

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Dott. Geol. Attilio EUSEBIO	Ing. Piergiorgio GRASSO
		Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche



## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO- TELESE

#### GEOTECNICA

#### Relazione geotecnica generale

APPALTATORE	IMPRESA PIZZAROTTI & C. s.p.a. Dott. Ing. Sabino Del Balzo IL DIRETTORE TECNICO Ing. Sabino DEL BALZO 23/06/2020	SCALA:
		-

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

I	F	2	6	1	2	E	R	B	G	E	G	E	0	0	0	5	0	0	1	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato / Data
A	Emissione	L. Landolfi	24/02/2020	A. Eusebio	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Dott. Geol. Attilio EUSEBIO
B	Emissione a seguito di istruttoria ITF	L. Landolfi	23/06/2020	A. Eusebio	23/06/2020	P. Grasso	23/06/2020	

## Indice

<b>1. GENERALITA'</b> .....	<b>5</b>
<b>2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
2.1 <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
2.2 <b>ELABORATI DI RIFERIMENTO DAL PROGETTO DEFINITIVO</b> .....	<b>5</b>
2.3 <b>ELABORATI DI RIFERIMENTO DAL PROGETTO ESECUTIVO</b> .....	<b>6</b>
<b>3. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'INFRASTRUTTURA</b> .....	<b>6</b>
<b>4. UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE</b> .....	<b>7</b>
<b>5. INDAGINI GEOTECNICHE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA</b> .....	<b>9</b>
<b>6. CAMPAGNA GEOGNOSTICA DI PROGETTO ESECUTIVO</b> .....	<b>10</b>
6.1 <b>SONDAGGI E PROVE IN SITU</b> .....	<b>10</b>
6.2 <b>CAMPIONI PRELEVATI E PROVE DI LABORATORIO</b> .....	<b>11</b>
6.3 <b>CRITERI DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE</b> .....	<b>13</b>
6.4 <b>UNITÀ INCOERENTI</b> .....	<b>13</b>
6.4.1 <b>PARAMETRI DA PROVE SPT</b> .....	<b>13</b>
6.5 <b>UNITÀ COESIVE</b> .....	<b>17</b>
6.5.1 <b>PARAMETRI DA PROVE DI LABORATORIO</b> .....	<b>17</b>
6.5.2 <b>PARAMETRI DA PROVE CPTU</b> .....	<b>17</b>
6.6 <b>PARAMETRI DA PROVE SISMICHE IN FORO E DI SUPERFICIE</b> .....	<b>19</b>
<b>7. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE DEL TRACCIATO</b> .....	<b>20</b>
7.1 <b>TERRENO DI RIPORTO – UNITÀ RA</b> .....	<b>20</b>
7.2 <b>COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI – UNITÀ B2</b> .....	<b>20</b>
7.3 <b>DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI – UNITÀ BA1</b> .....	<b>20</b>
7.4 <b>DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI – UNITÀ BA2</b> .....	<b>21</b>
7.5 <b>DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI – UNITÀ BA3</b> .....	<b>22</b>
7.6 <b>DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – UNITÀ BC1</b> .....	<b>23</b>
7.7 <b>DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – UNITÀ BC2</b> .....	<b>24</b>
7.8 <b>DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – UNITÀ BC3</b> .....	<b>25</b>
7.9 <b>DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – UNITÀ BC4</b> .....	<b>26</b>
7.10 <b>DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI – UNITÀ BN1</b> .....	<b>26</b>
7.11 <b>DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI – UNITÀ BN2</b> .....	<b>27</b>

**Relazione geotecnica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	3 di 129

7.12	TUFO GRIGