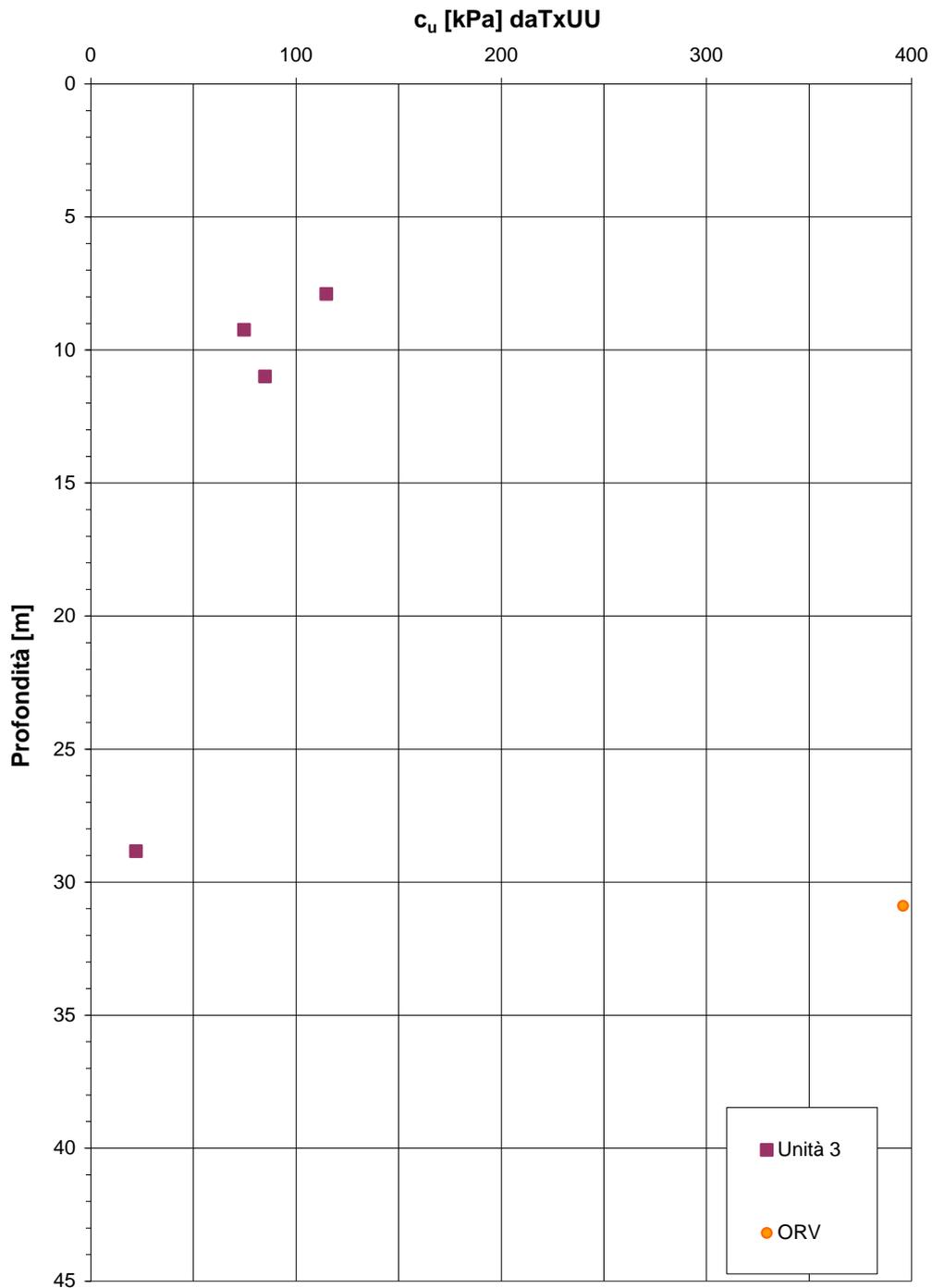


**Figura 72. Albenga - Coesione efficace da prove di laboratorio**



**Figura 73. Andora - Coesione efficace da prove di laboratorio**

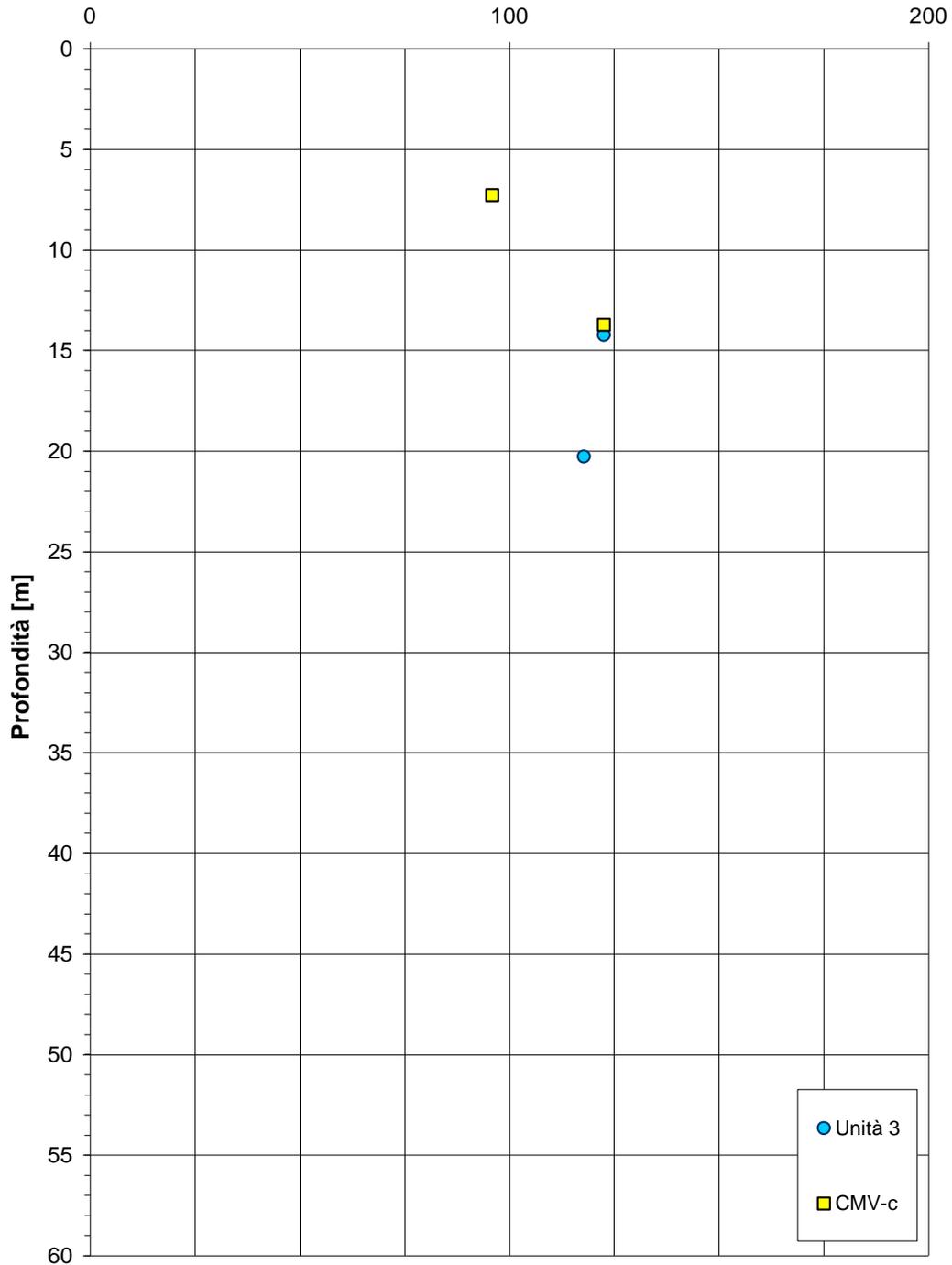
LABORATORIO TERRENI  
BORGHETTO SANTO SPIRITO



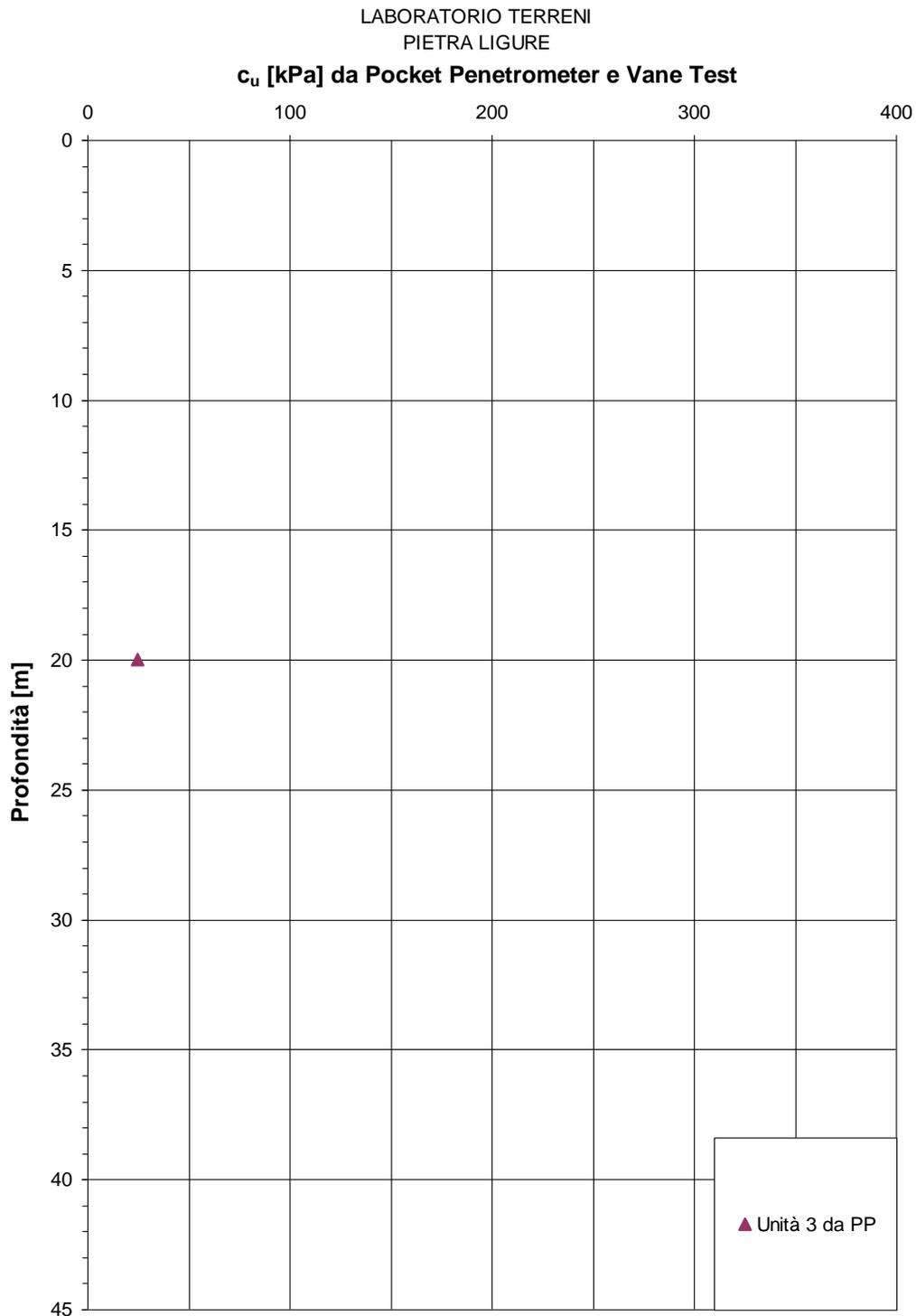
**Figura 74. Borghetto S. Spirito - Coesione non drenata ricavata da prove di laboratorio**

LABORATORIO TERRENI - CERIALE 1÷3

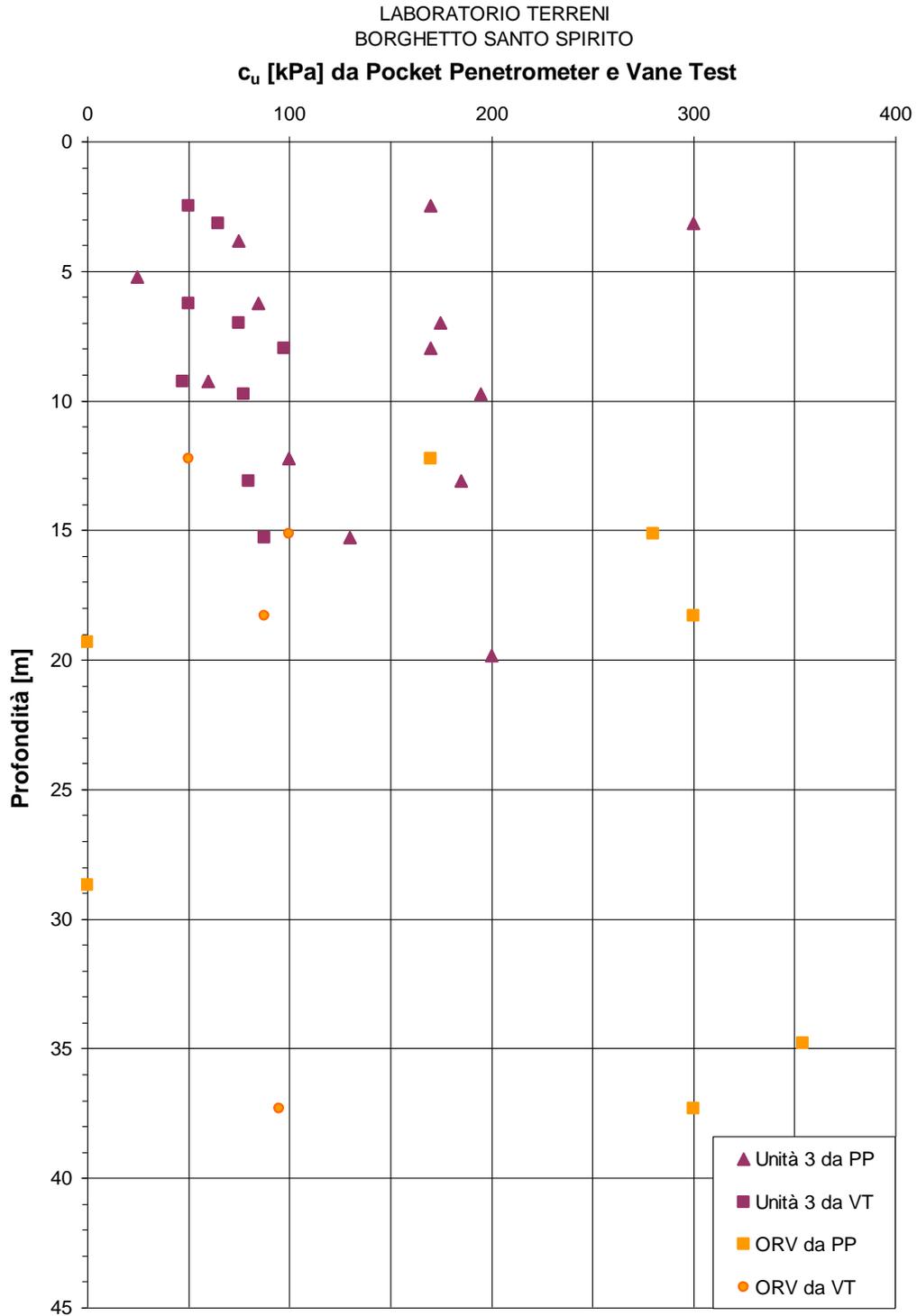
$c_u$  [kPa] da TxUU



**Figura 75. Ceriale - Coesione non drenata ricavata da prove di laboratorio**



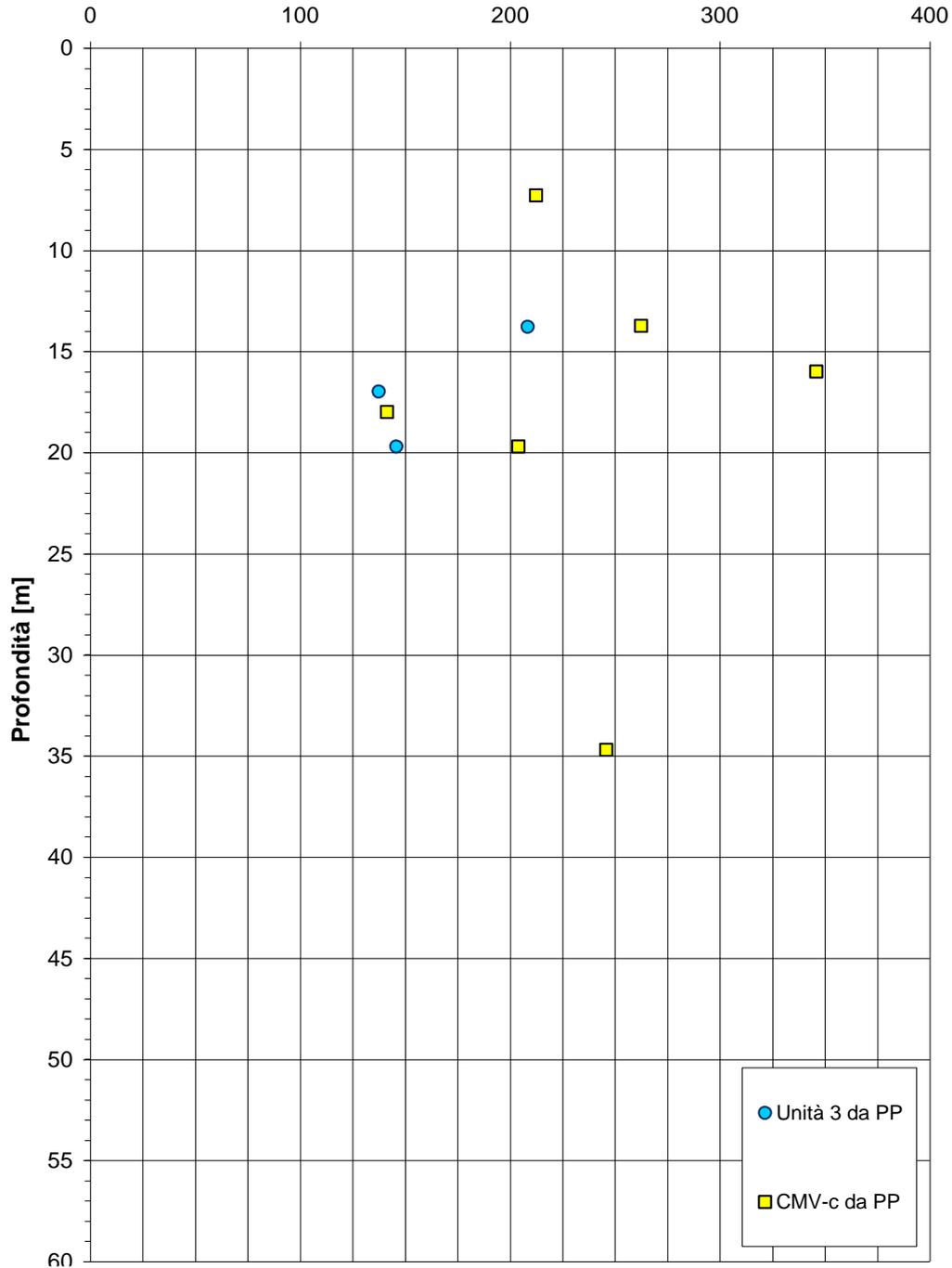
**Figura 76. Pietra Ligure - Coesione non drenata ricavata da prove con Pocket Penetrometer e Vane Test eseguite in laboratorio sui campioni prelevati**



**Figura 77. Borghetto S. Spirito - Coesione non drenata ricavata da prove con Pocket Penetrometer e Vane Test eseguite in laboratorio sui campioni prelevati**

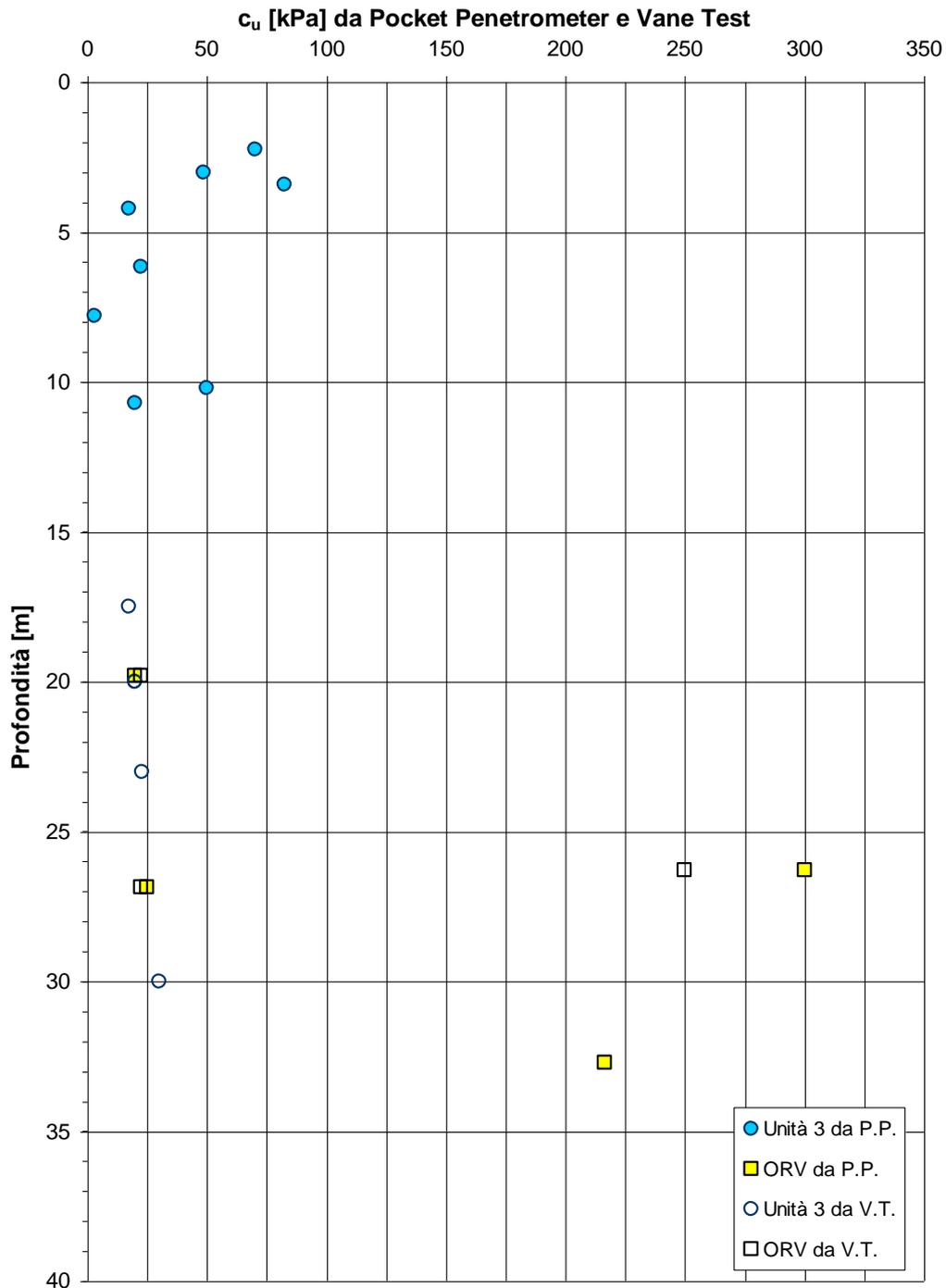
LABORATORIO TERRENI - CERIALE 1÷3

$c_u$  [kPa] da P.P. e T.V.



**Figura 78. Ceriale - Coesione non drenata ricavata da prove con Pocket Penetrometer e Vane Test eseguite in laboratorio sui campioni prelevati**

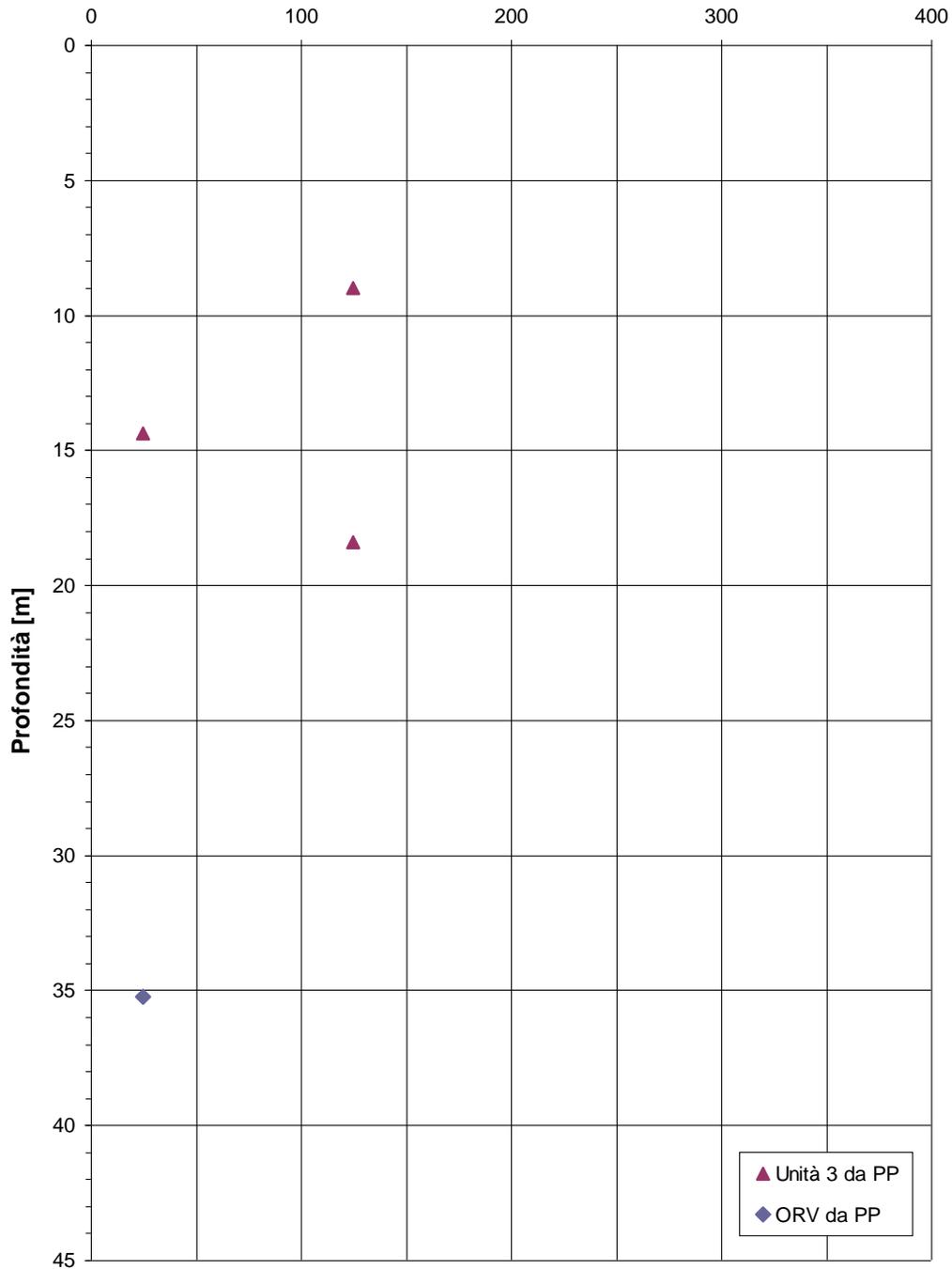
ALBENGA 1÷2 LABORATORIO TERRENI



**Figura 79. Albenga - Coesione non drenata ricavata da prove con Pocket Penetrometer e Vane Test eseguite in laboratorio sui campioni prelevati**

LABORATORIO TERRENI  
ANDORA

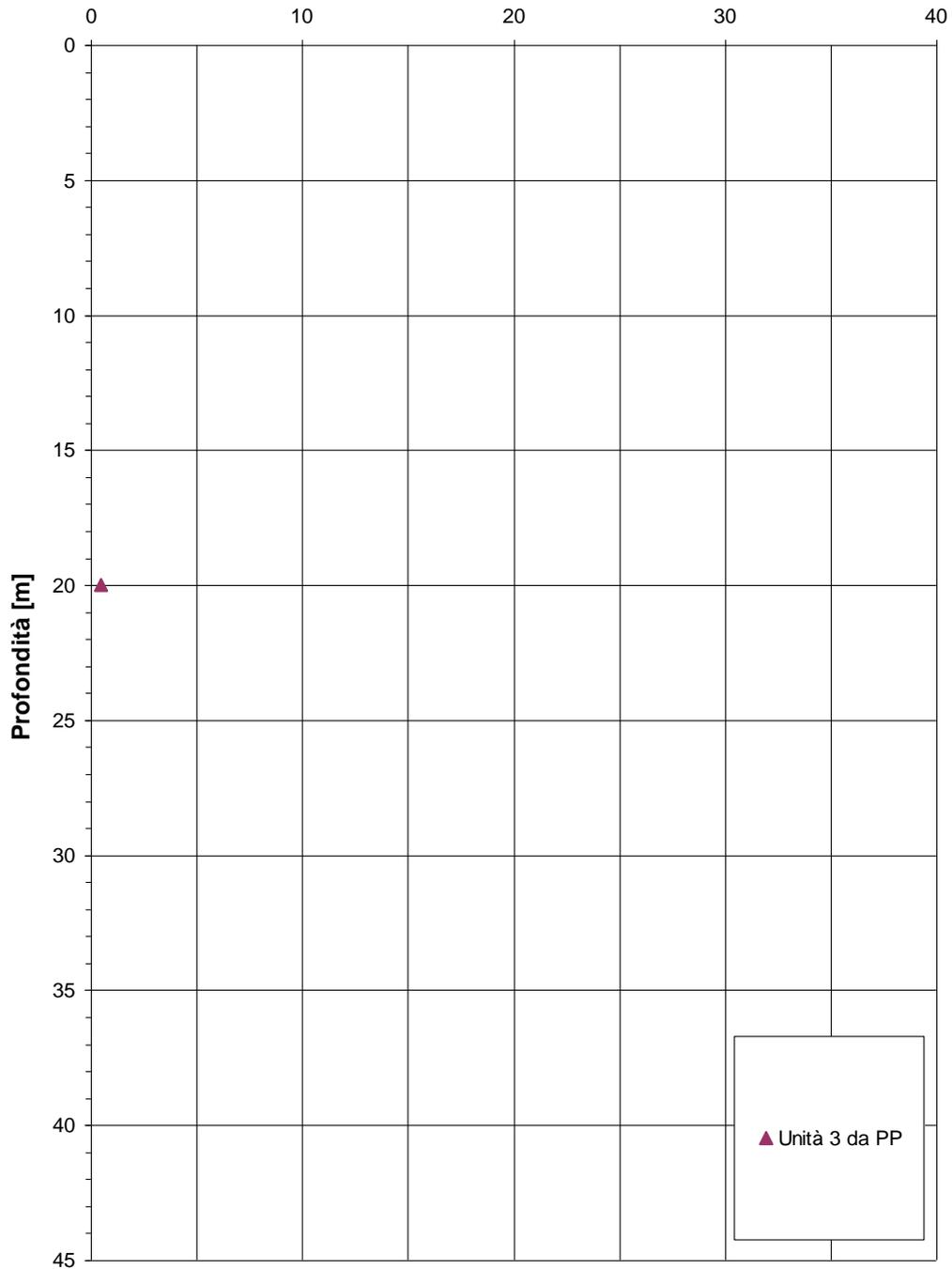
**$c_u$  [kPa] da Pocket Penetrometer e Vane Test**



**Figura 80. Andora - Coesione non drenata ricavata da prove con Pocket Penetrometer e Vane Test eseguite in laboratorio sui campioni prelevati**

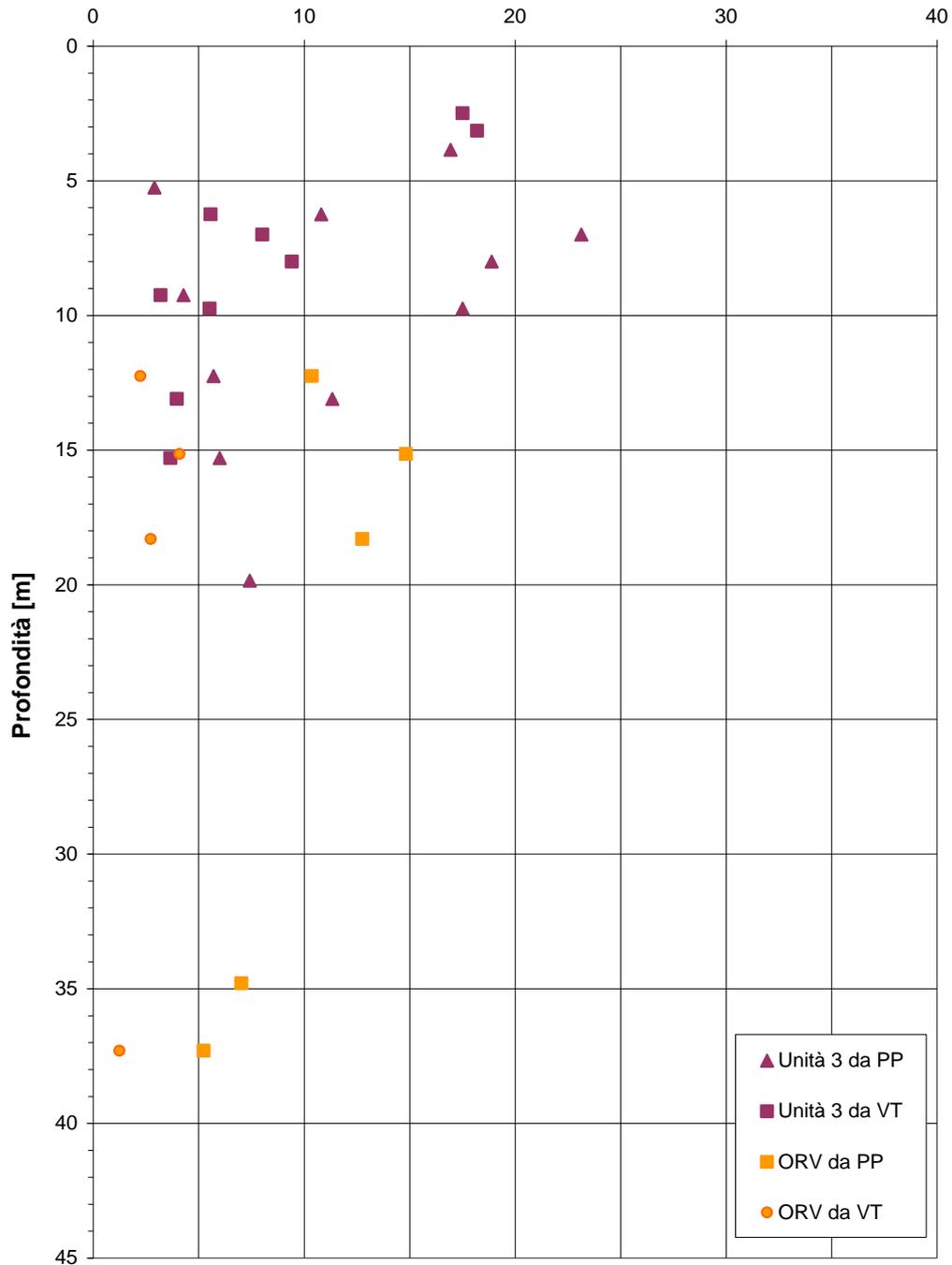
LABORATORIO TERRENI  
PIETRA LIGURE

**OCR da Pocket Penetrometer e Vane Test**



**Figura 81. Pietra Ligure - Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato da prove PP e VT eseguite in laboratorio sui campioni prelevati**

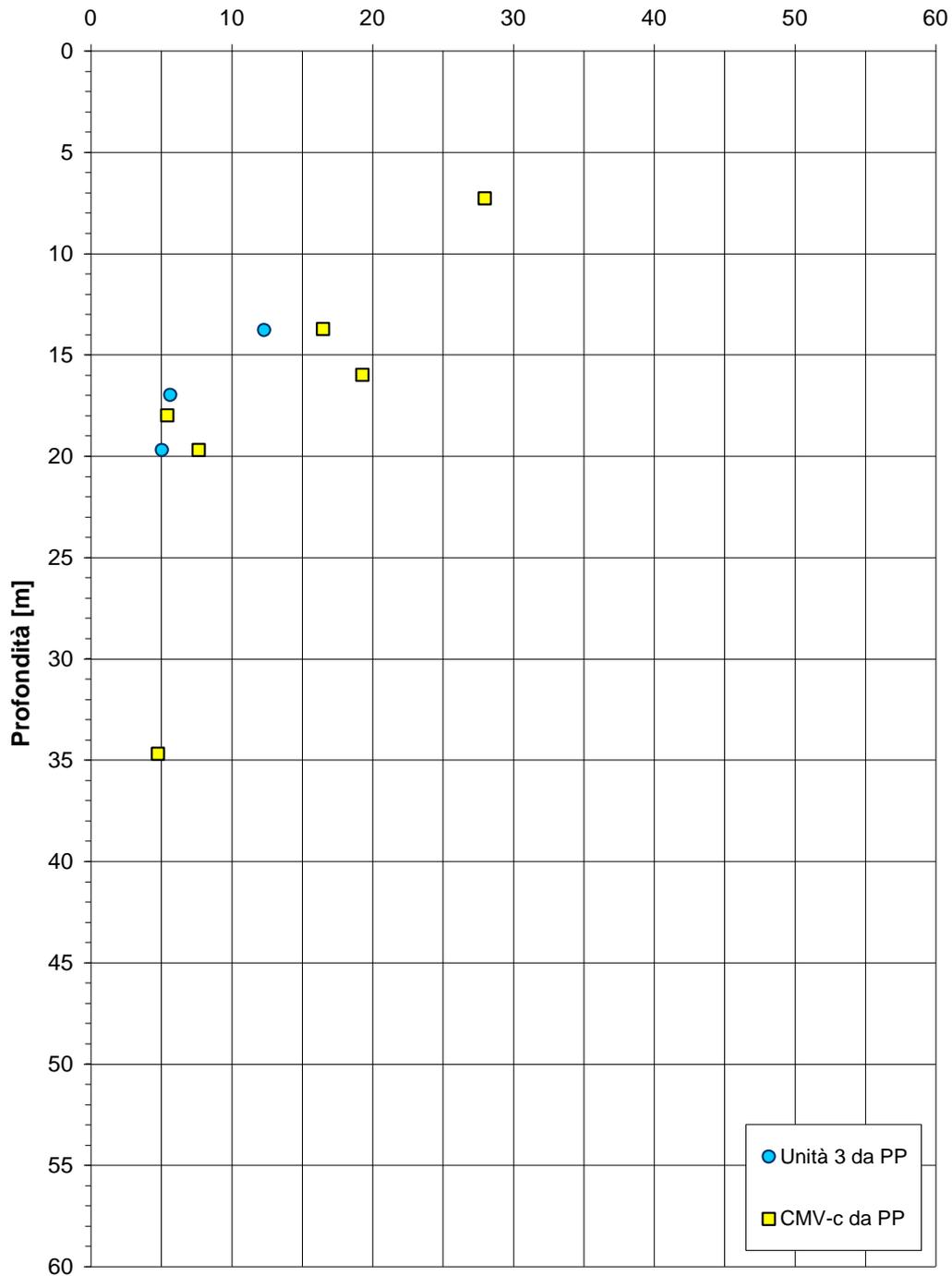
LABORATORIO TERRENI  
BORGHETTO SANTO SPIRITO  
**OCR da Pocket Penetrometer e Vane Test**



**Figura 82. Borghetto S. Spirito - Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato da prove PP e VT eseguite in laboratorio sui campioni prelevati**

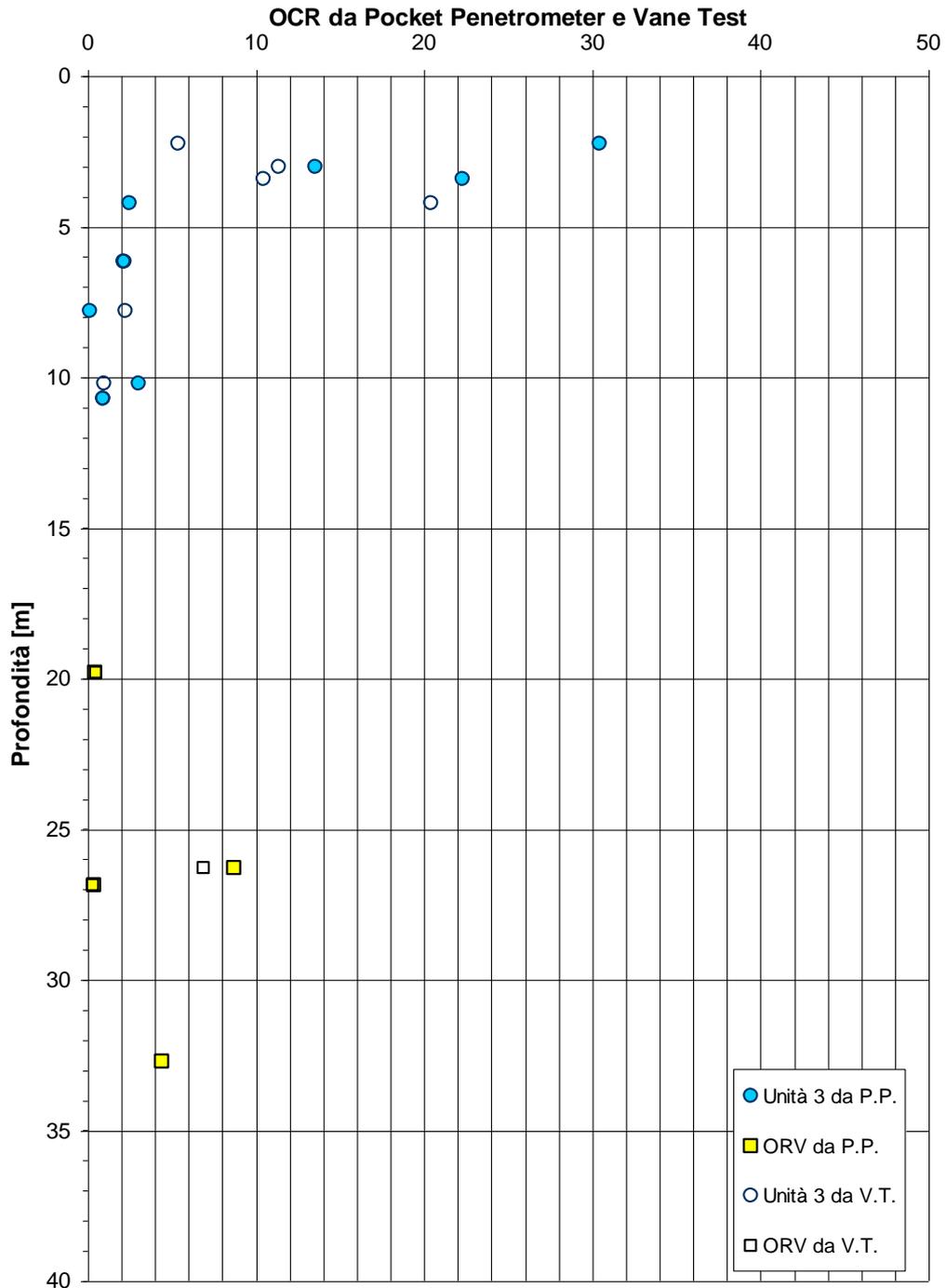
LABORATORIO TERRENI - CERIALE 1÷3

**OCR da P.P. e T.V.**

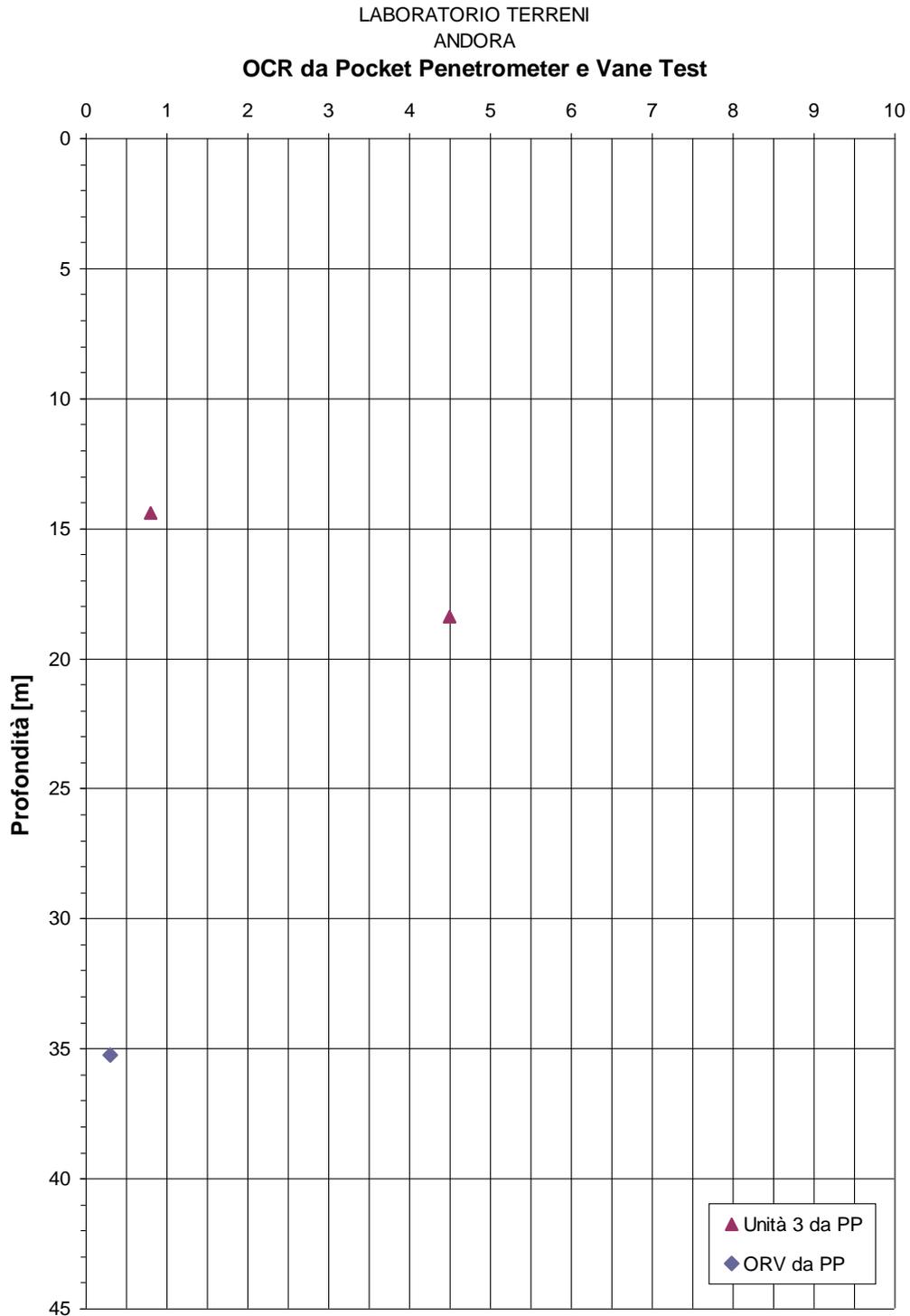


**Figura 83. Ceriale - Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato da prove PP e VT eseguite in laboratorio sui campioni prelevati**

ALBENGA 1÷2 LABORATORIO TERRENI



**Figura 84. Albenga - Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato da prove PP e VT eseguite in laboratorio sui campioni prelevati**



**Figura 85. Andora - Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato da prove PP e VT eseguite in laboratorio sui campioni prelevati**

INDAGINI IN SITO  
Borgio Verezzi  
**Pocket Penetrometer e Vane Test**

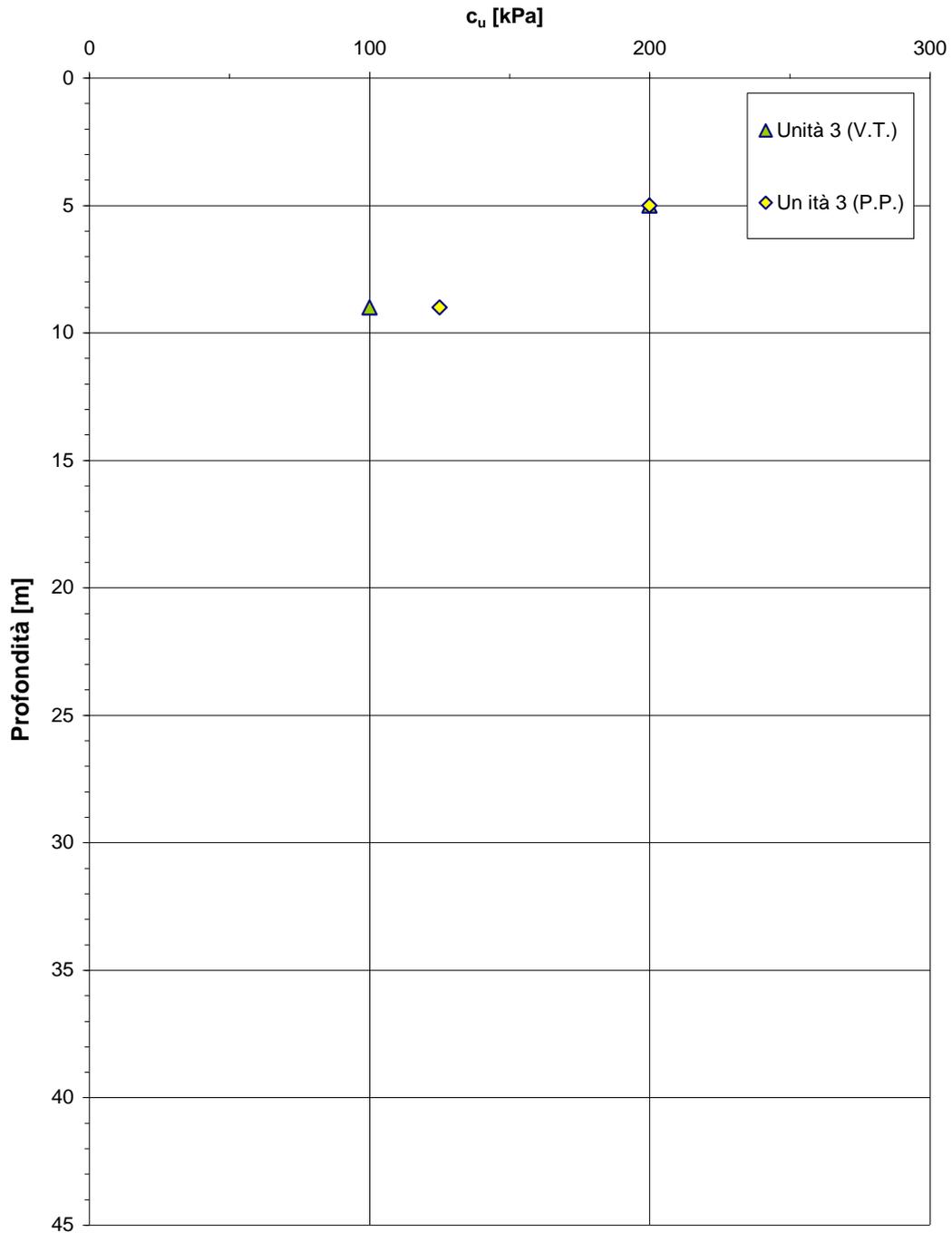


Figura 86. Borgio Verezzi– Coesione non drenata ricavata da prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test

INDAGINI IN SITO  
PIETRA LIGURE  
Pocket Penetrometer e Vane Test

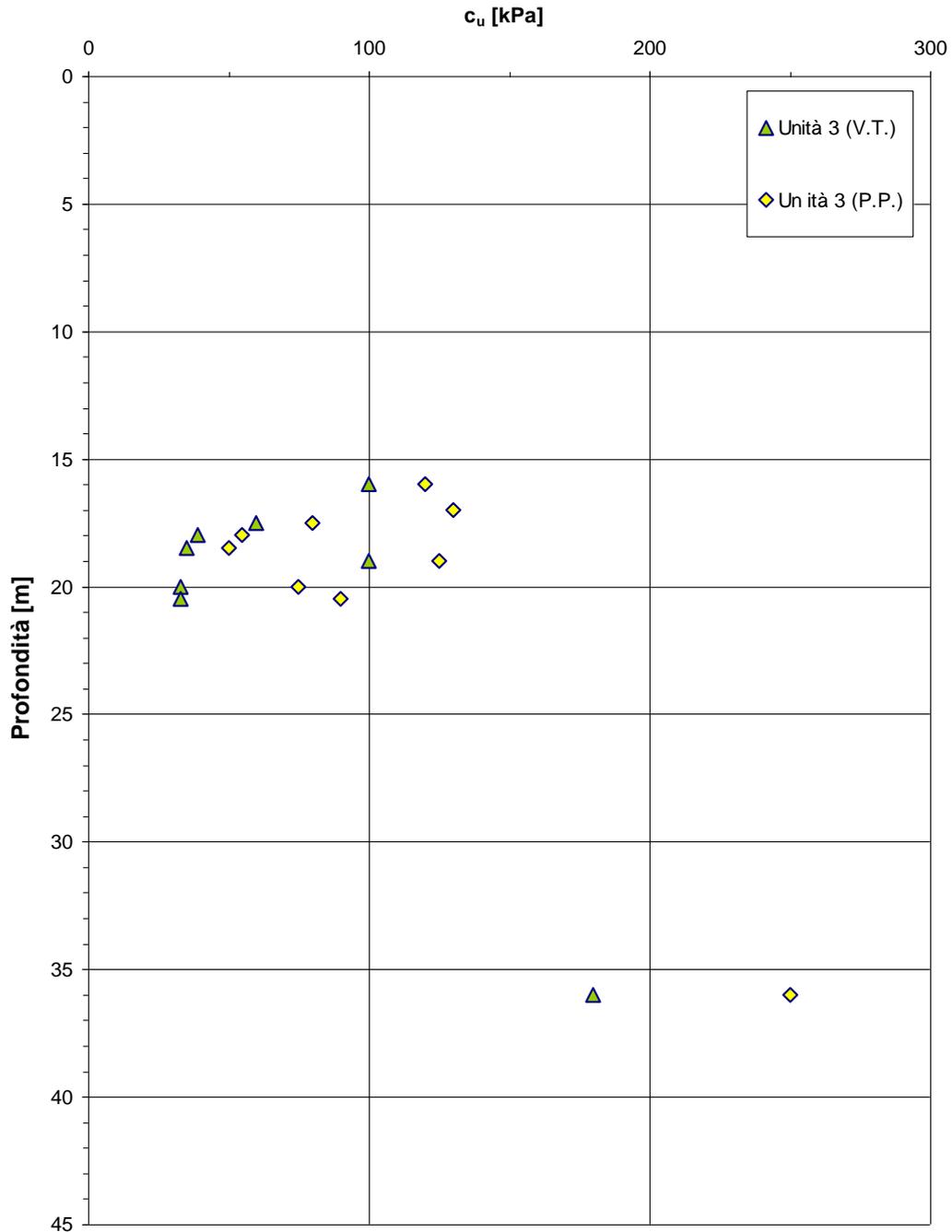
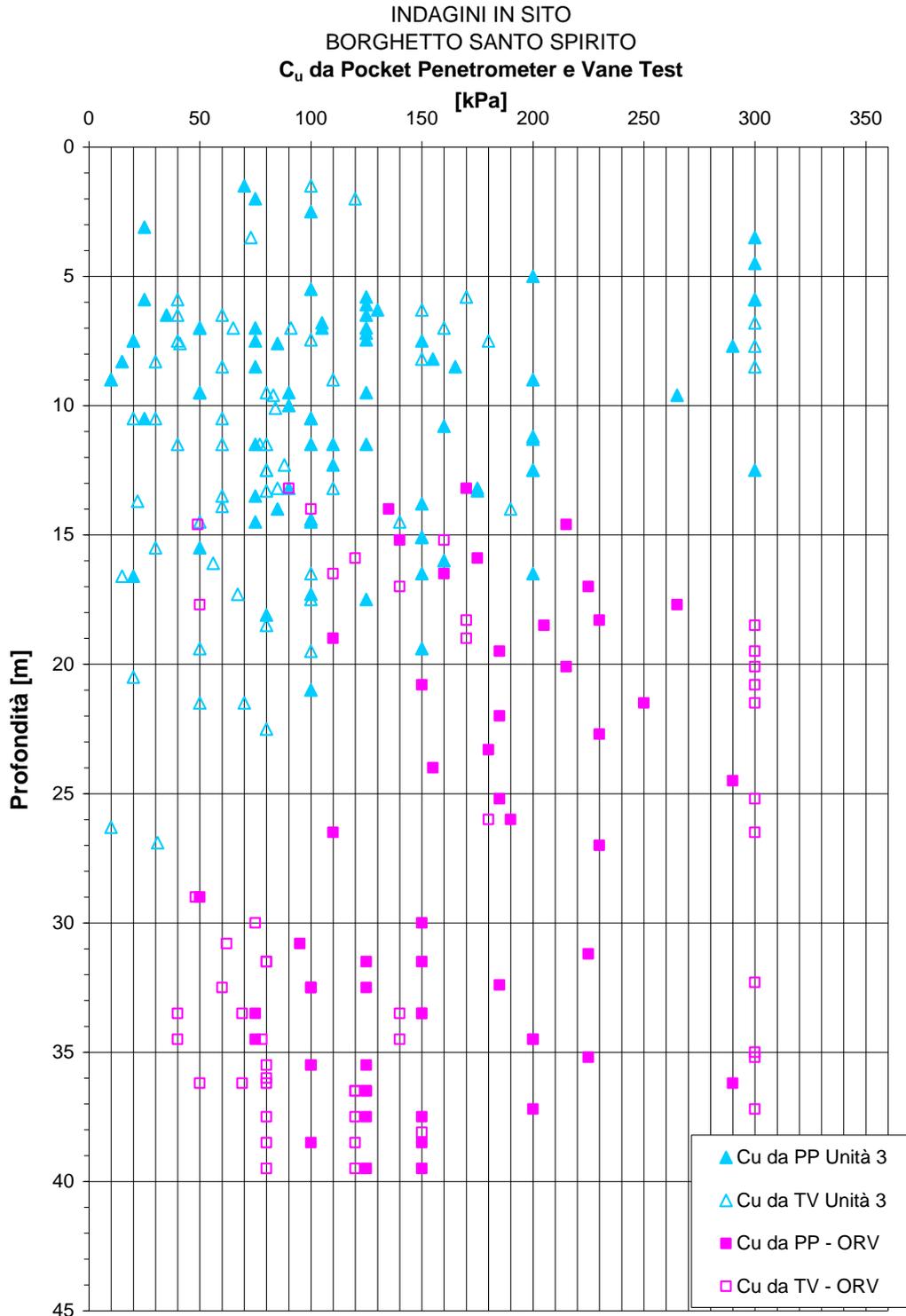
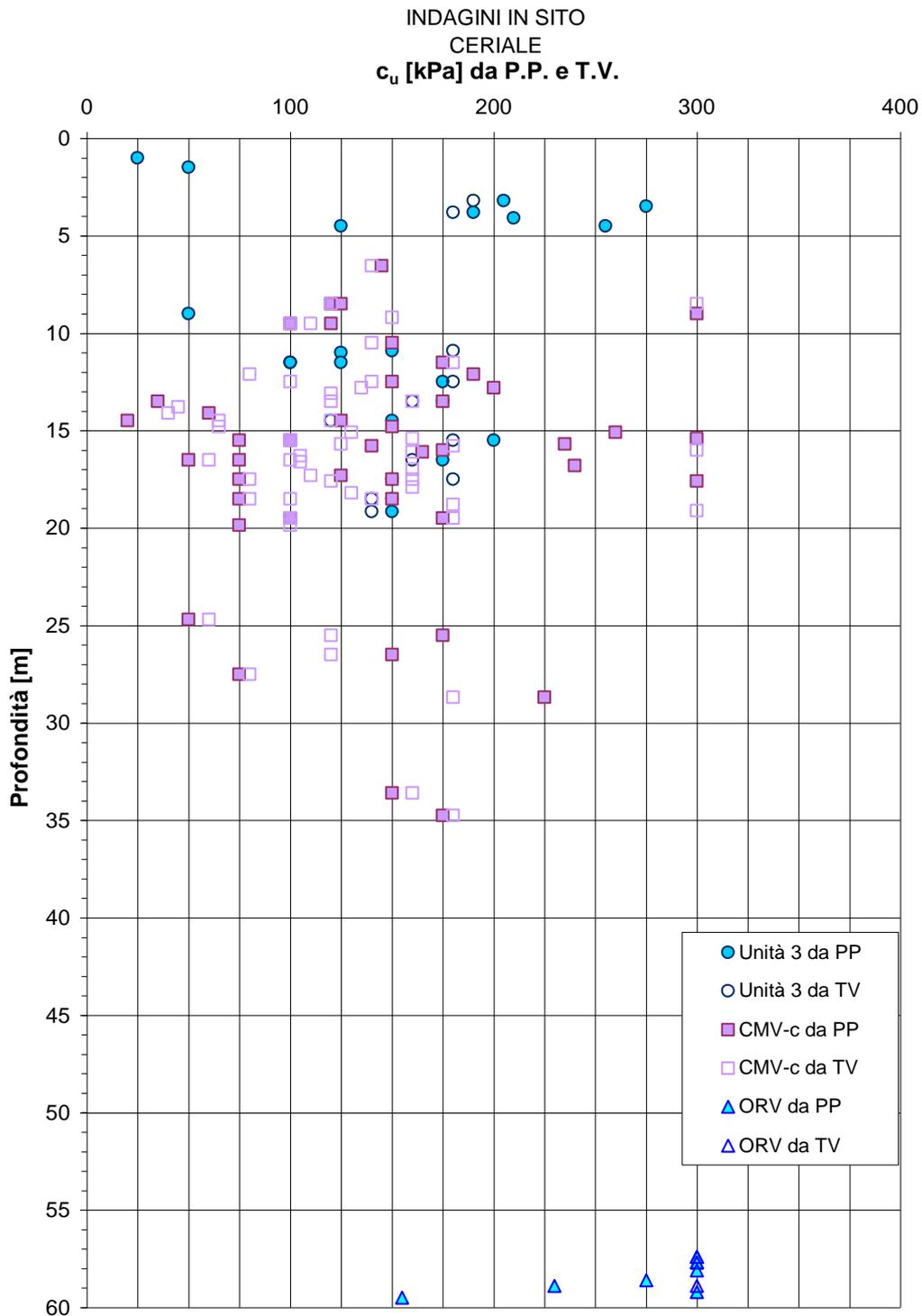


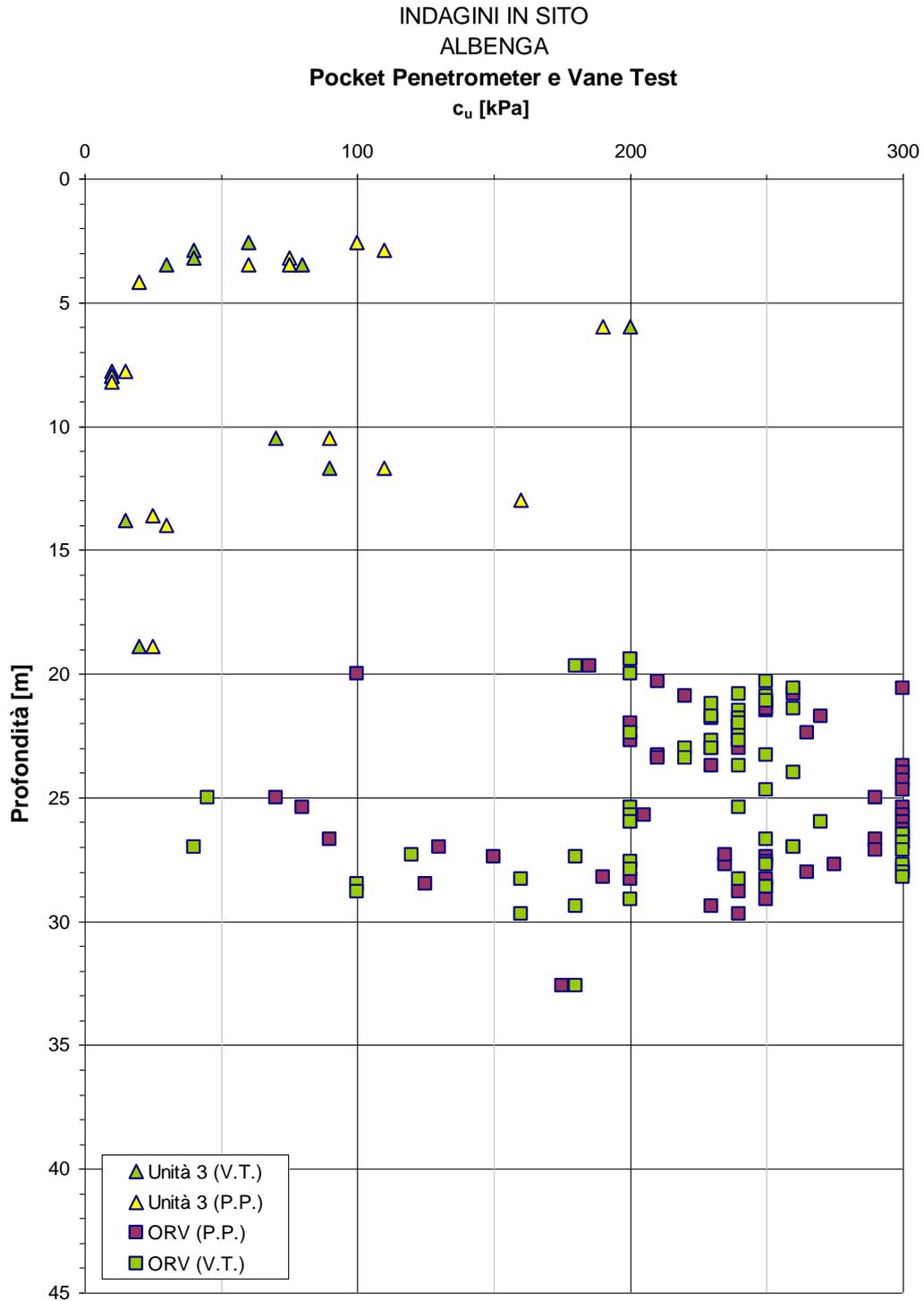
Figura 87. Pietra Ligure – Coesione non drenata ricavata da prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test



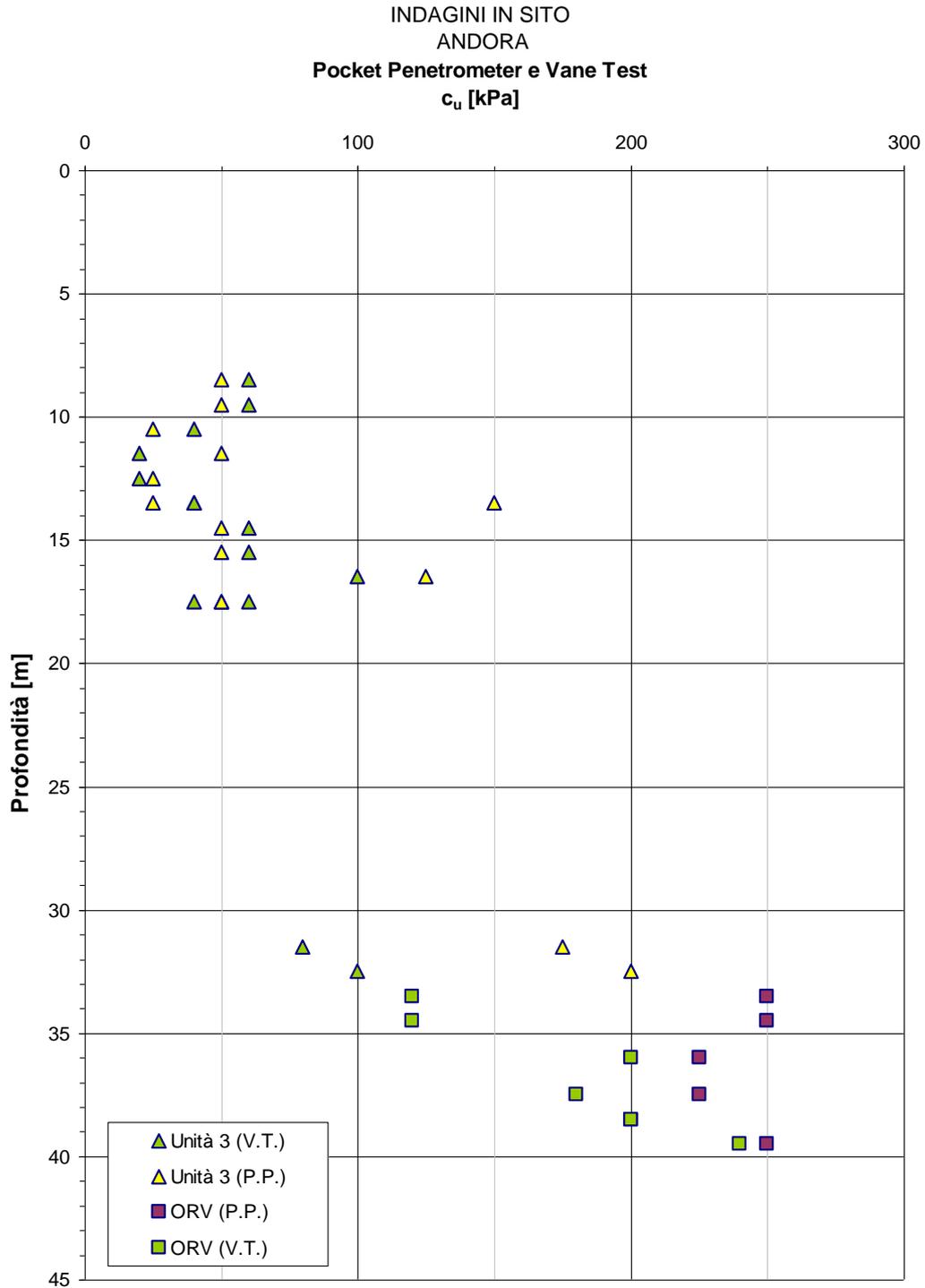
**Figura 88. Borghetto S. Spirito – Coesione non drenata ricavata da prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test**



**Figura 89. Ceriale – Coesione non drenata ricavata da prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test**

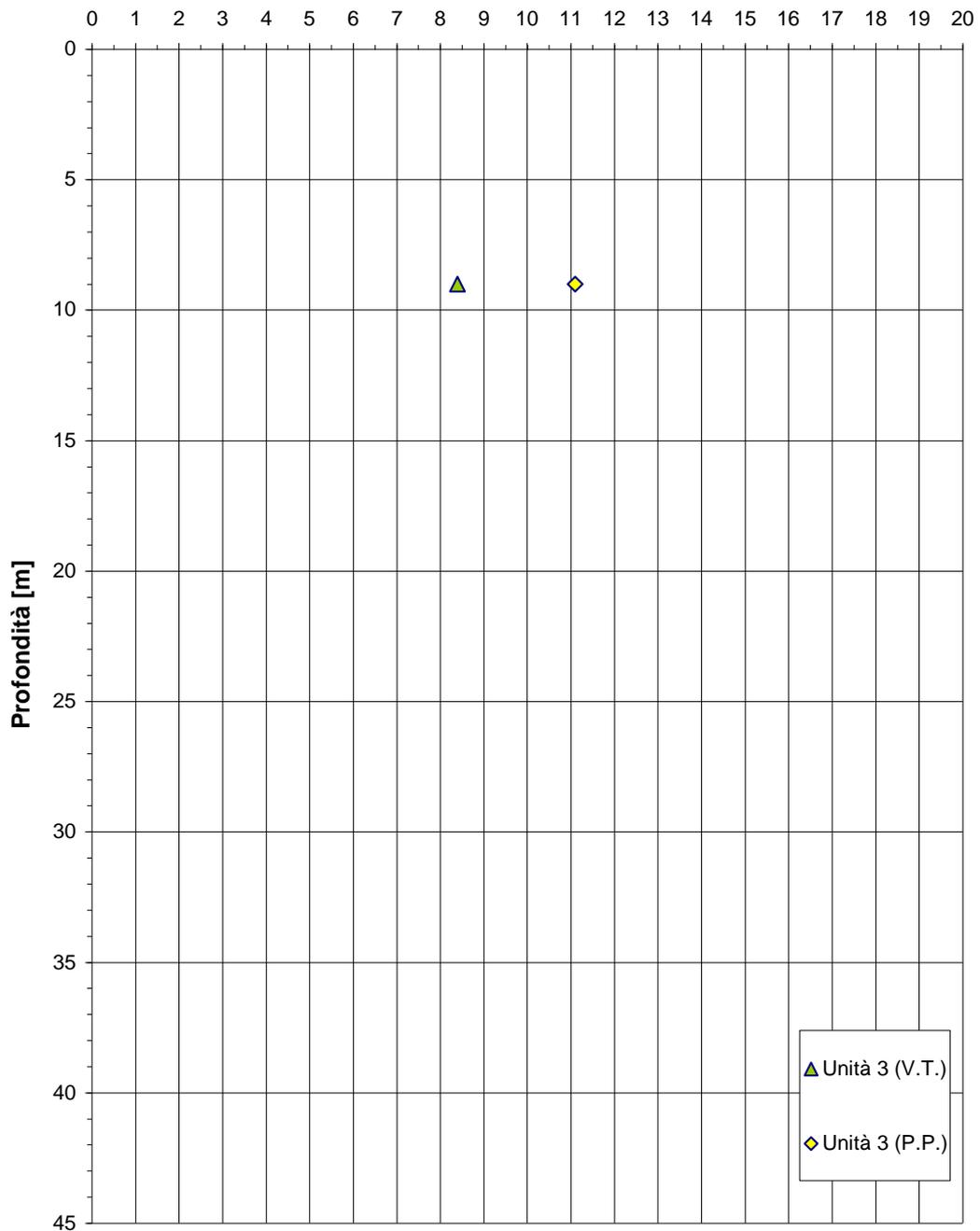


**Figura 90. Albenga – Coesione non drenata ricavata da prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test**



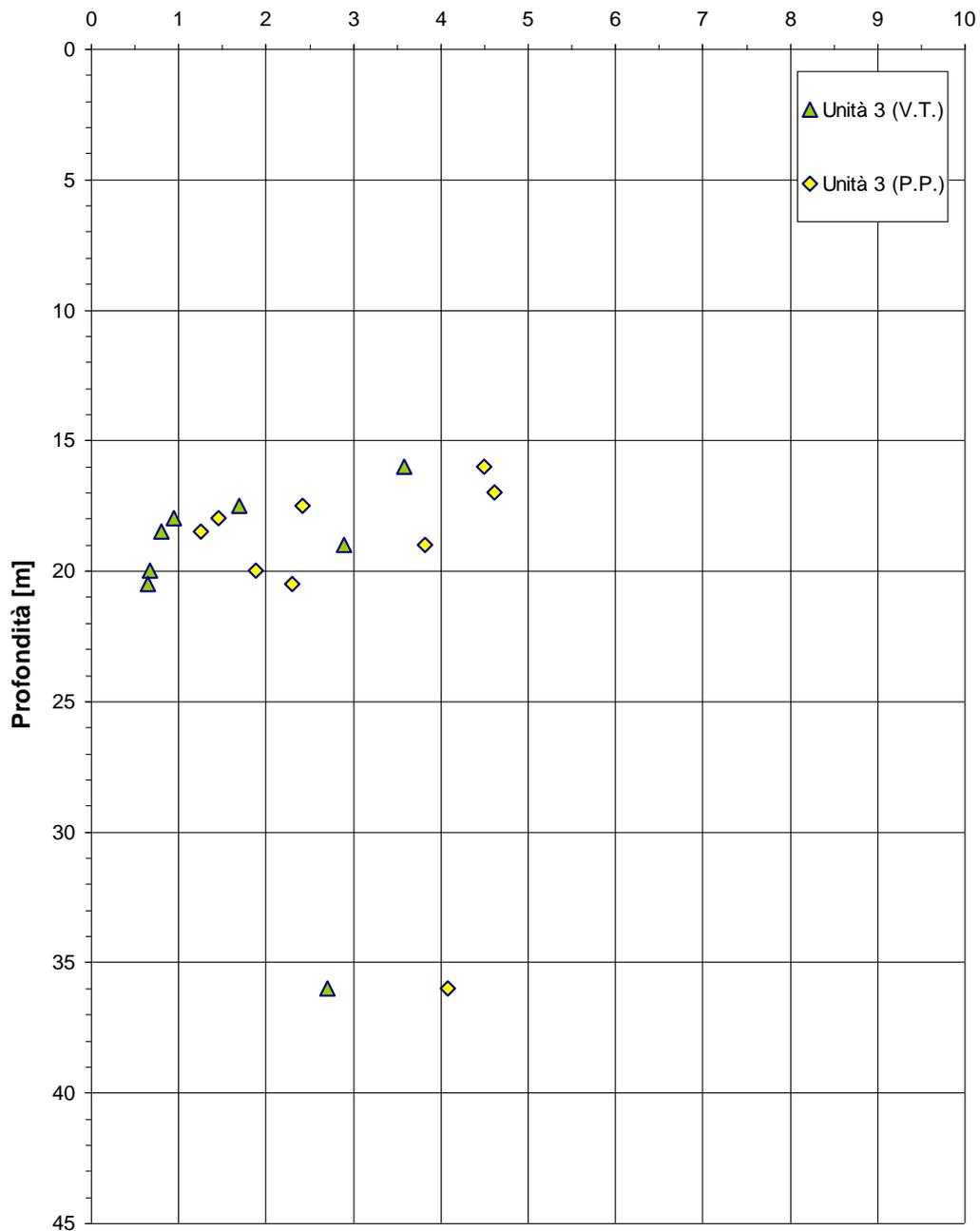
**Figura 91. Andora – Coesione non drenata ricavata da prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test**

INDAGINI IN SITO  
Borgio Verezzi  
**OCR da Pocket Penetrometer e Vane Test**

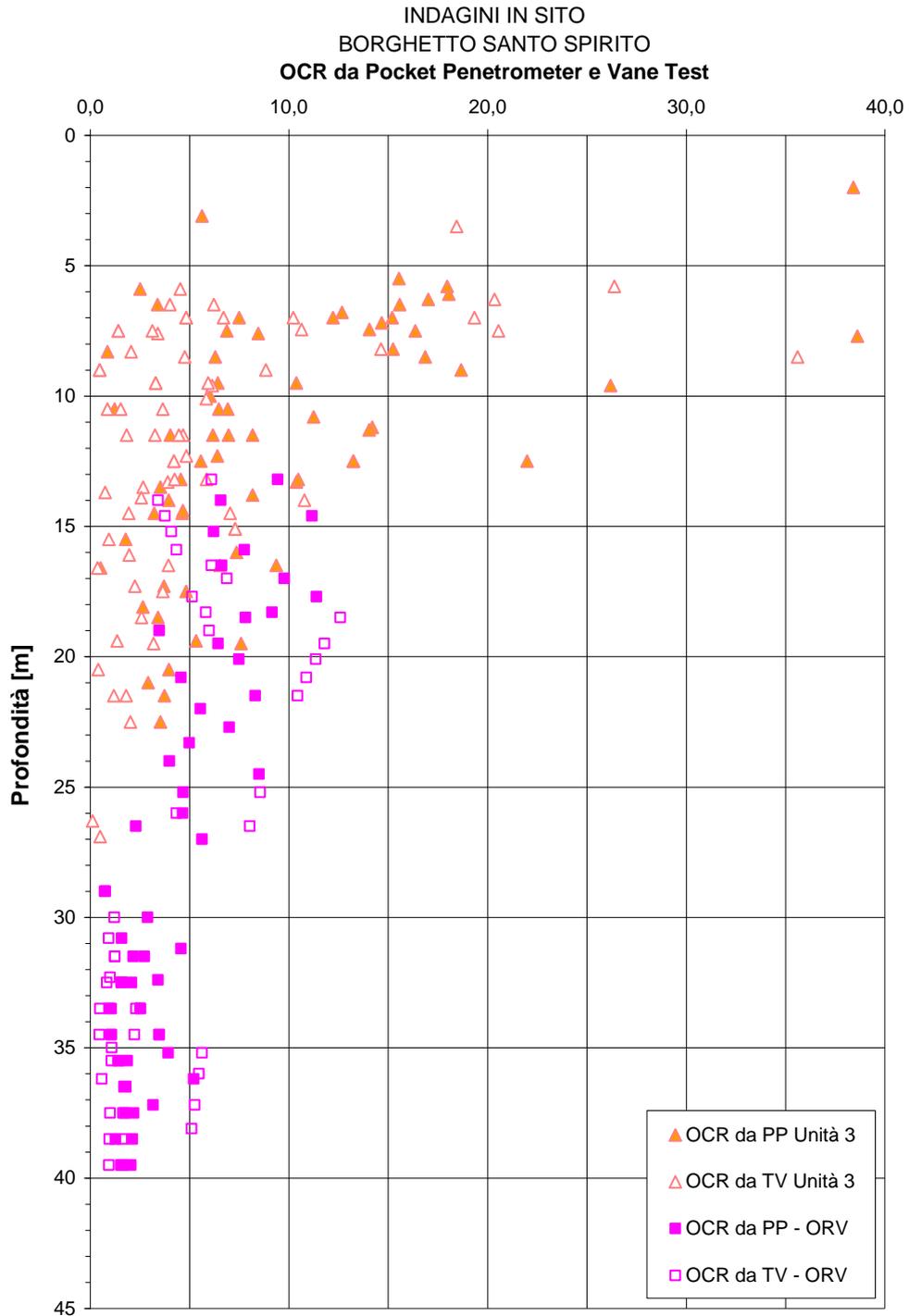


**Figura 92. Borgio Verezzi – Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato dalle prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test**

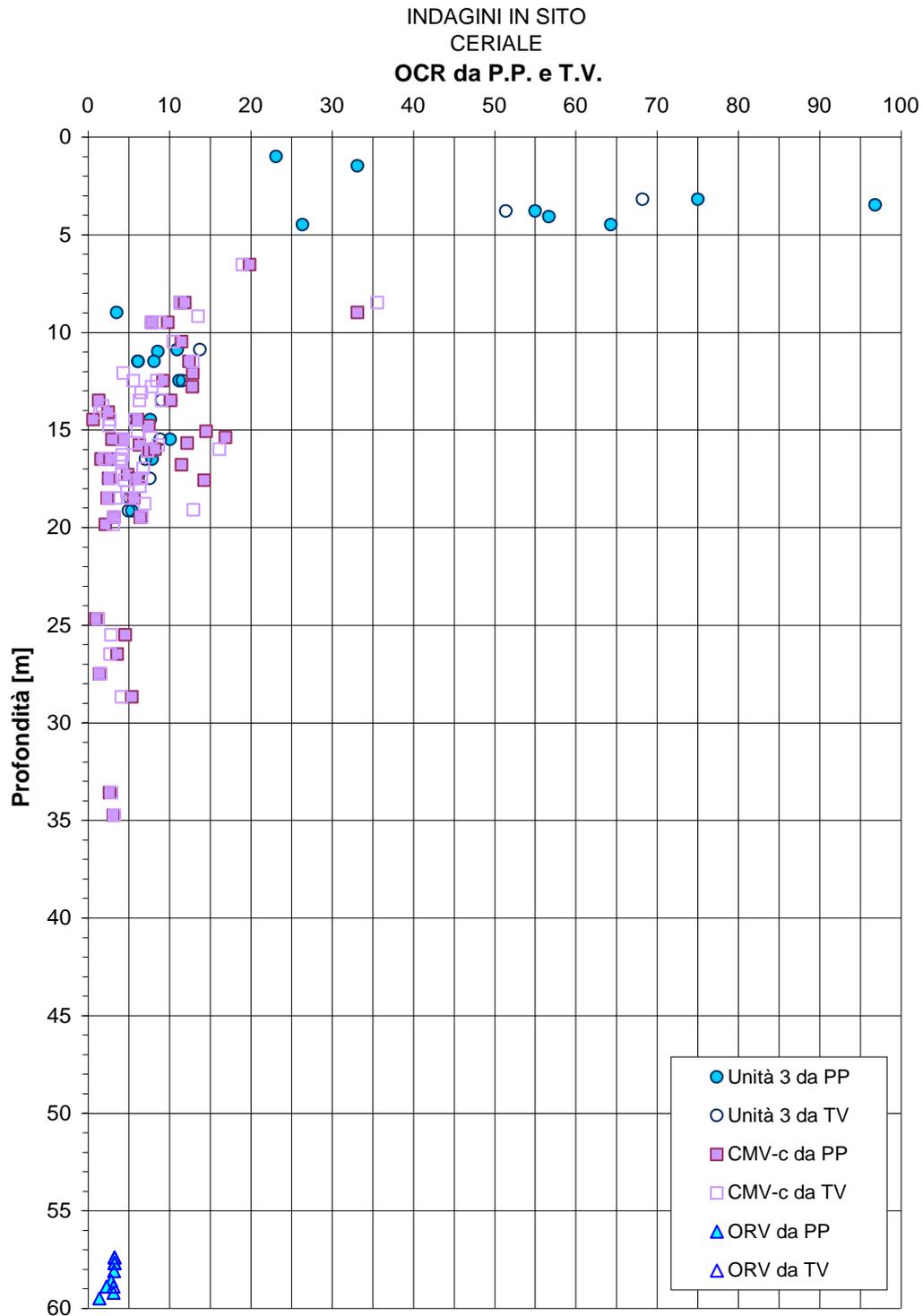
**INDAGINI IN SITO  
PIETRA LIGURE  
OCR da Pocket Penetrometer e Vane Test**



**Figura 93. Pietra Ligure – Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato dalle prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test**



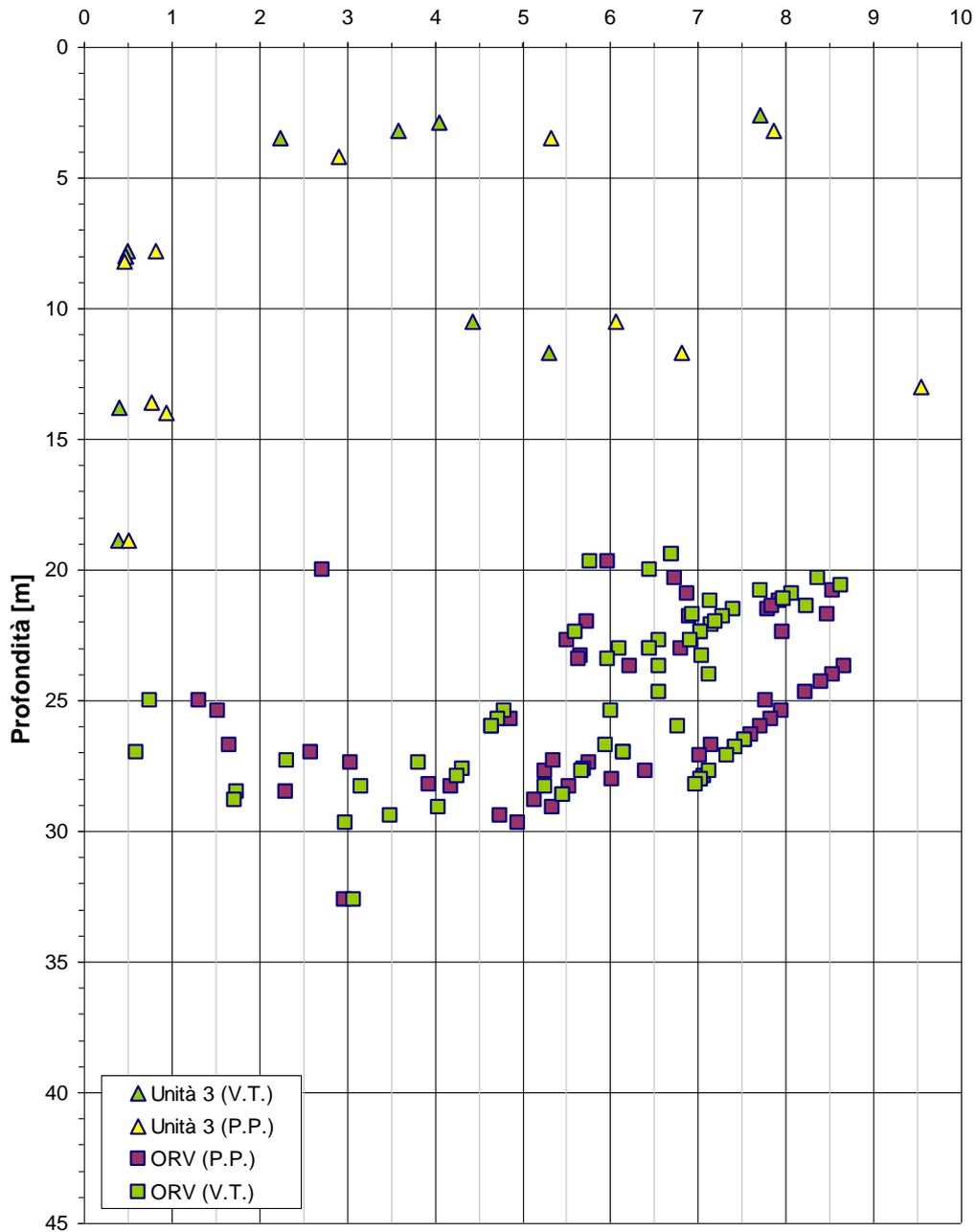
**Figura 94. Borghetto S. Spirito – Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato dalle prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test**



**Figura 95. Ceriale – Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato dalle prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test**

**INDAGINI IN SITO  
ALBENGA**

**OCR da Pocket Penetrometer e Vane Test**



**Figura 96. Albenga – Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato dalle prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test**

INDAGINI IN SITO  
ANDORA

OCR da Pocket Penetrometer e Vane Test

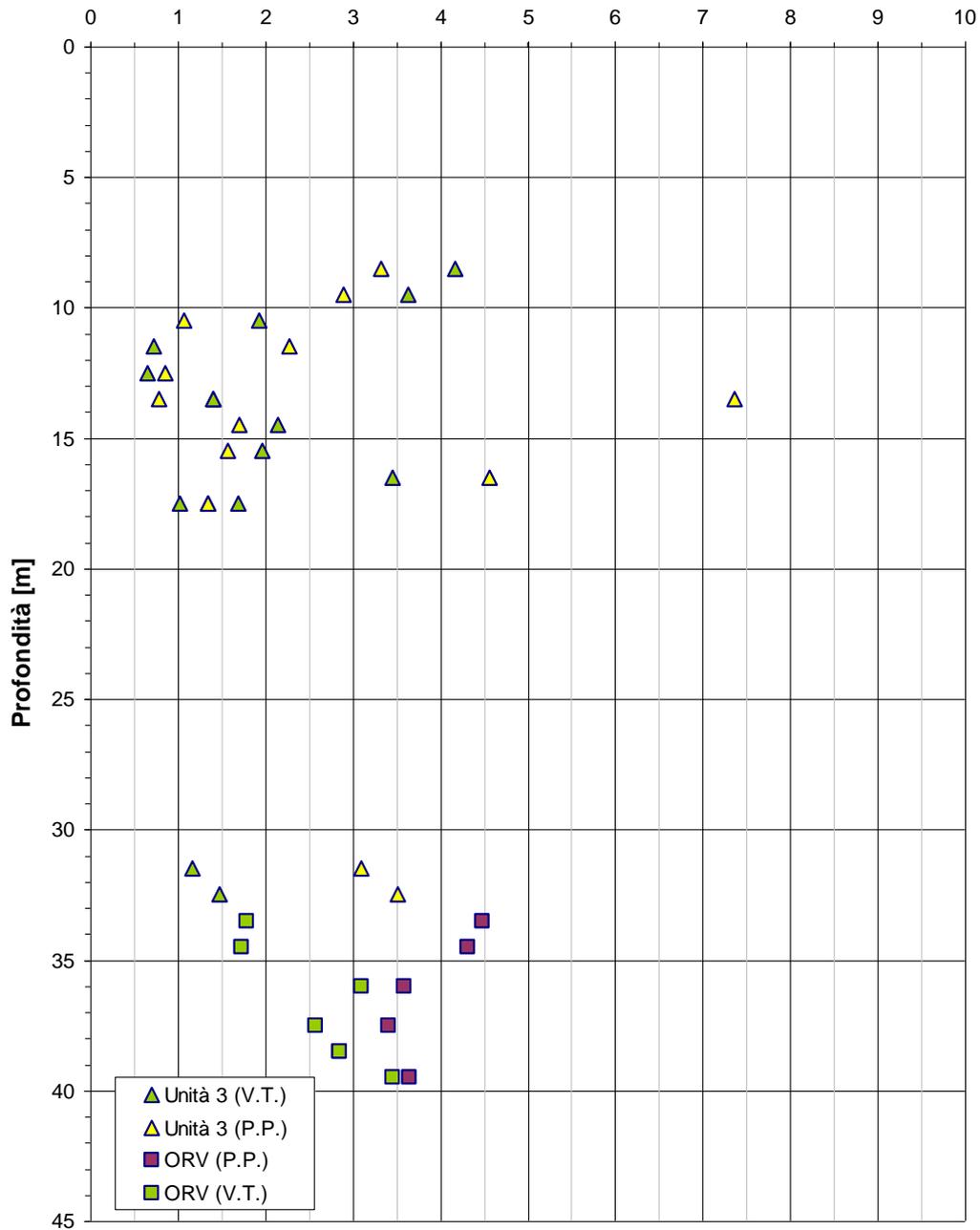
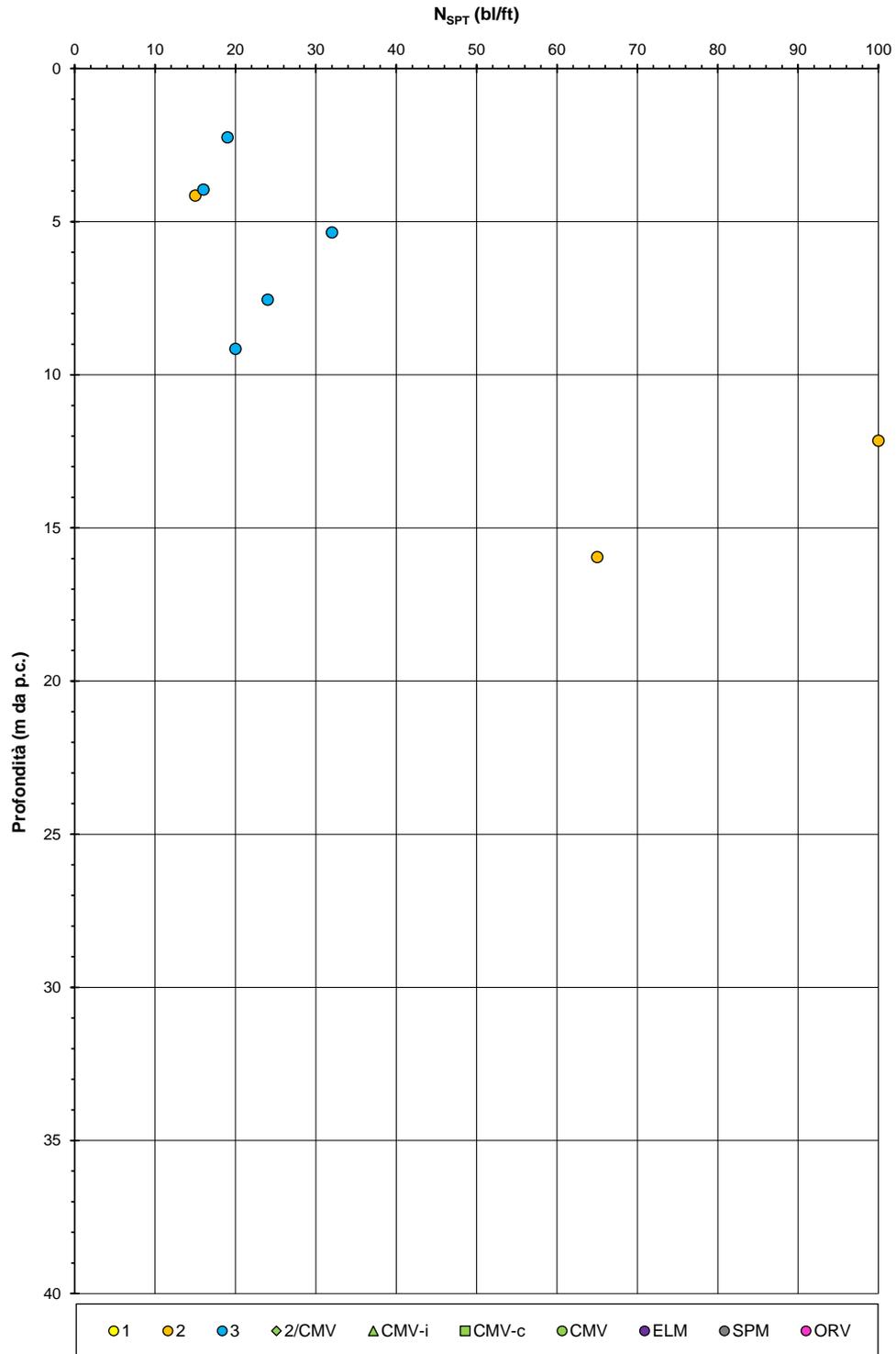
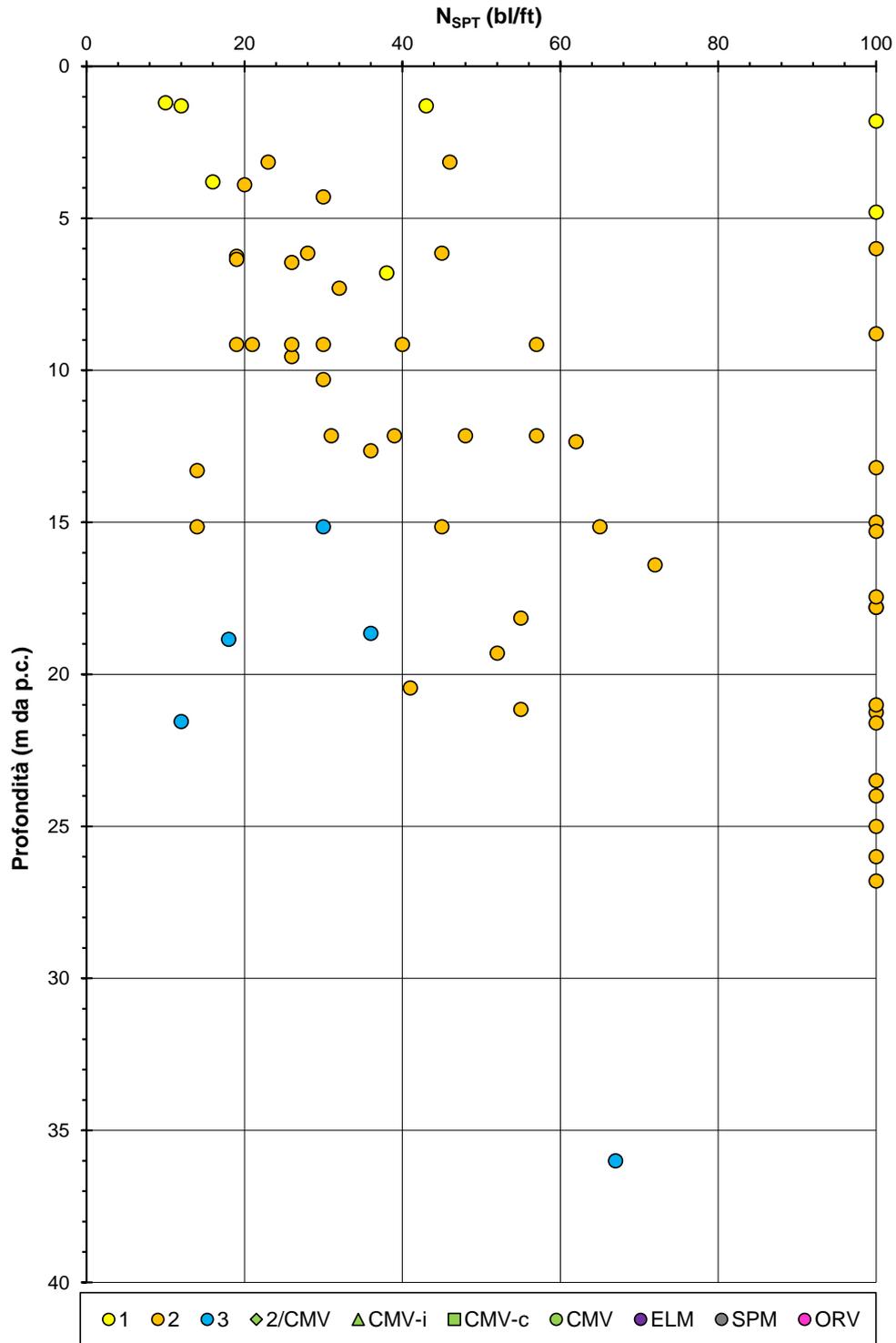


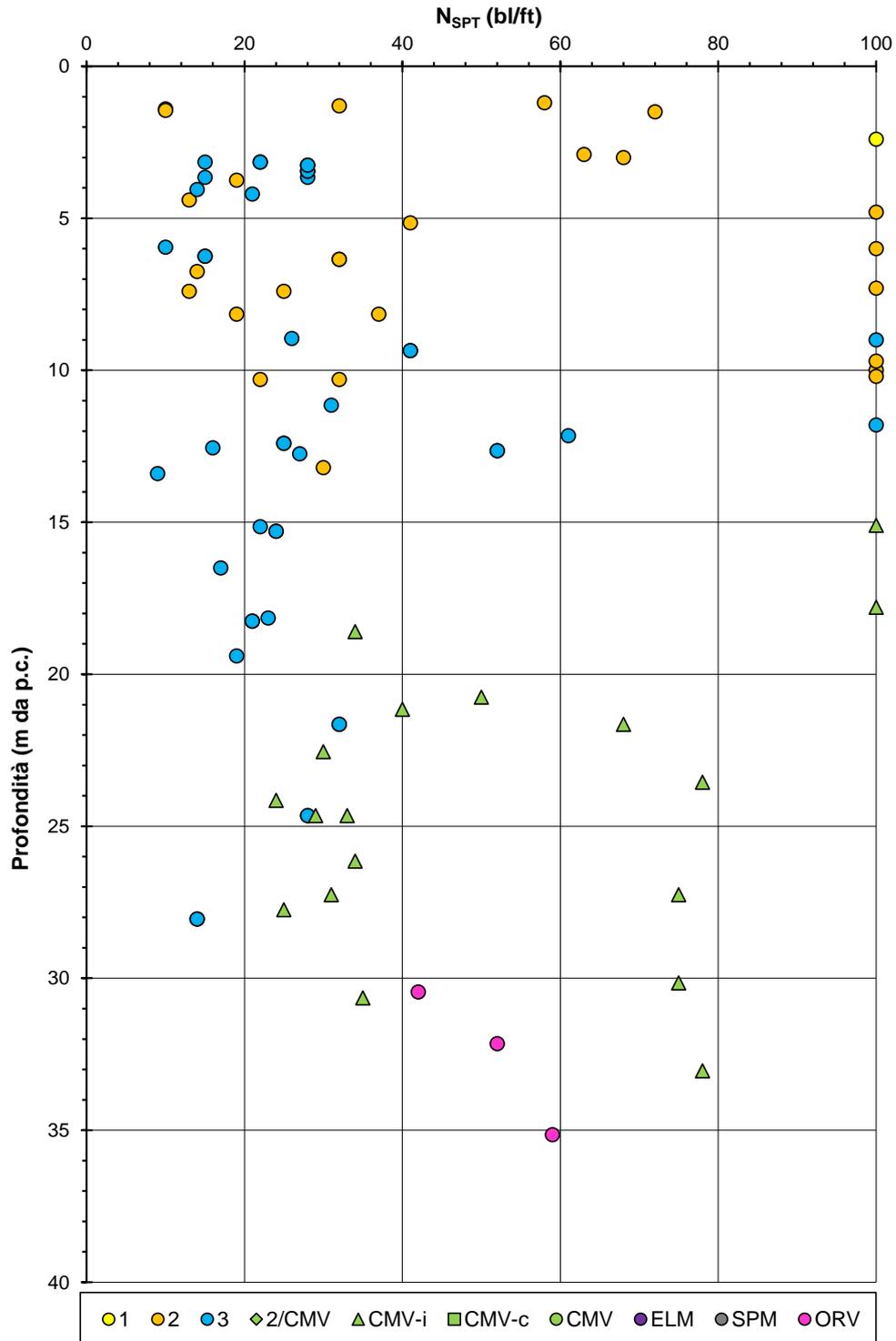
Figura 97. Andora – Grado di sovraconsolidazione OCR ricavato dalle prove in sito con Pocket Penetrometer e Vane Test



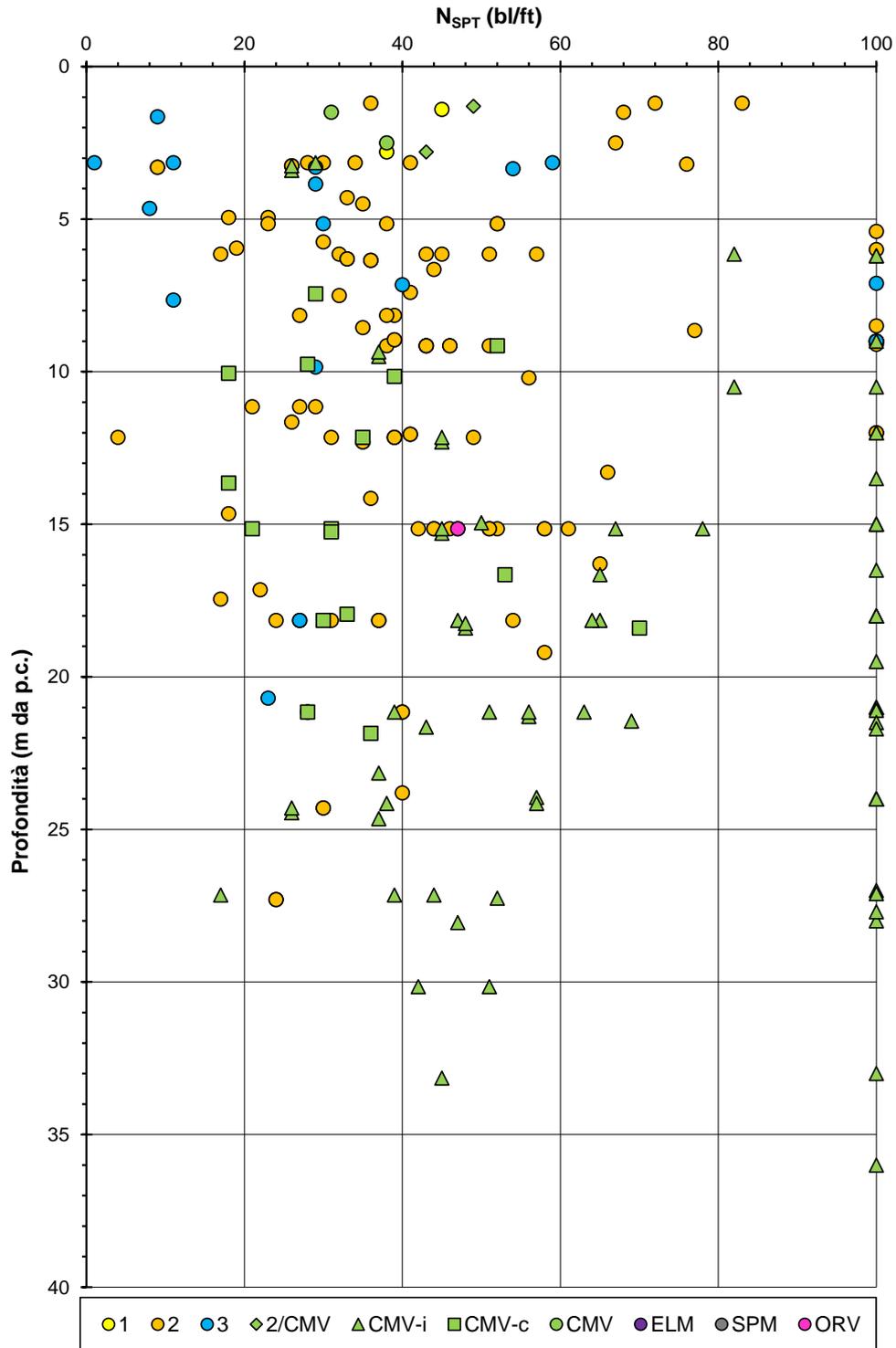
**Figura 98. Borgio Verezzi - Risultati prove SPT**



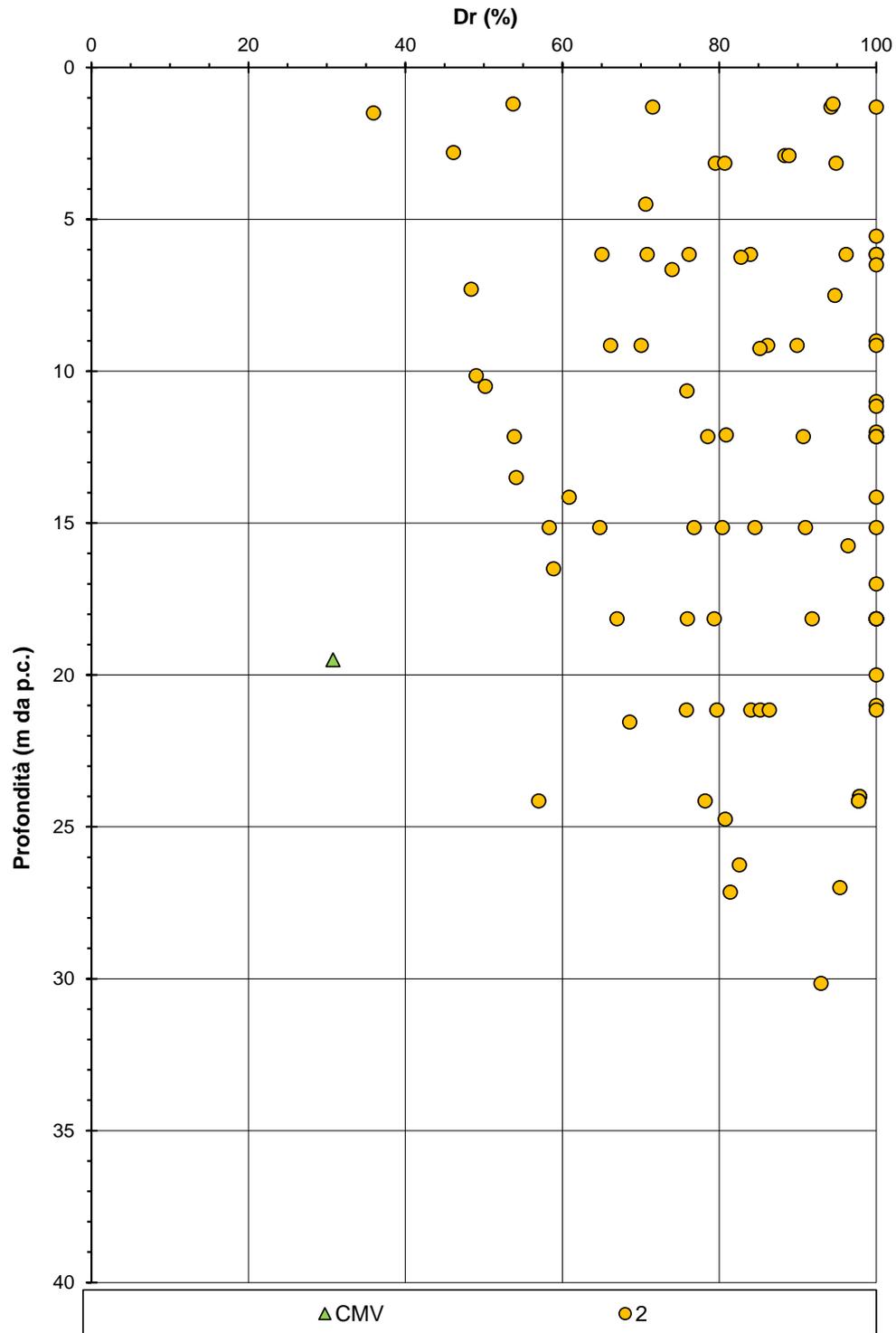
**Figura 99. Pietra Ligure - Risultati prove SPT**



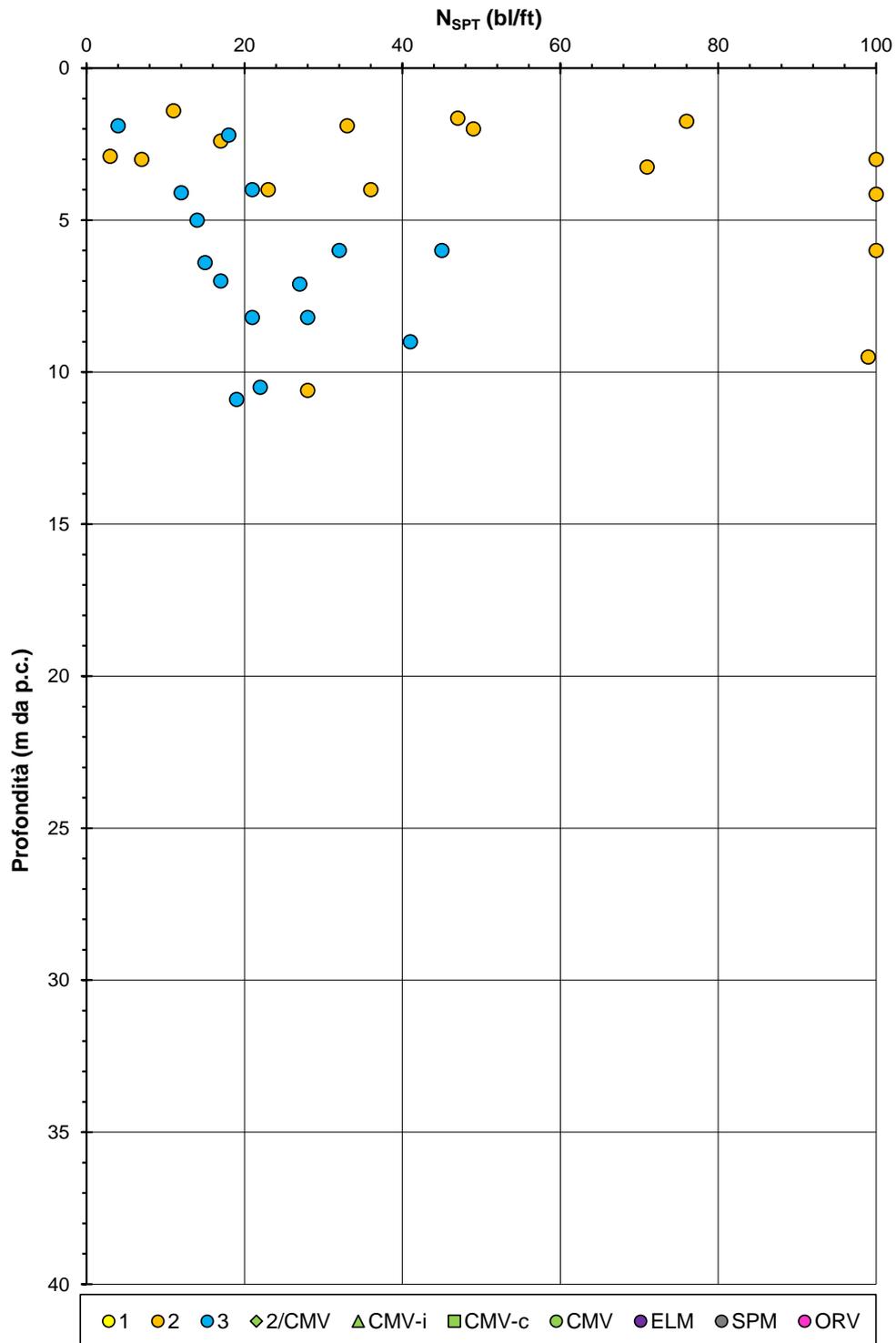
**Figura 100. Borghetto S. Spirito - Risultati prove SPT**

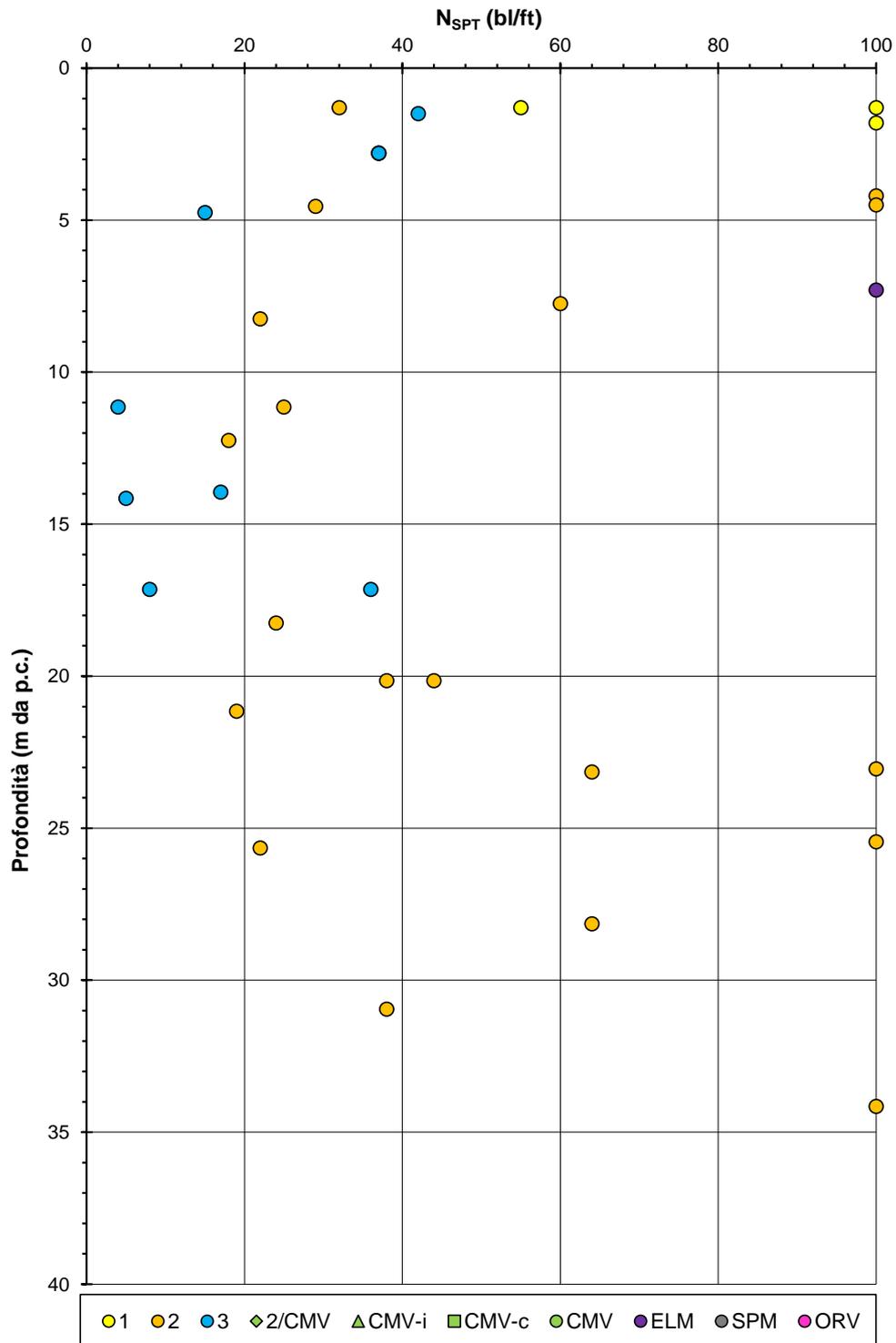


**Figura 101. Ceriale - Risultati prove SPT**

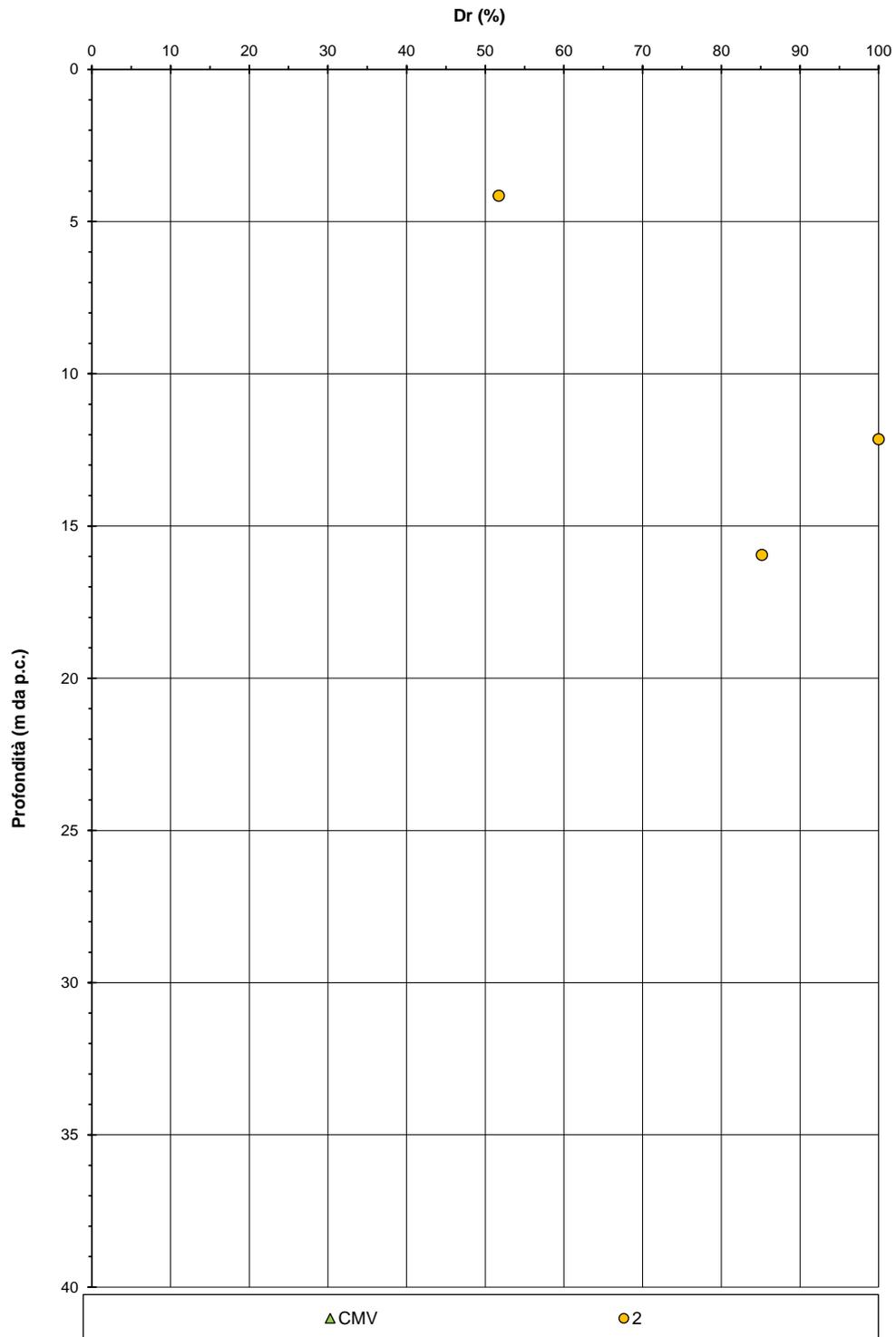


**Figura 102. Albenga - Risultati prove SPT**

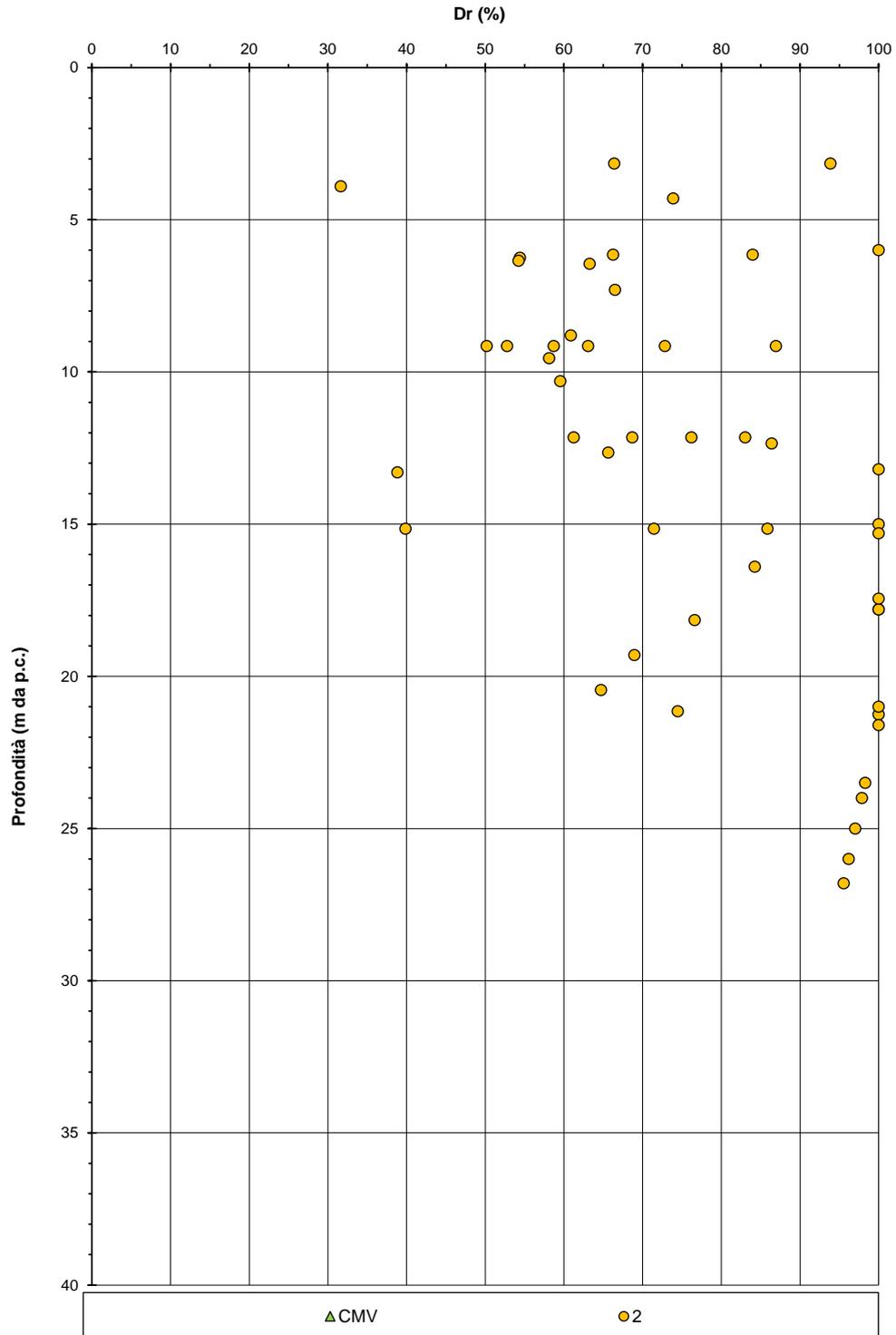




**Figura 104. Andora - Risultati prove SPT**

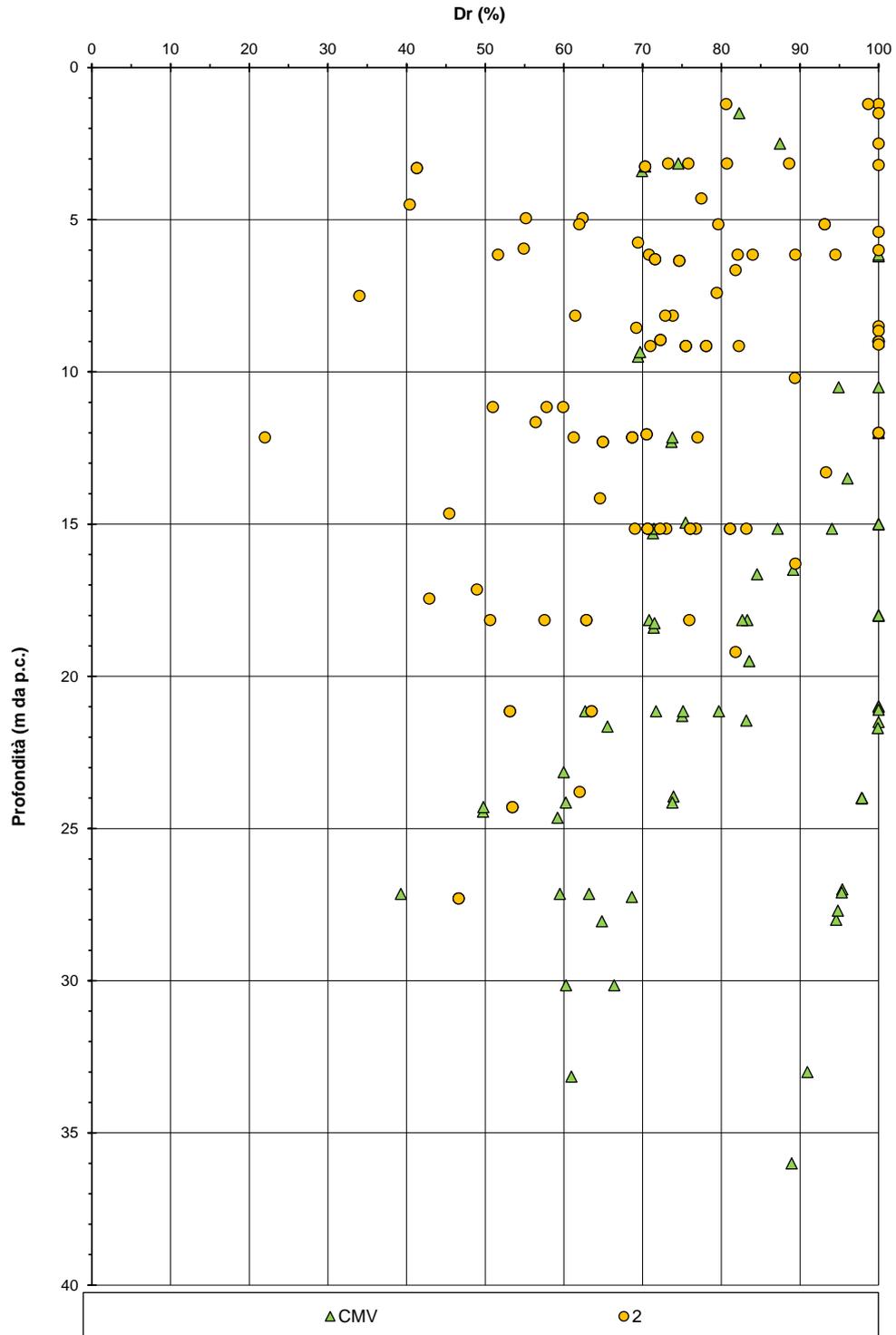


**Figura 105. Borgio Verezzi - Densità relativa da prove SPT**

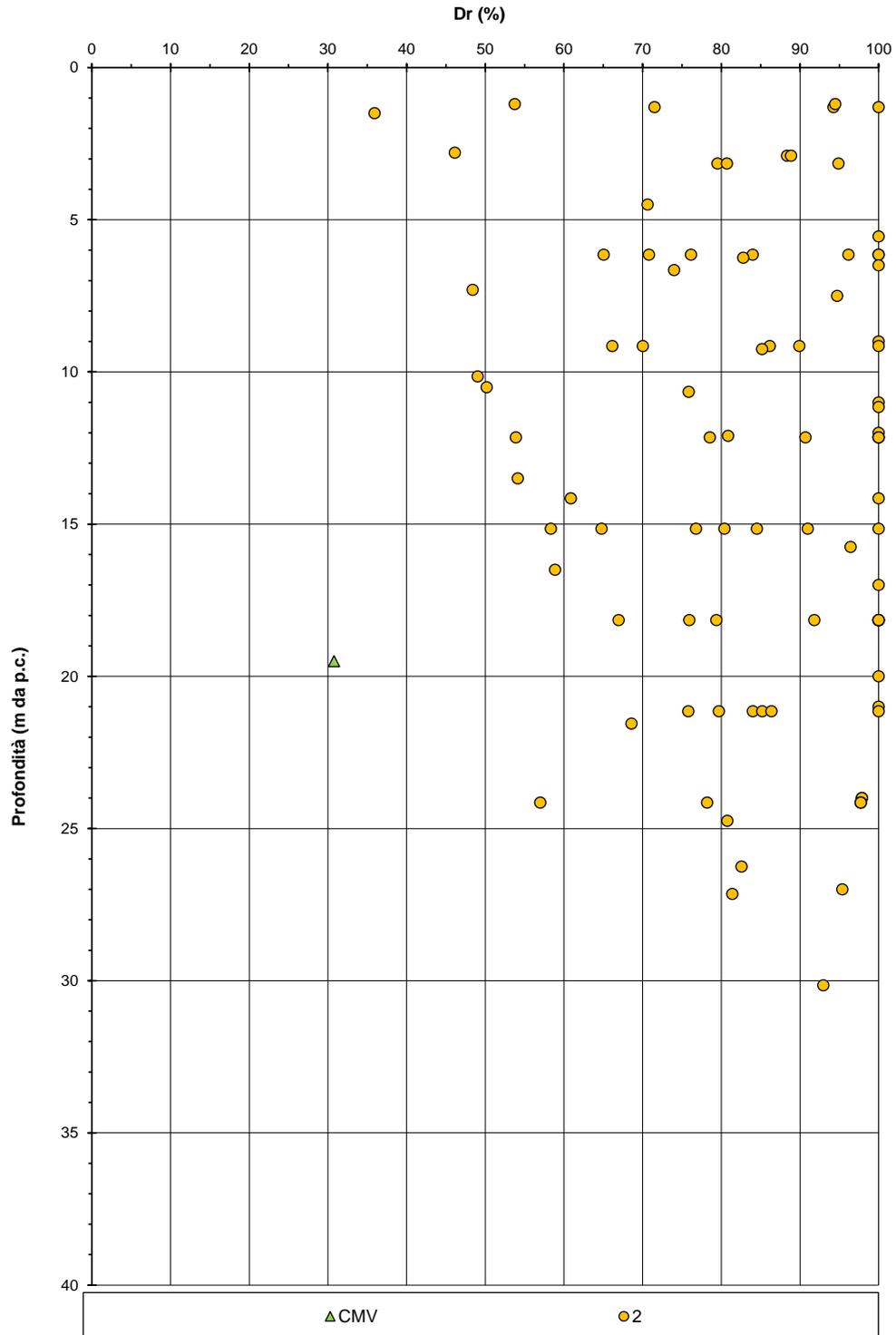


**Figura 106. Pietra Ligure - Densità relativa da prove SPT**



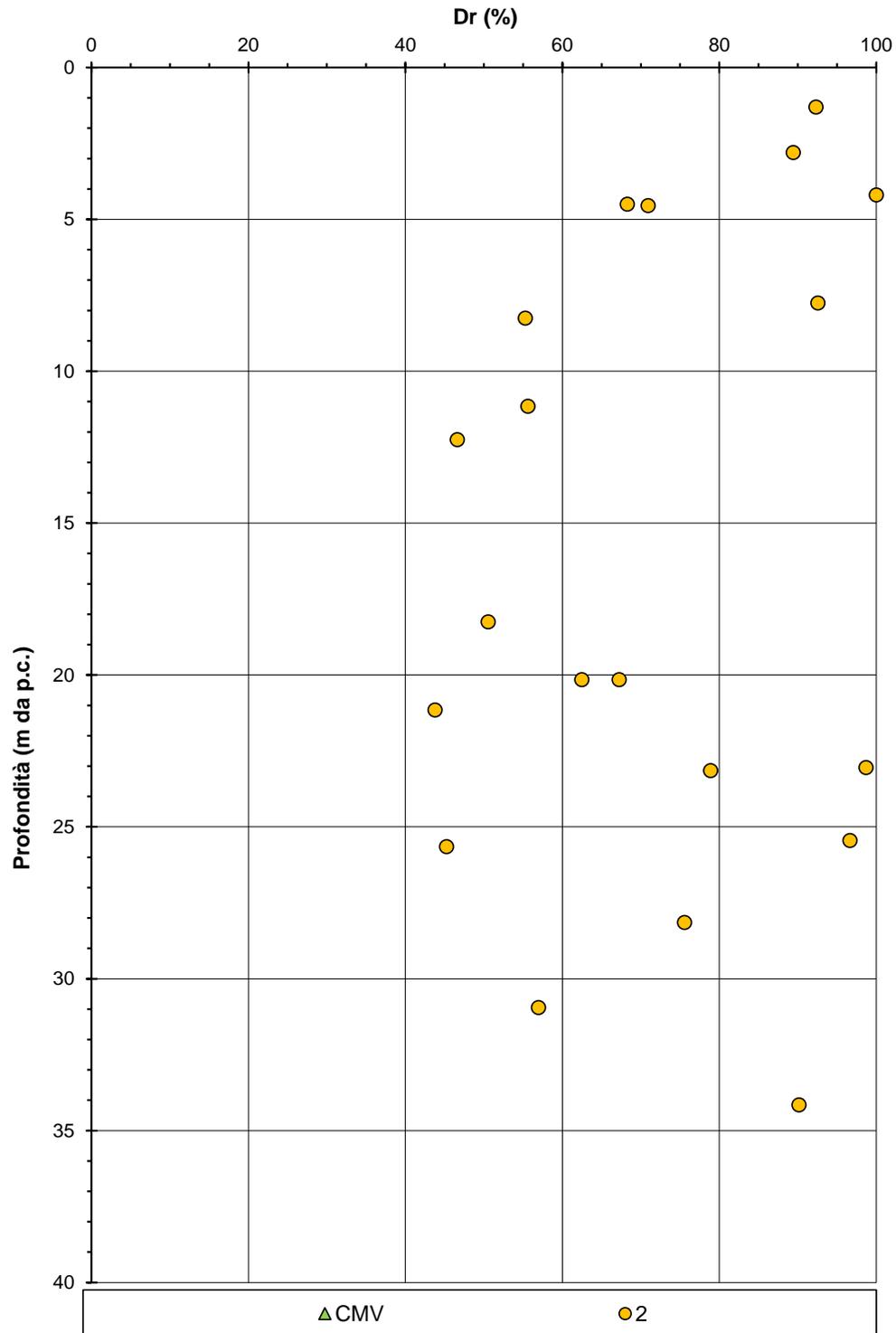


**Figura 108. Ceriale - Densità relativa da prove SPT**

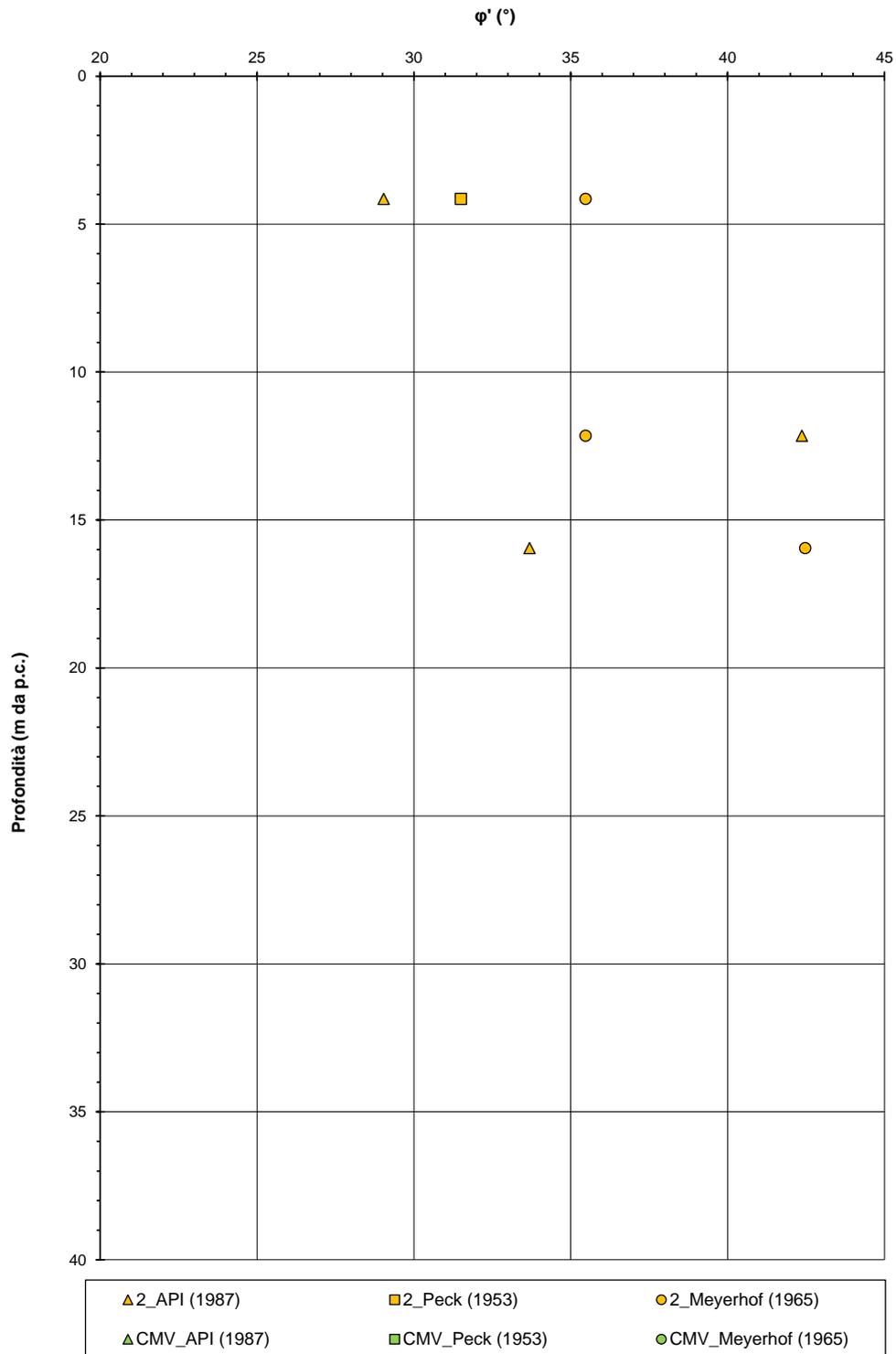


**Figura 109. Albenga - Densità relativa da prove SPT**

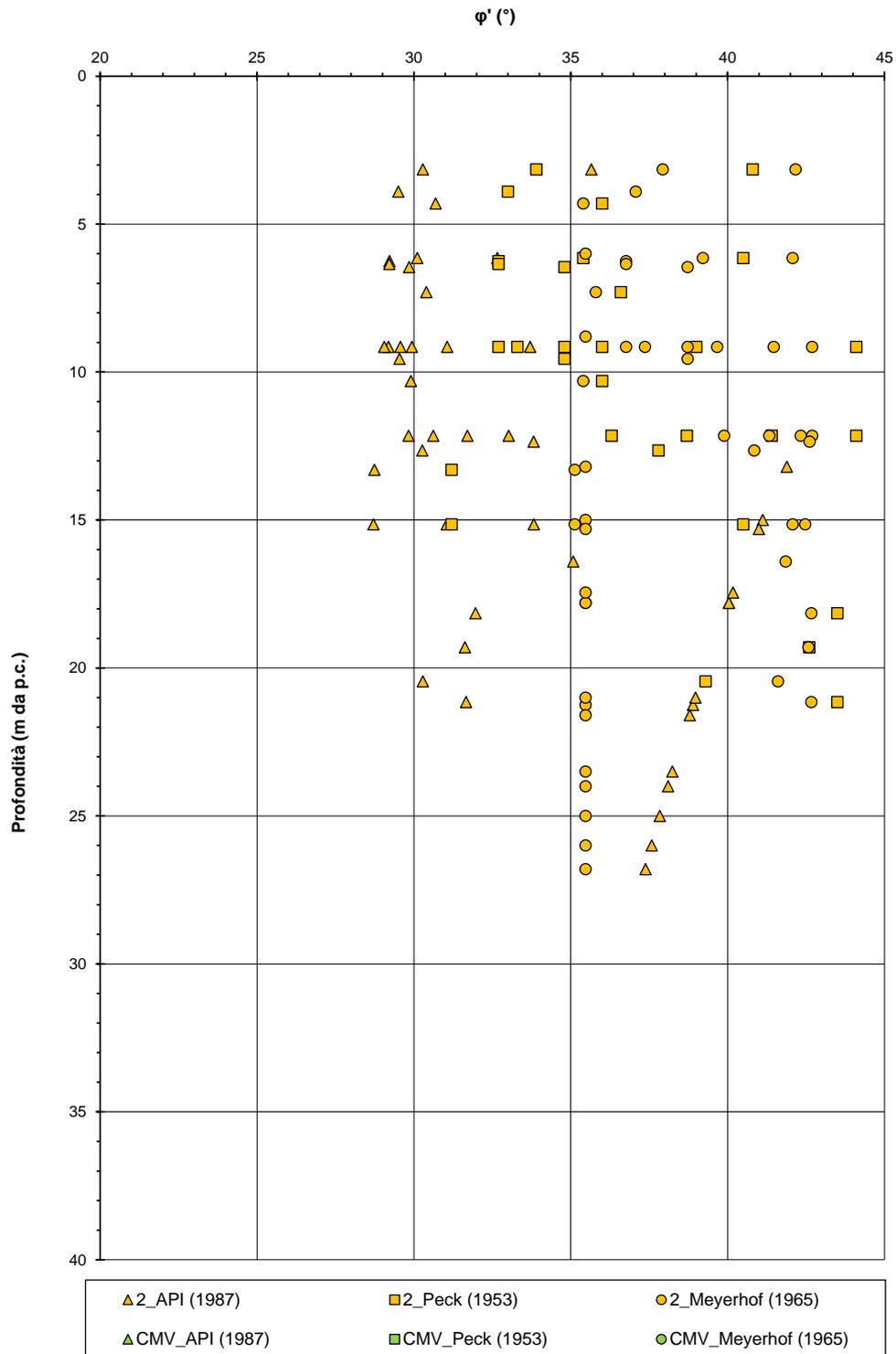




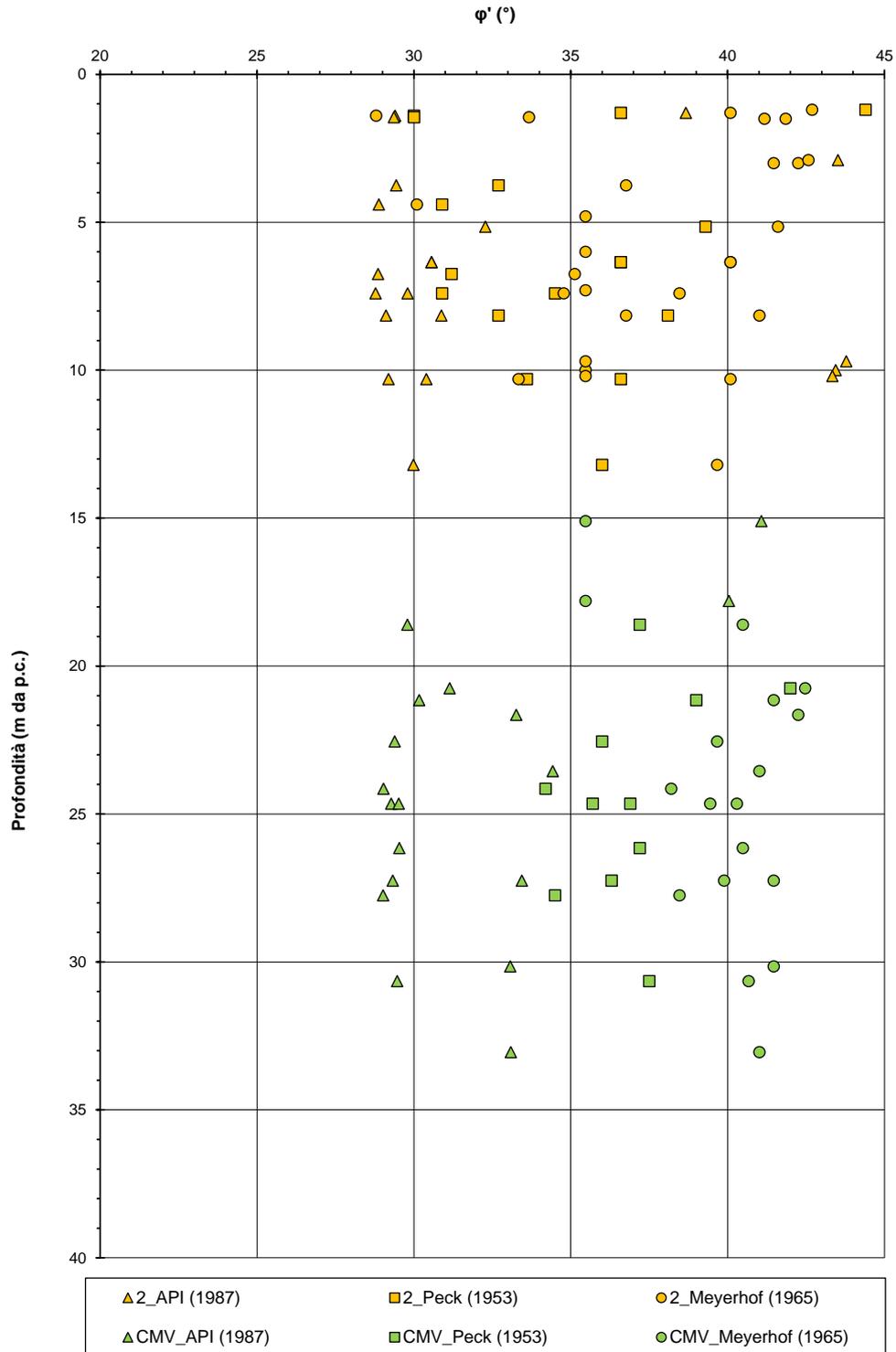
**Figura 111. Andora - Densità relativa da prove SPT**



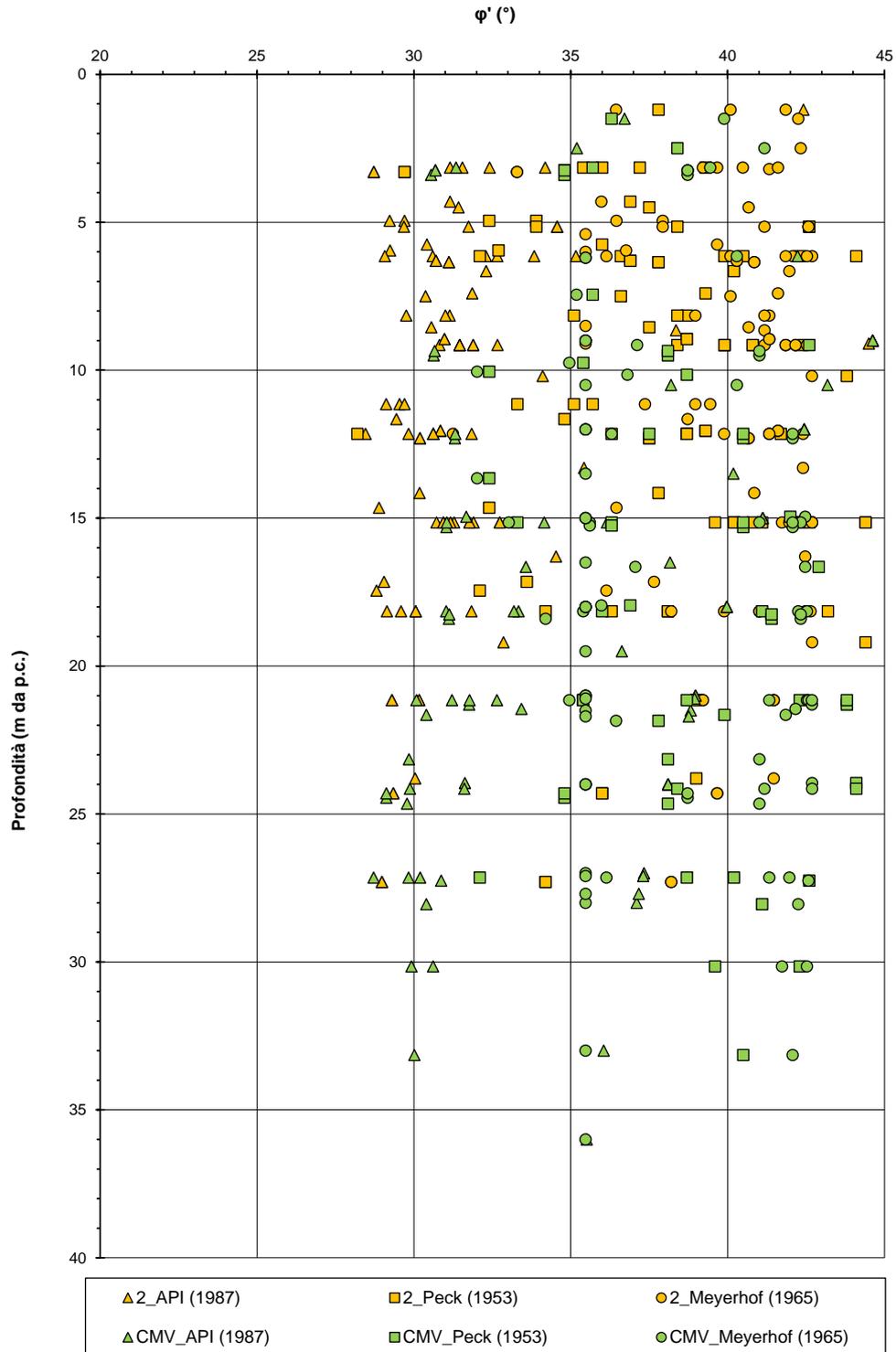
**Figura 112. Borgio Verezzi - Angolo di resistenza al taglio da SPT**



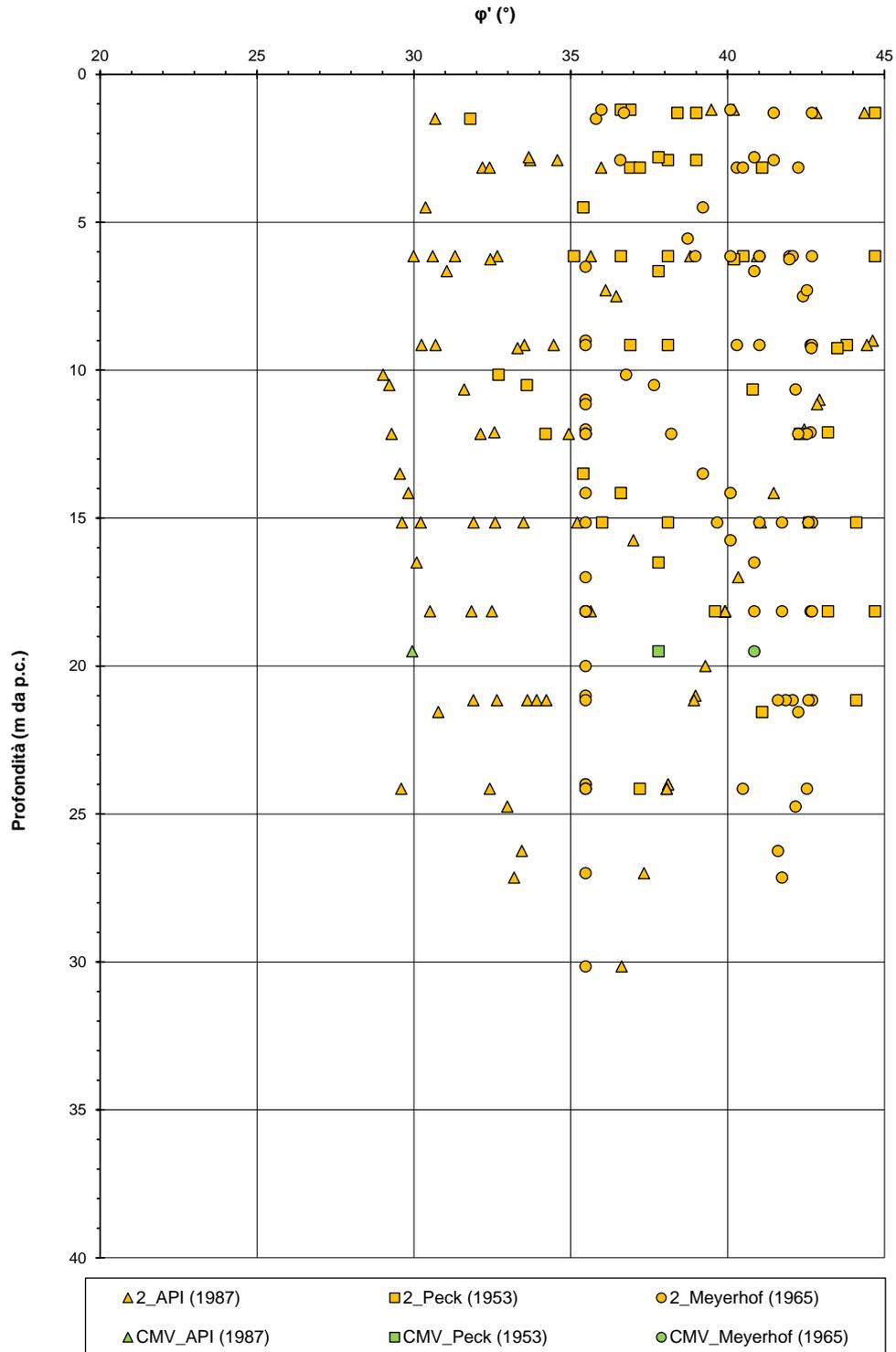
**Figura 113. Pietra Ligure - Angolo di resistenza al taglio da SPT**



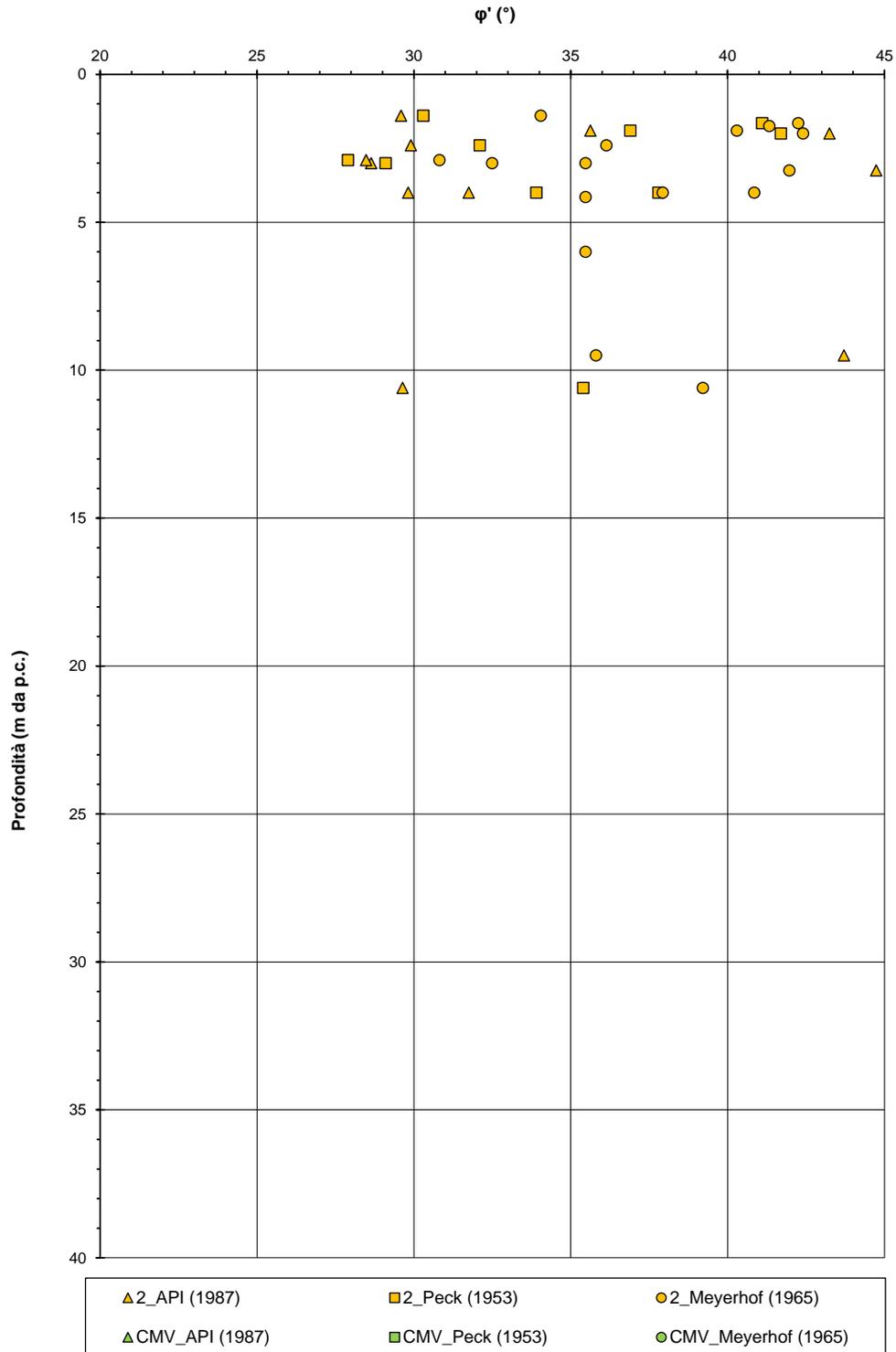
**Figura 114. Borghetto S. Spirito - Angolo di resistenza al taglio da SPT**



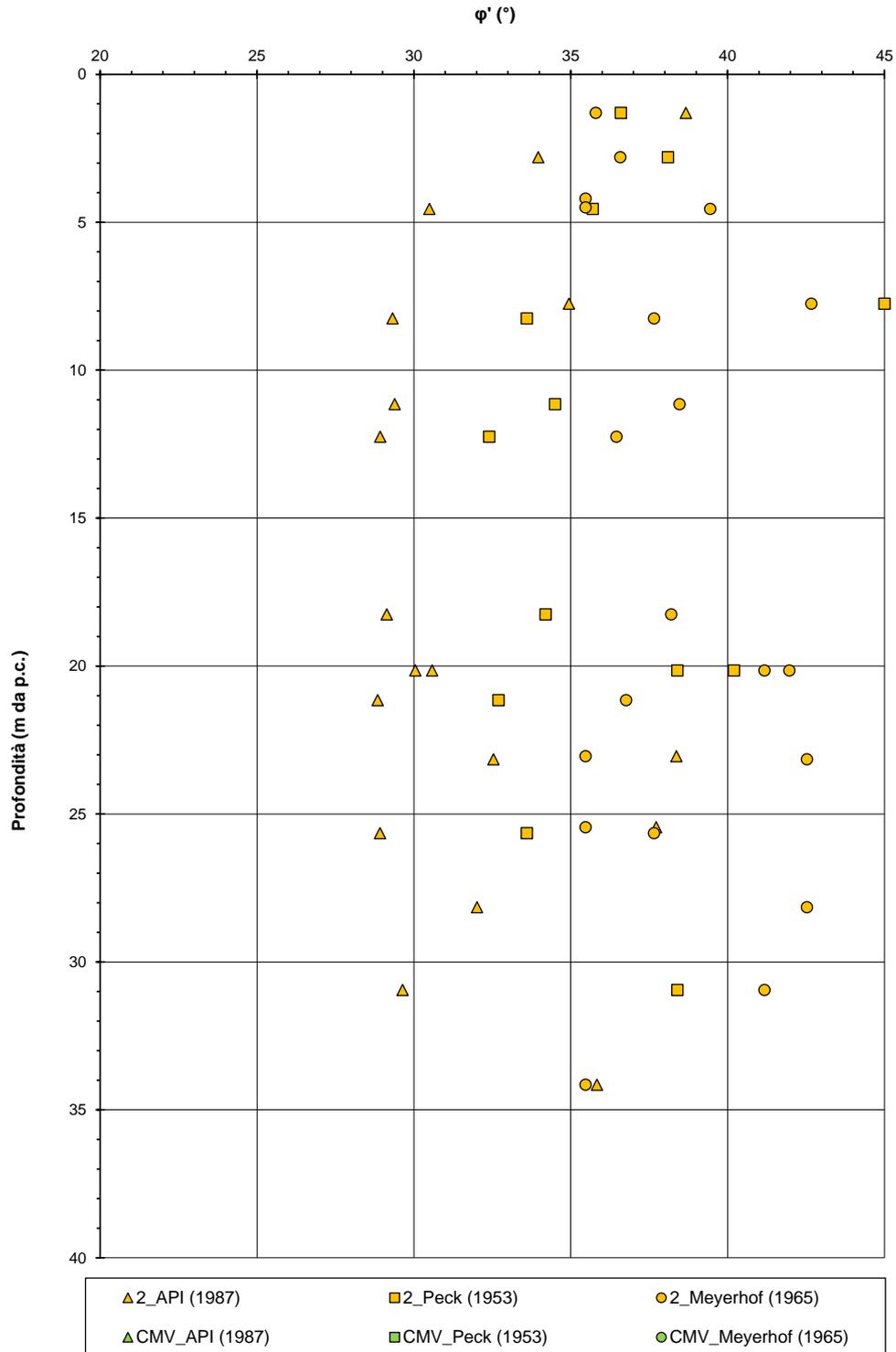
**Figura 115. Ceriale - Angolo di resistenza al taglio da SPT**



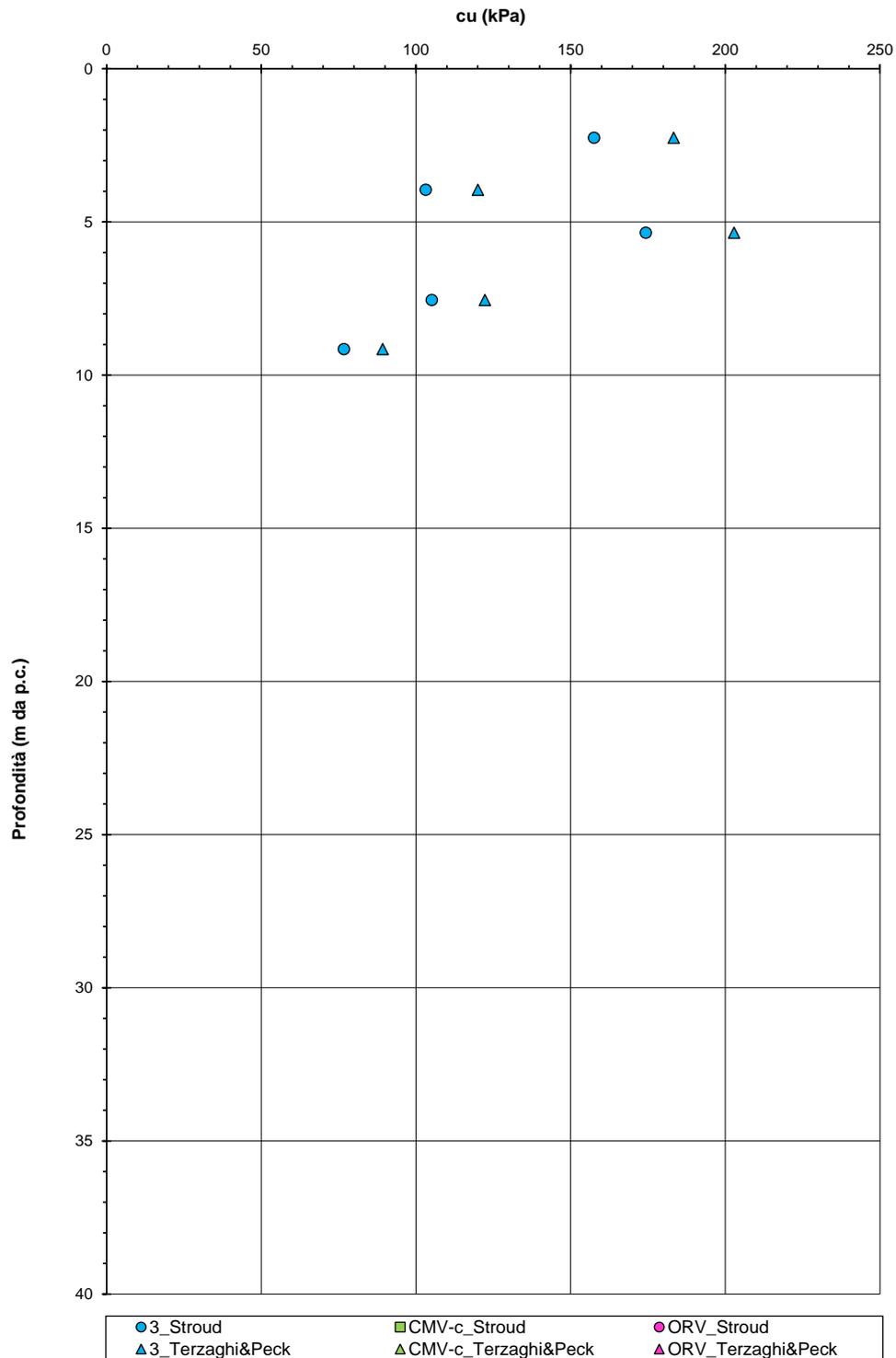
**Figura 116. Albenga - Angolo di resistenza al taglio da SPT**



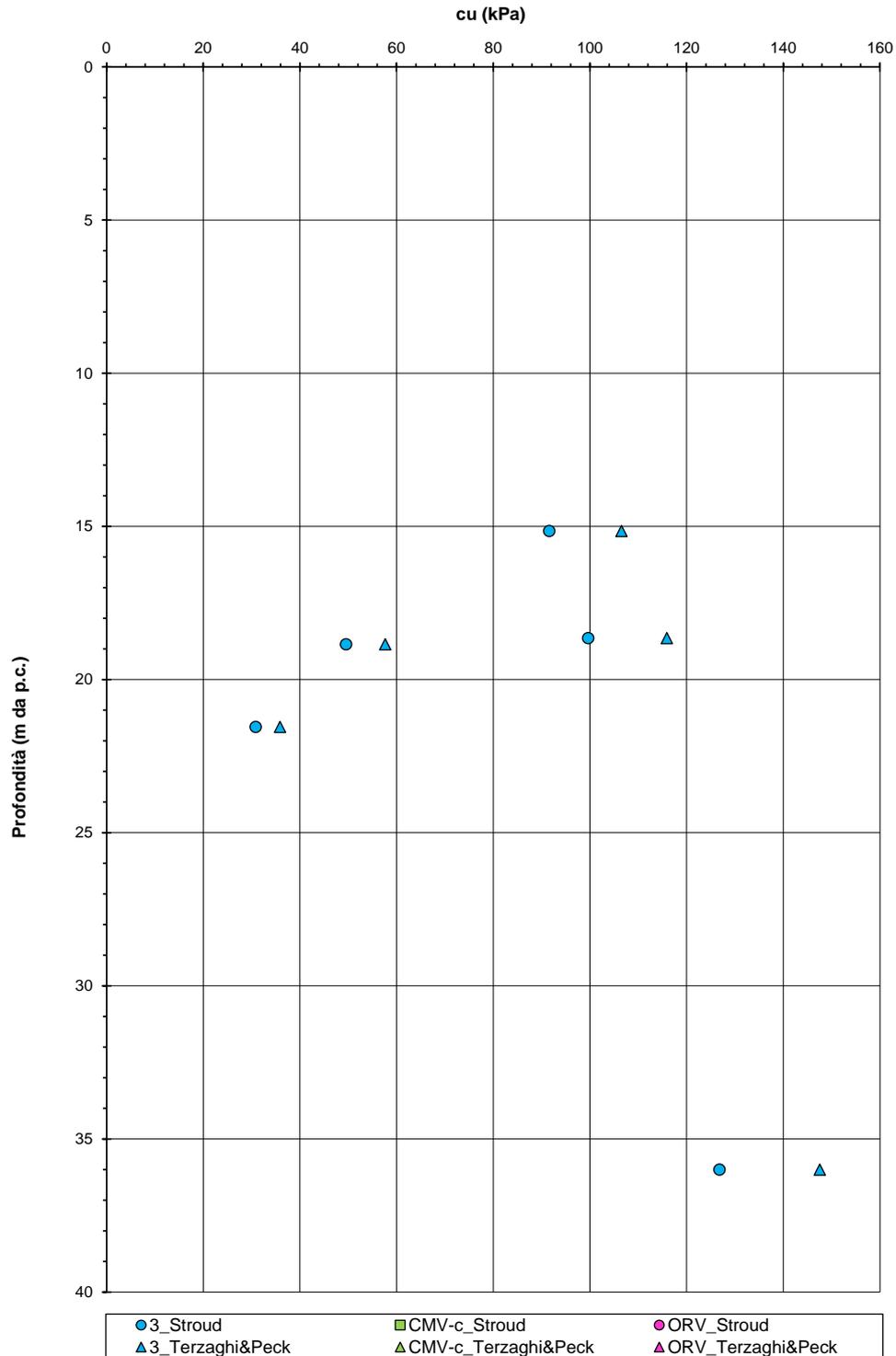
**Figura 117. Alassio - Angolo di resistenza al taglio da SPT**



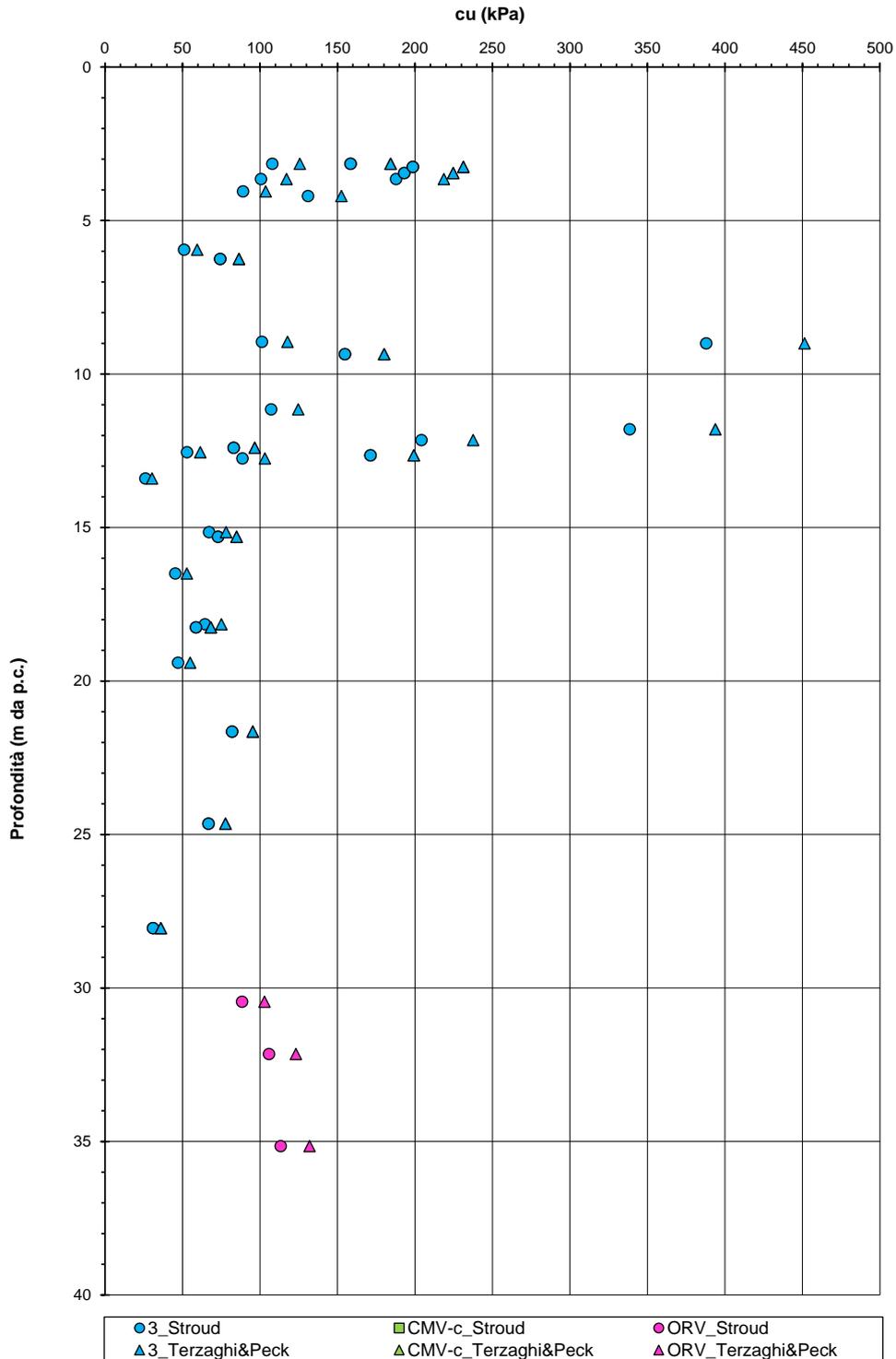
**Figura 118. Andora - Angolo di resistenza al taglio da SPT**



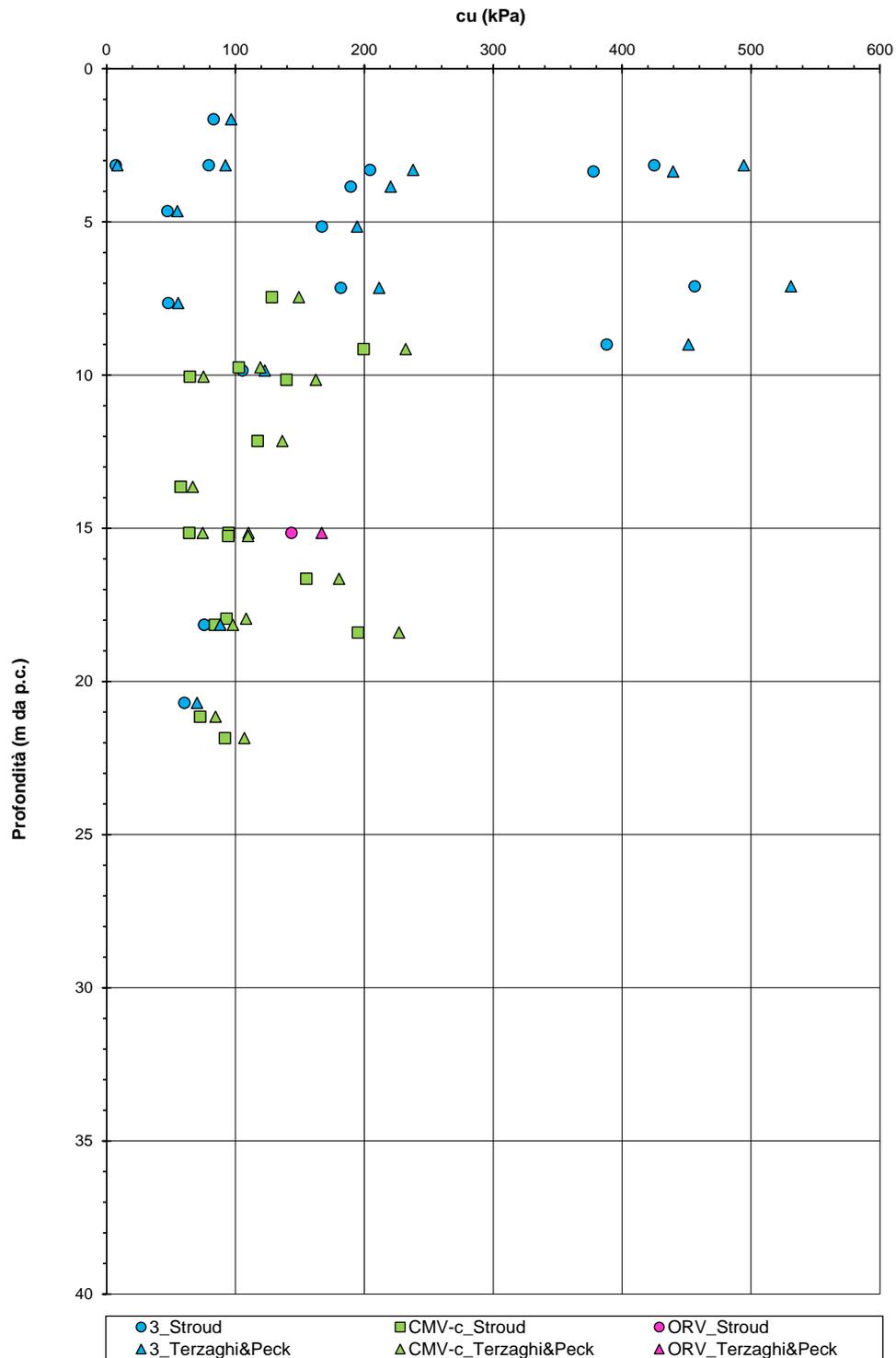
**Figura 119. Borgio Verezzi - Coesione non drenata ricavato da prove SPT**



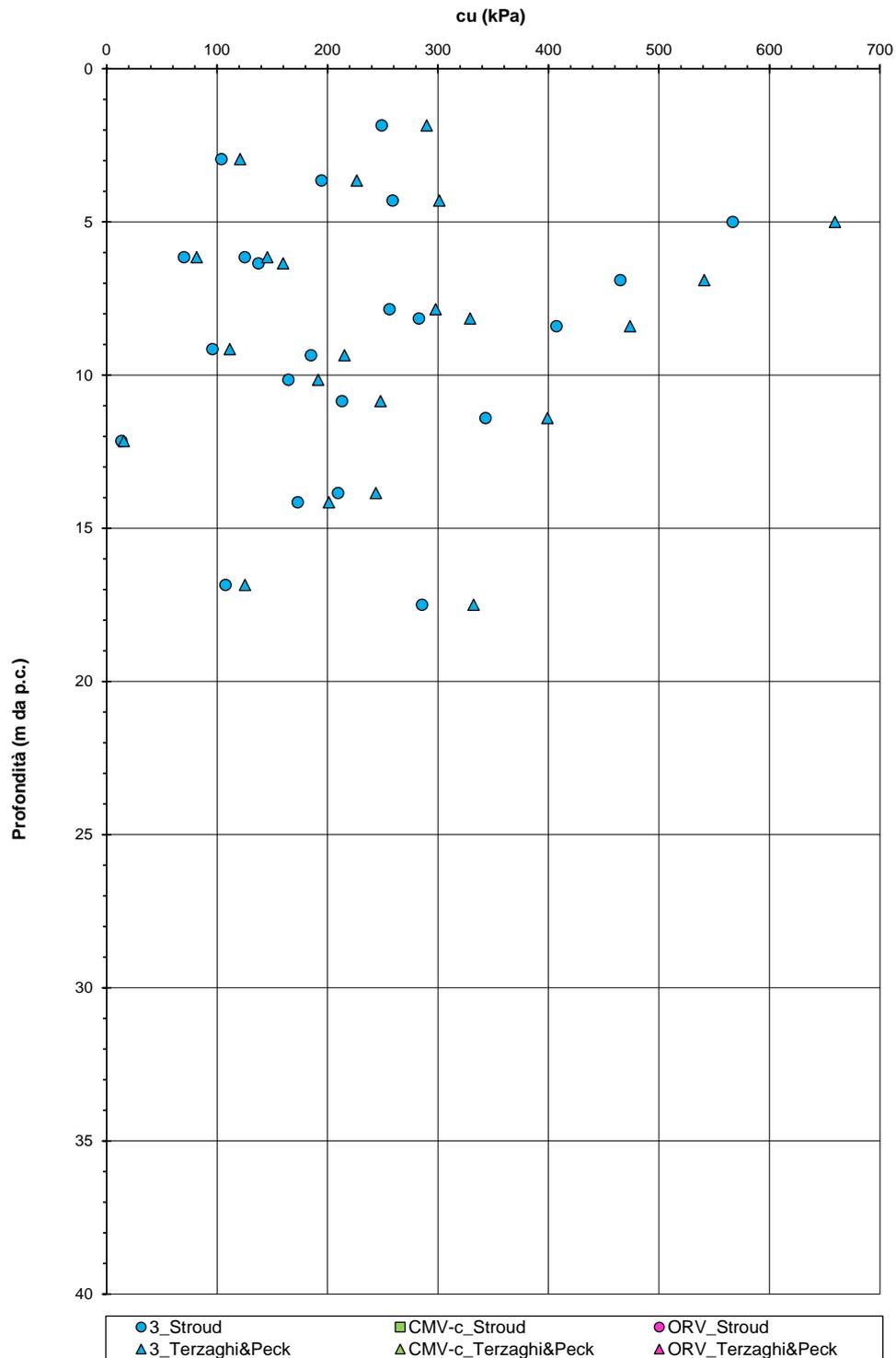
**Figura 120. Pietra Ligure - Coesione non drenata ricavato da prove SPT**



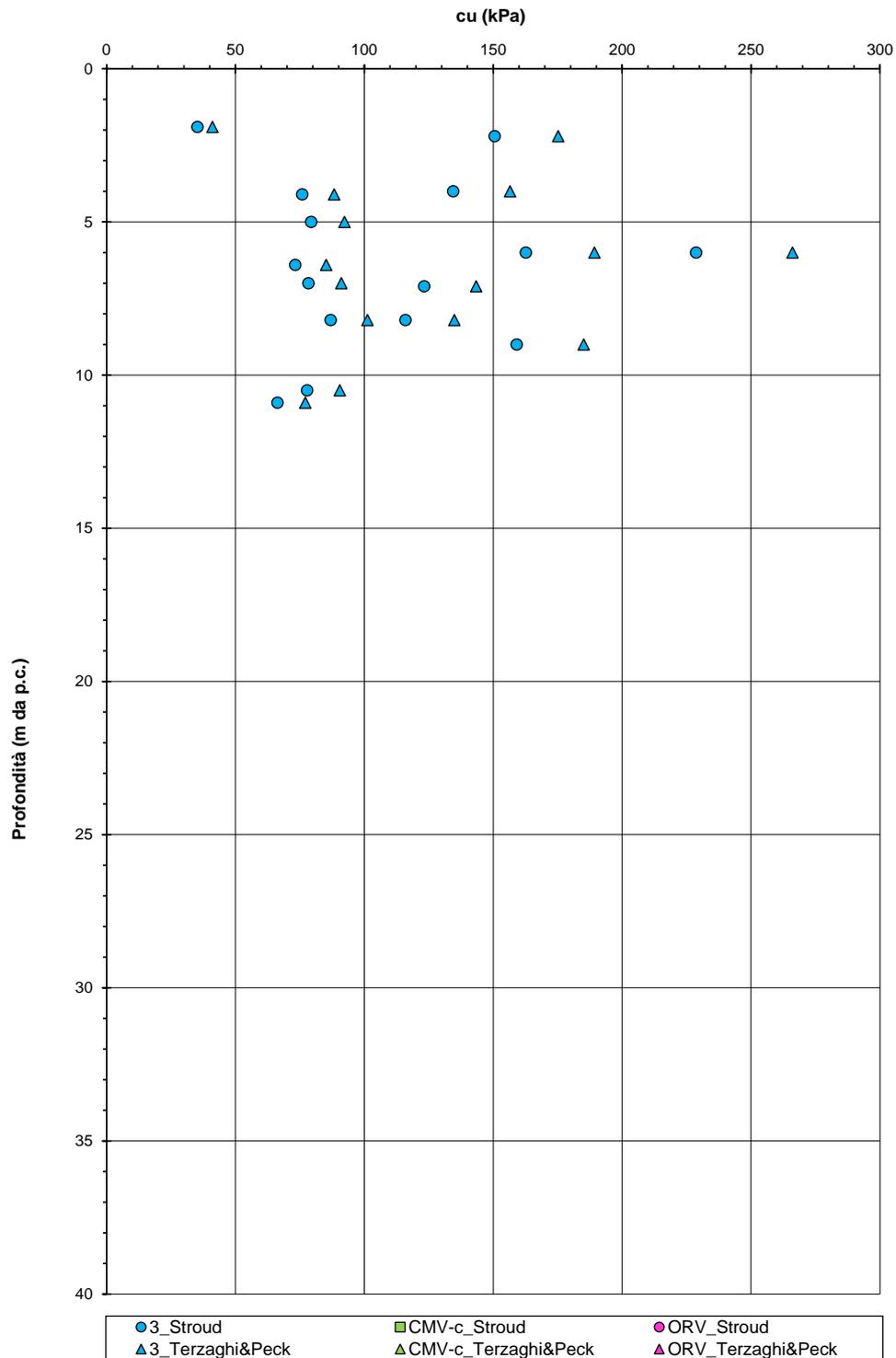
**Figura 121. Borghetto S. Spirito - Coesione non drenata ricavato da prove SPT**



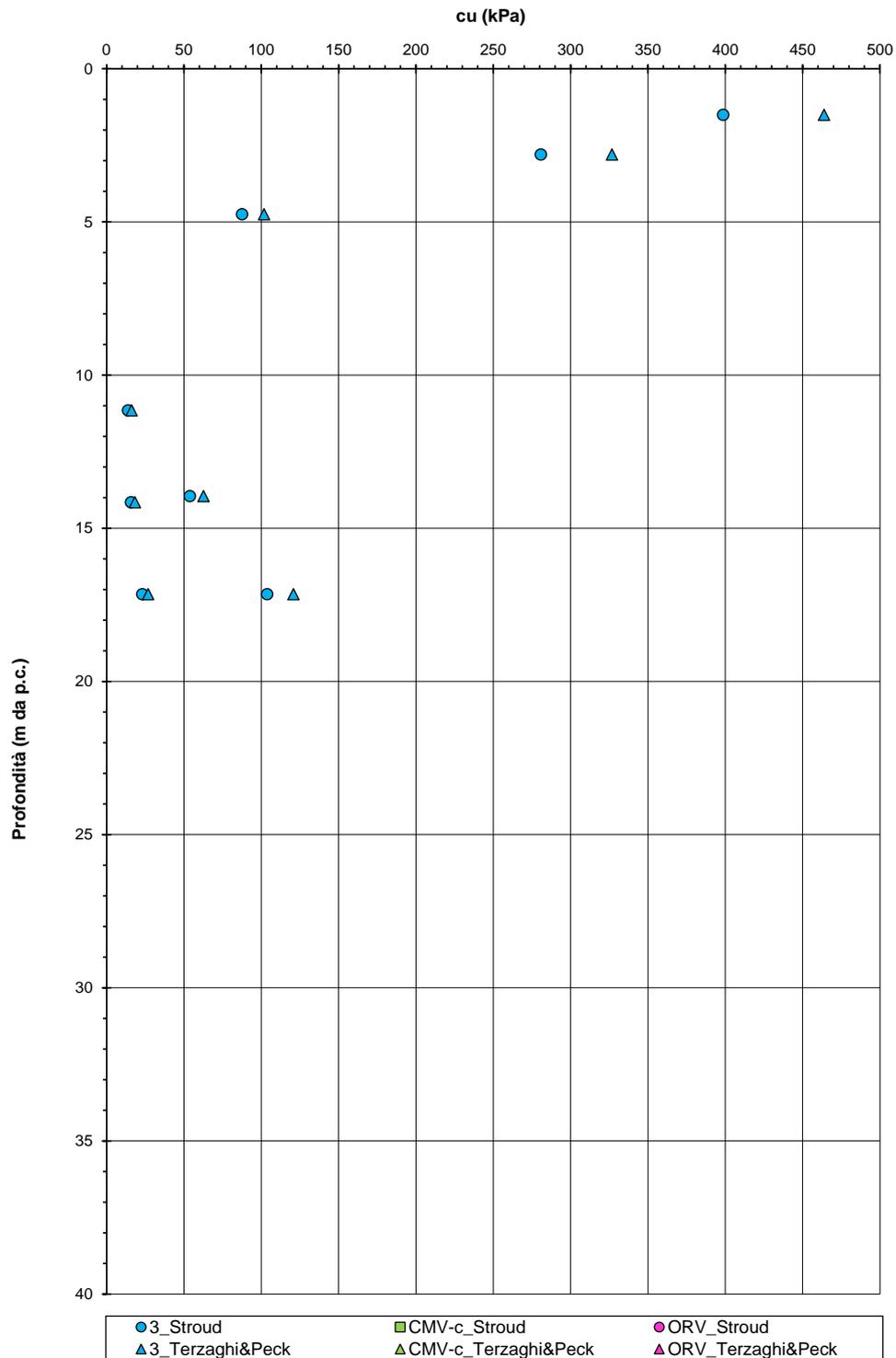
**Figura 122. Ceriale - Coesione non drenata ricavato da prove SPT**



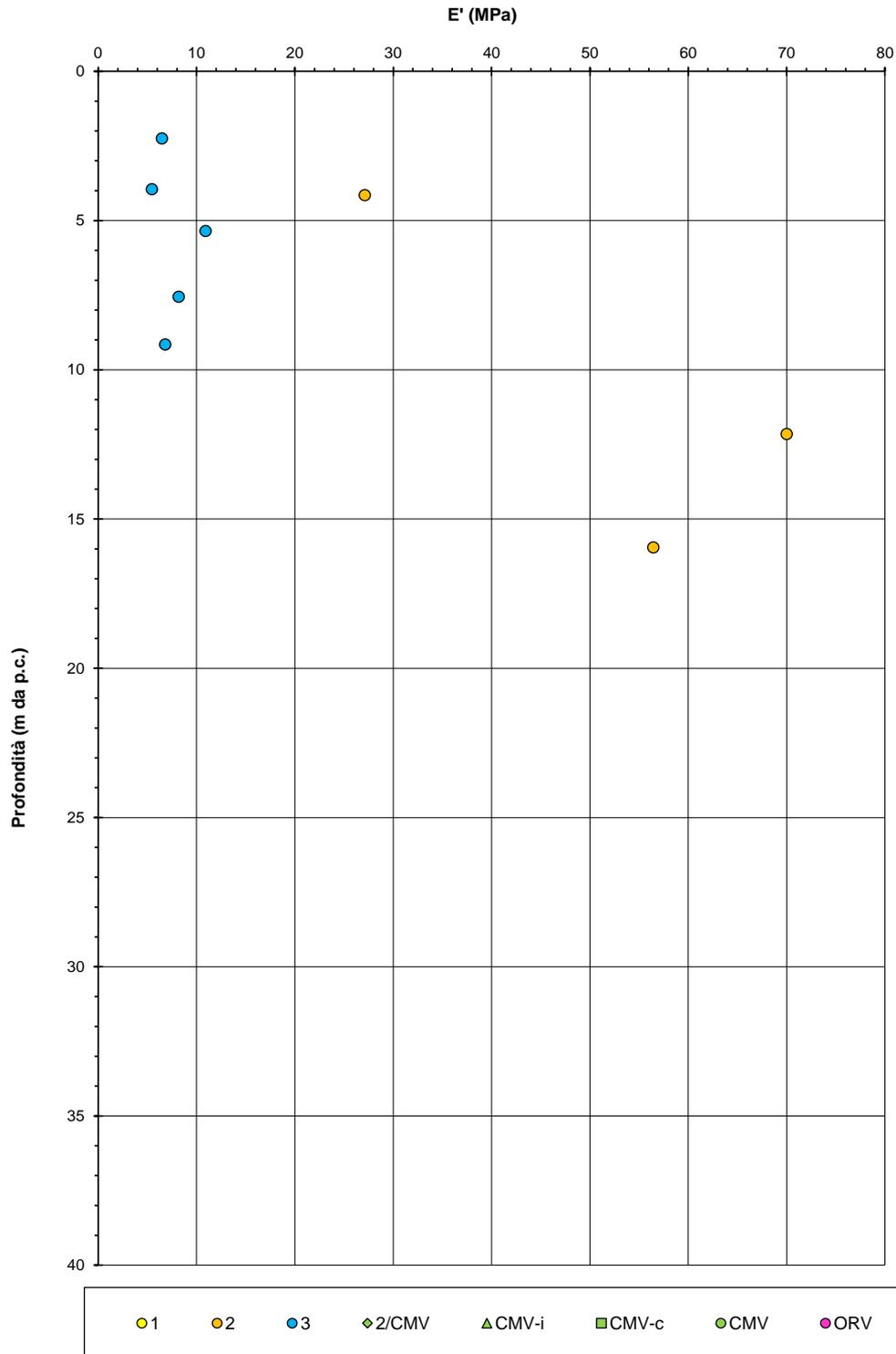
**Figura 123. Albenga - Coesione non drenata ricavato da prove SPT**



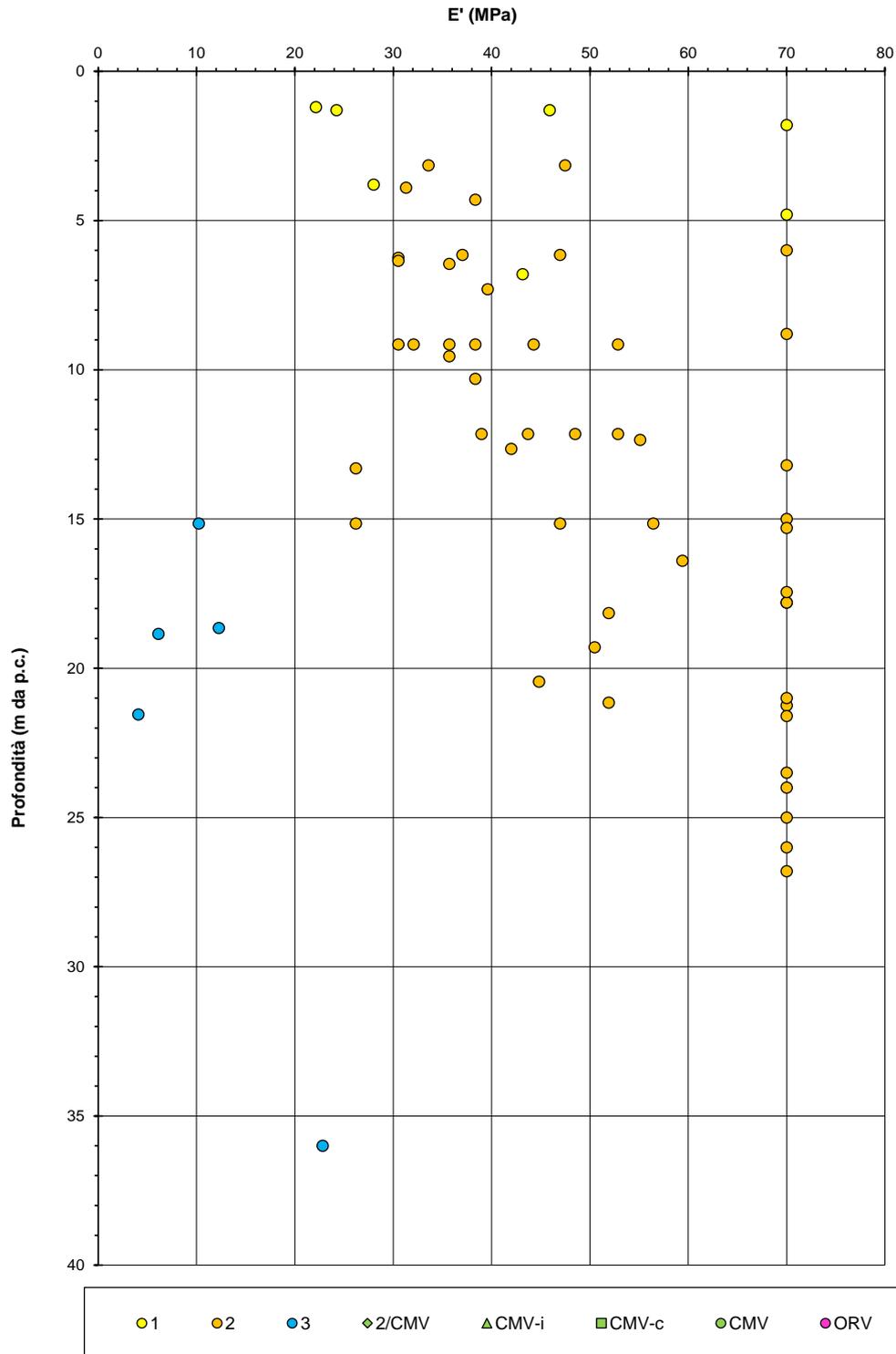
**Figura 124. Alassio - Coesione non drenata ricavato da prove SPT**



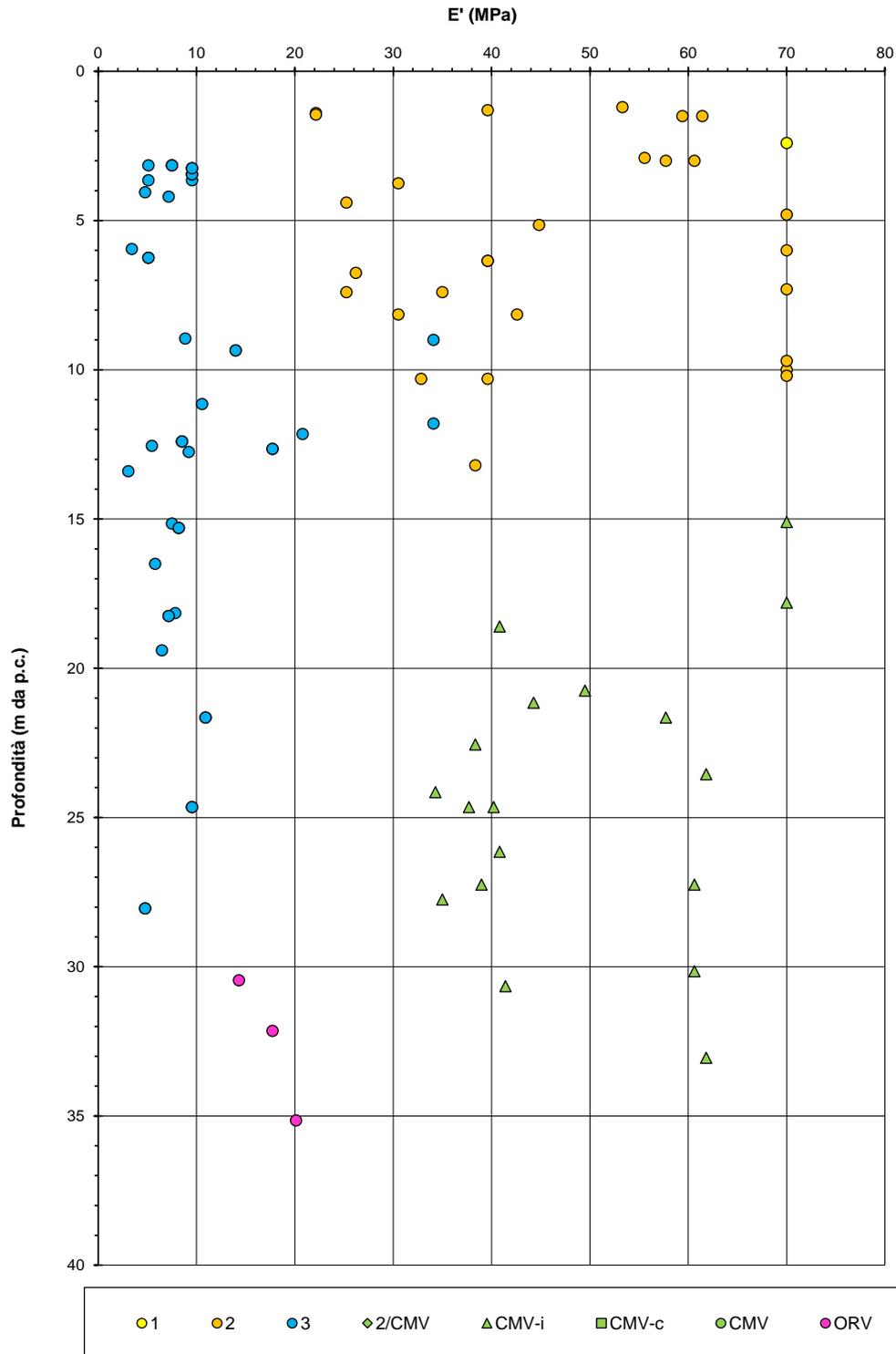
**Figura 125. Andora - Coesione non drenata ricavato da prove SPT**



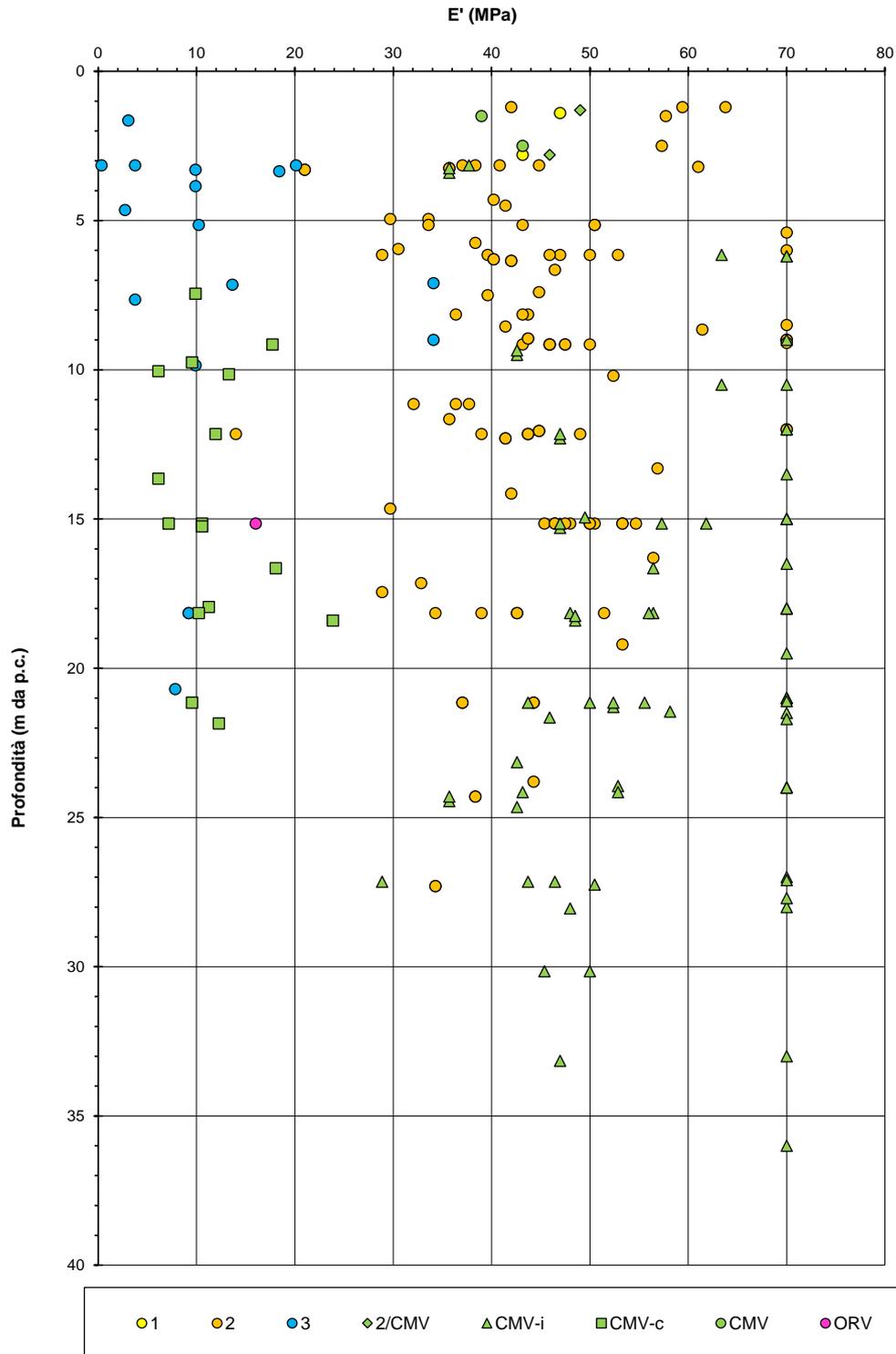
**Figura 126. Borgio Verezzi – Modulo di Young ricavata da prove SPT**



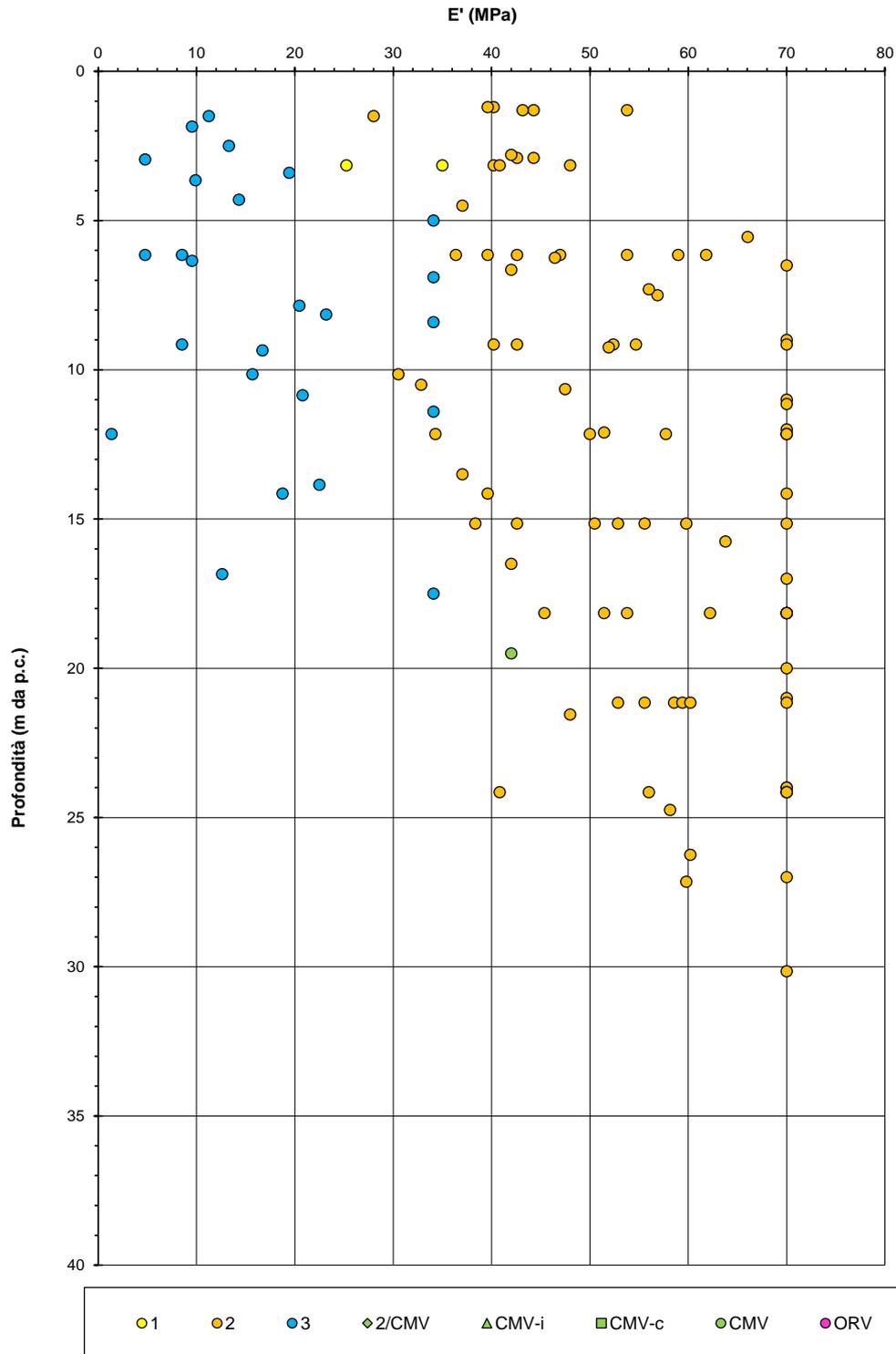
**Figura 127. Pietra Ligure – Modulo di Young ricavata da prove SPT**



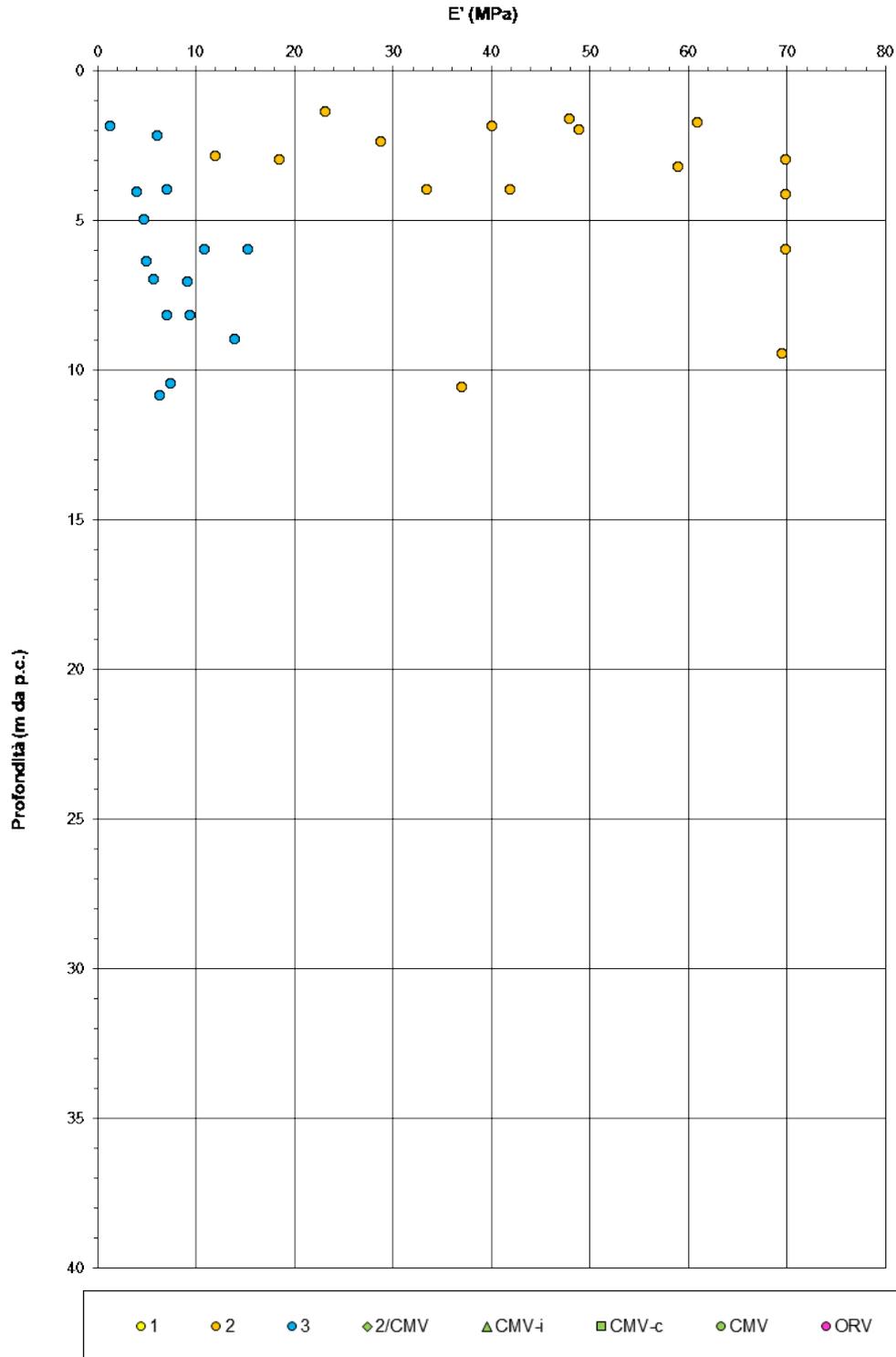
**Figura 128. Borghetto S. Spirito – Modulo di Young ricavata da prove SPT**



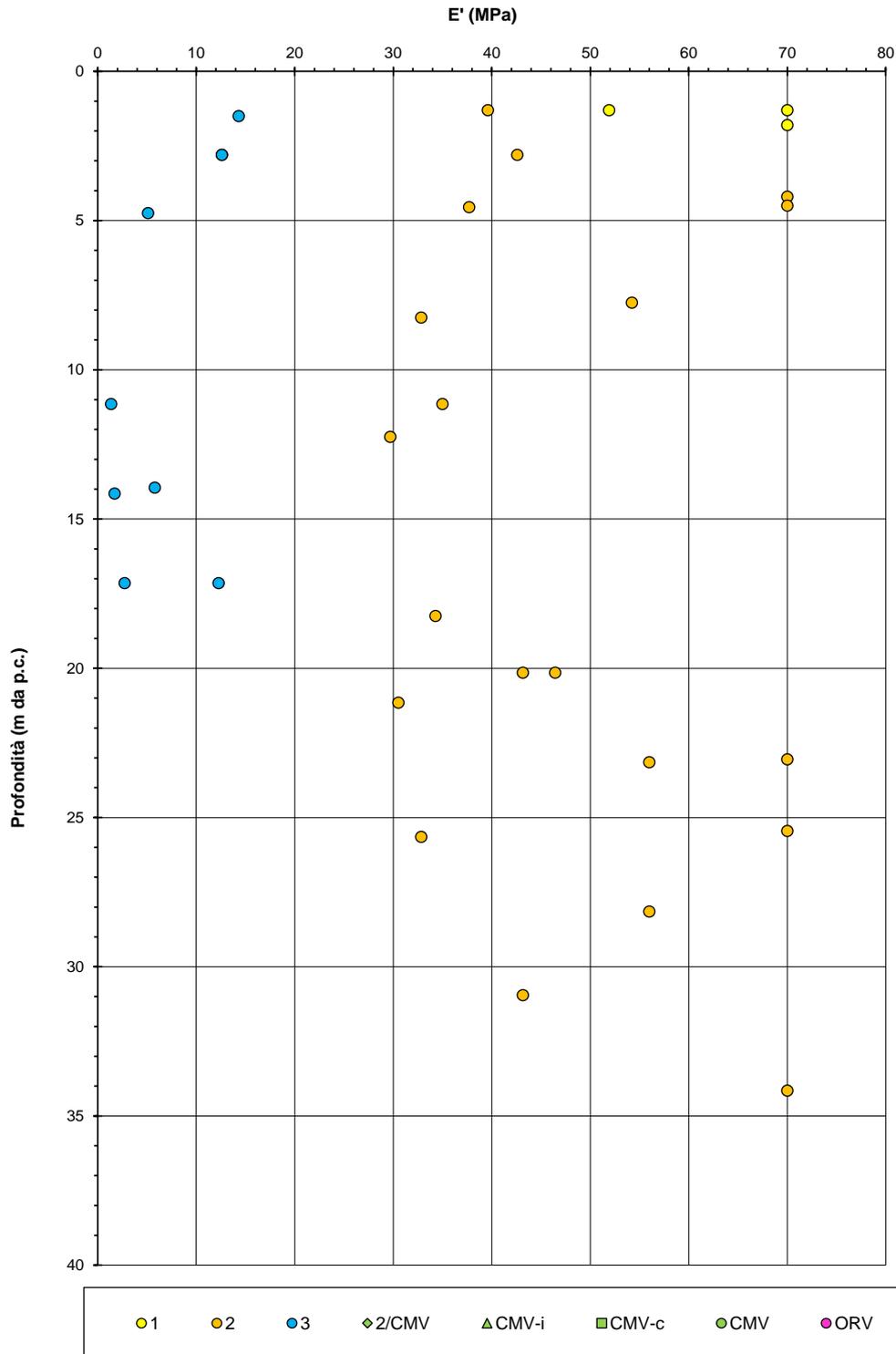
**Figura 129. Ceriale – Modulo di Young ricavata da prove SPT**



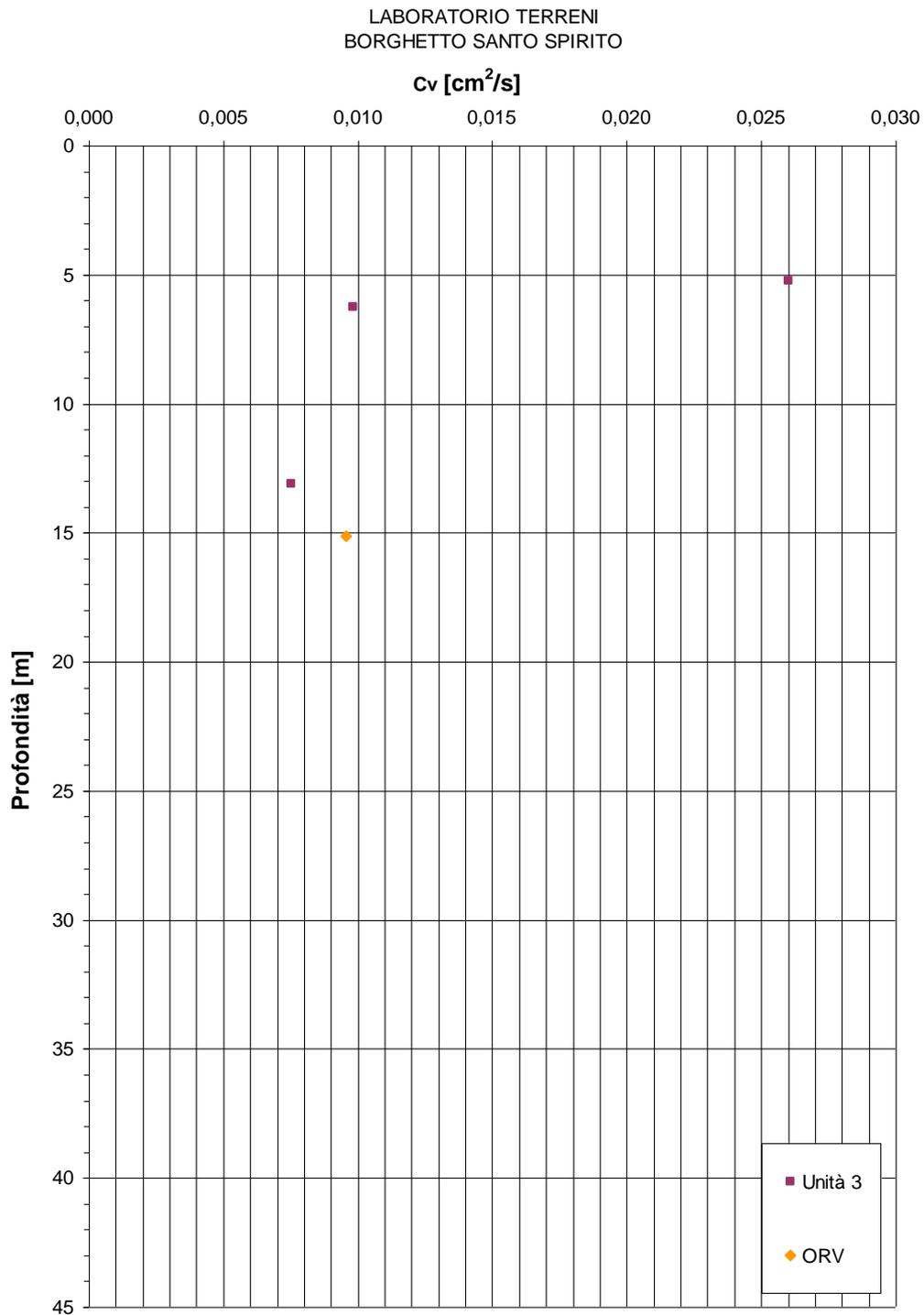
**Figura 130. Albenga – Modulo di Young ricavata da prove SPT**



**Figura 131. Alassio – Modulo di Young ricavata da prove SPT**

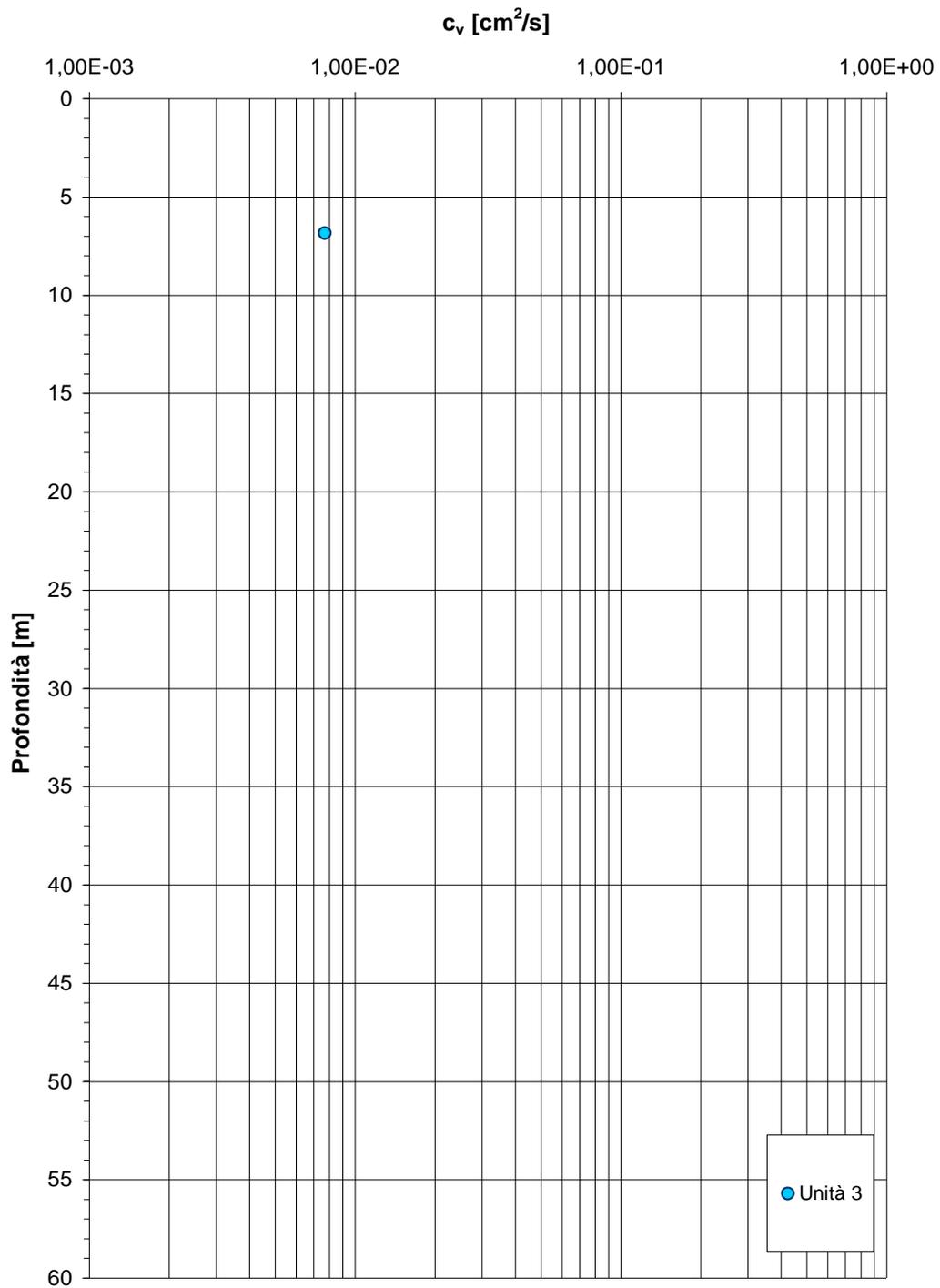


**Figura 132. Andora – Modulo di Young ricavata da prove SPT**



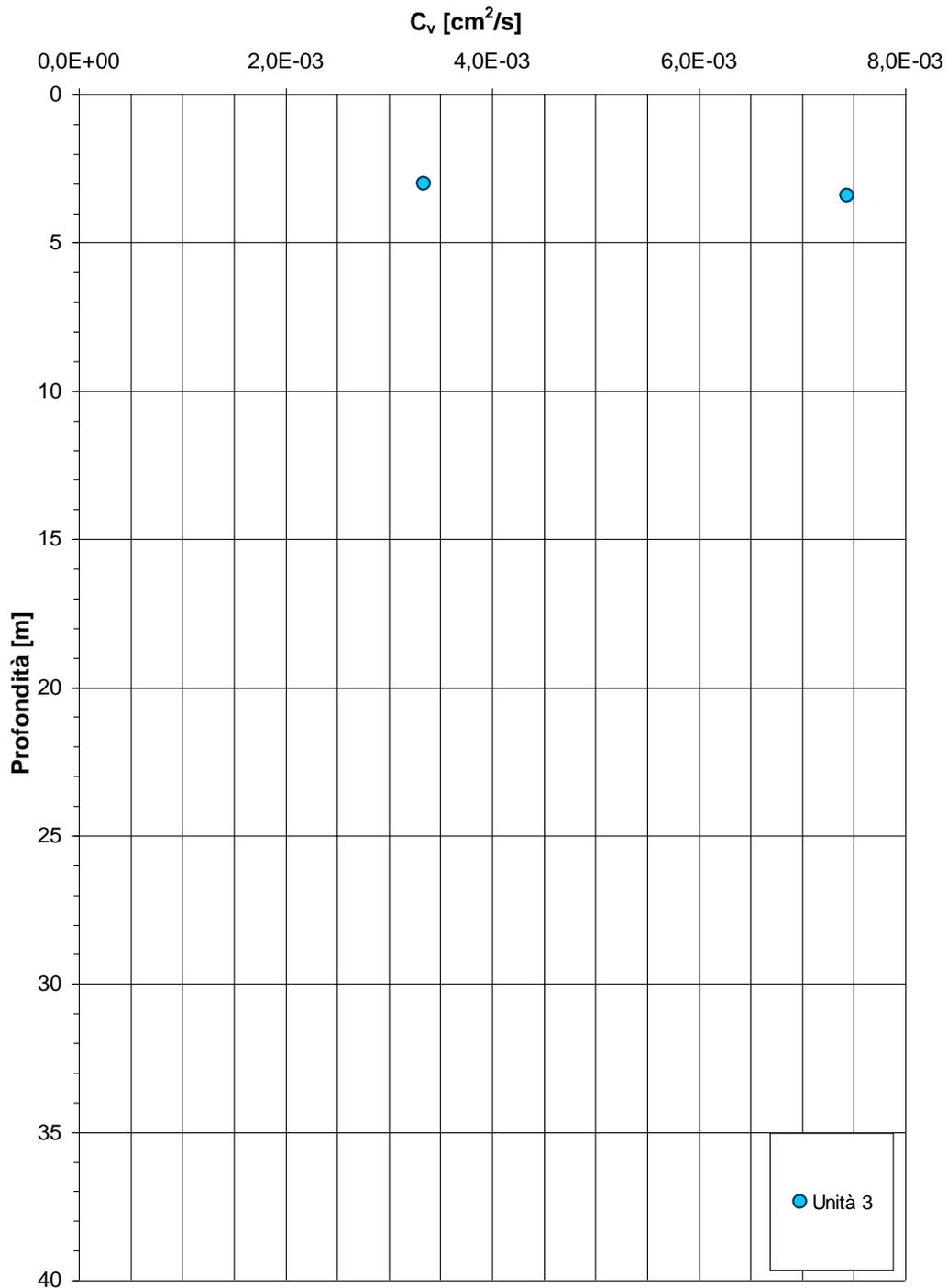
**Figura 133. Borghetto S. Spirito – Coefficiente di consolidazione primaria**

LABORATORIO TERRENI - CERIALE 1÷3

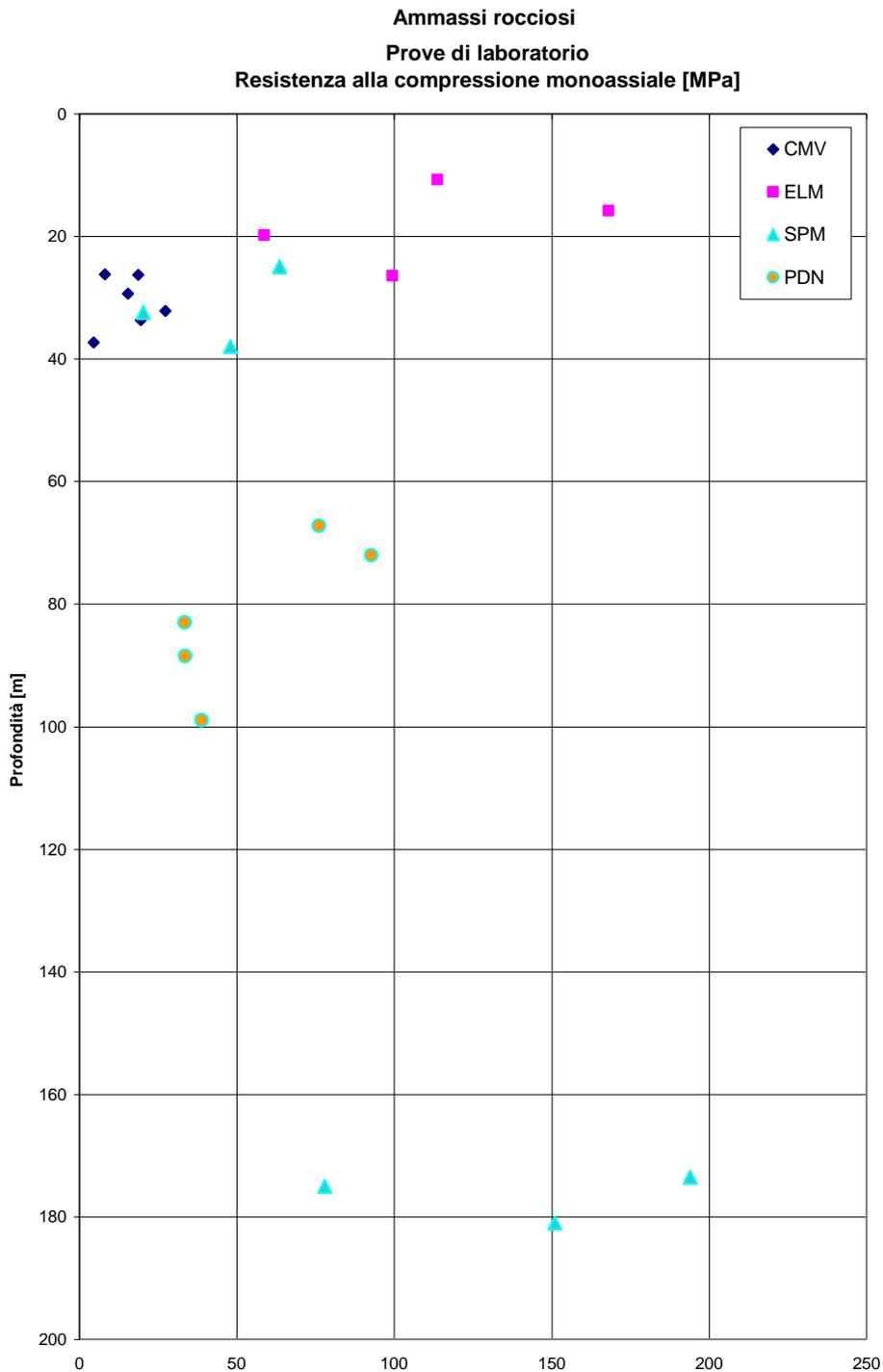


**Figura 134. Ceriale – Coefficiente di consolidazione primaria**

ALBENGA 1÷2 LABORATORIO TERRENI



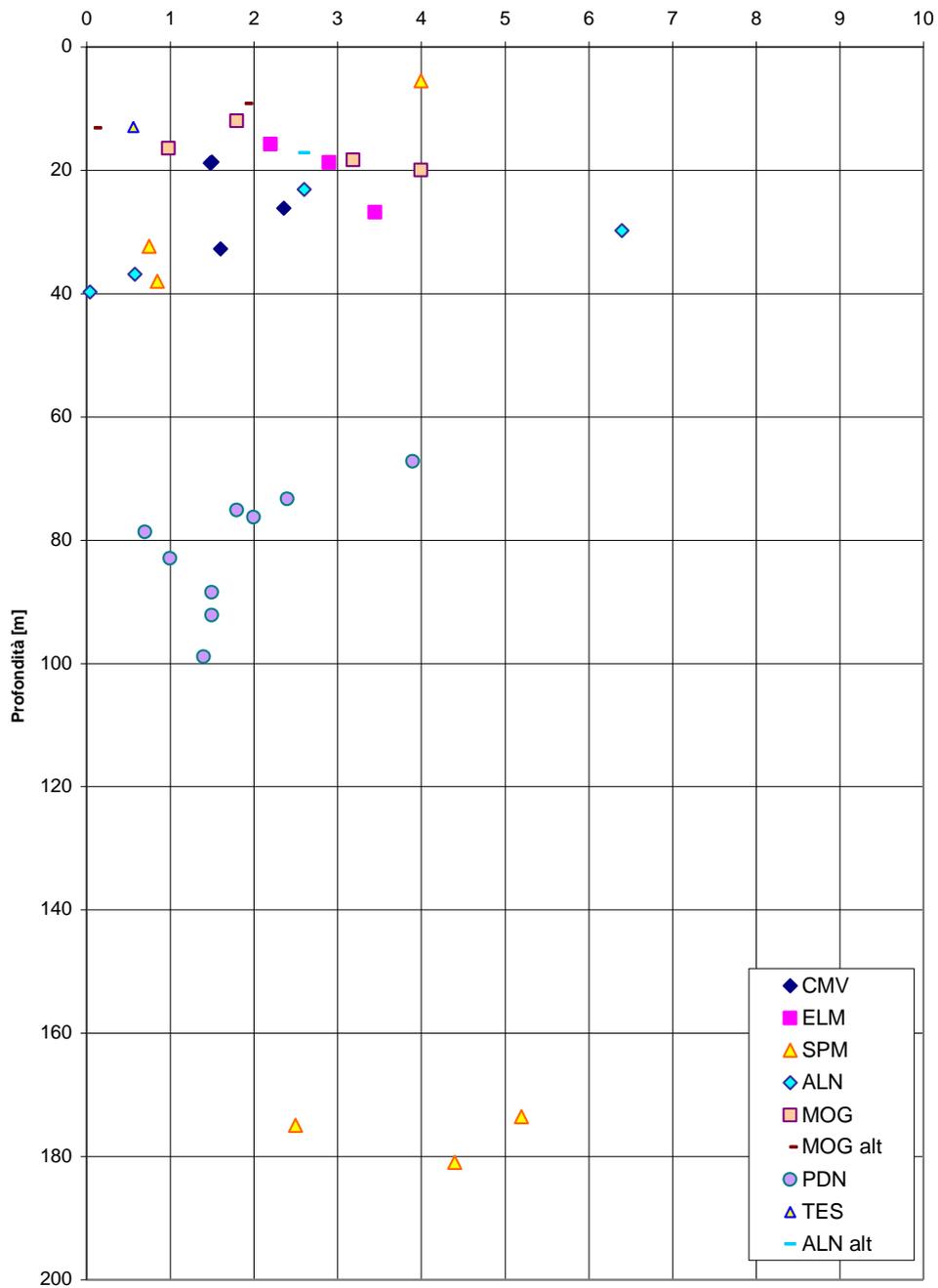
**Figura 135. Albenga – Coefficiente di consolidazione primaria**



**Figura 136. Prove di laboratorio su campioni di roccia – Resistenza alla compressione monoassiale**

**Ammassi rocciosi**

**Point Load Test  
Is<sub>50</sub> [MPa]**

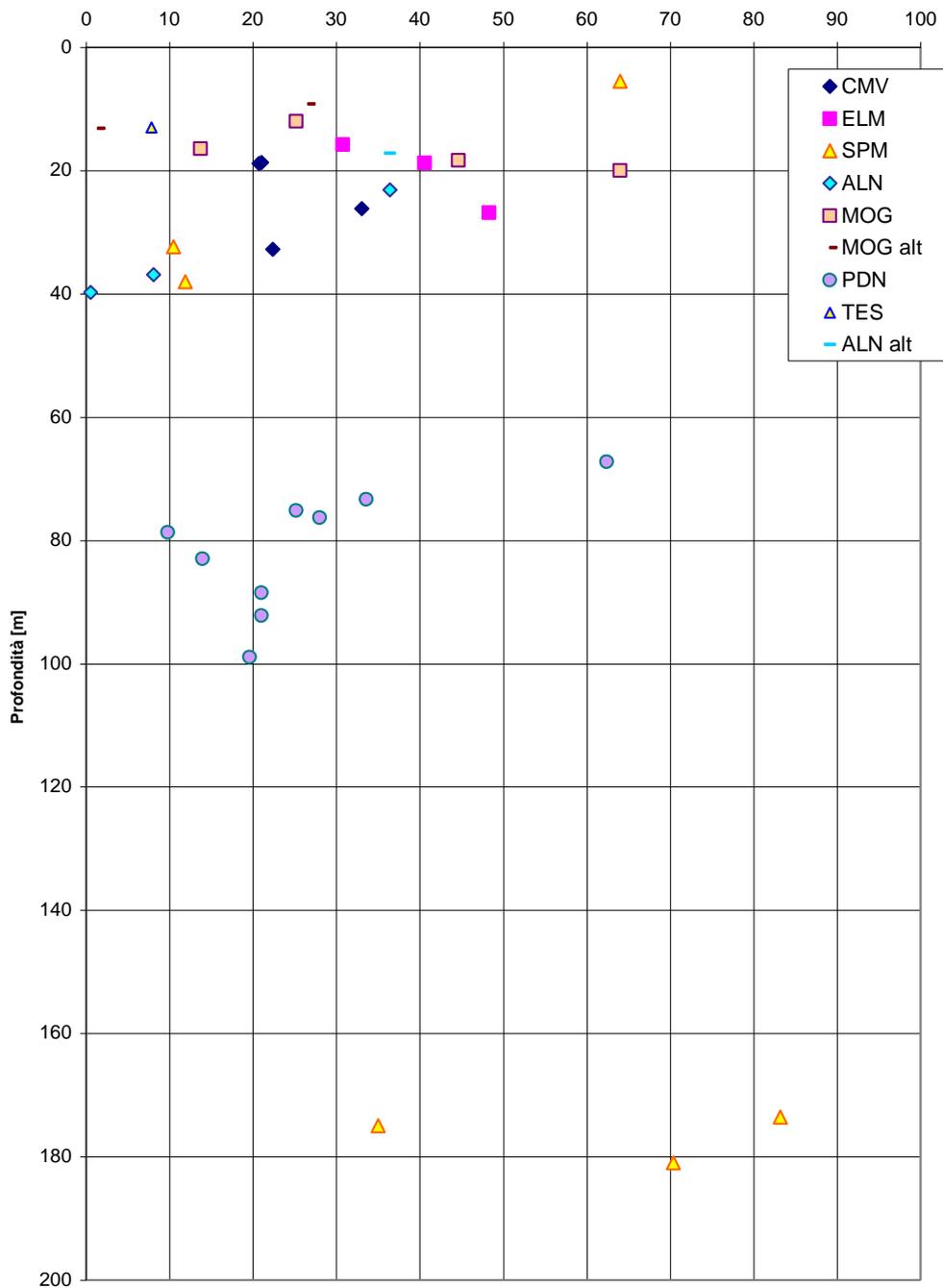


**Figura 137. Prove di laboratorio su campioni di roccia – Point Load Test**

**Ammassi rocciosi**

**Point Load Test**

Resistenza alla compressione monoassiale [MPa]



**Figura 138. Resistenza alla compressione monoassiale da Point Load Test**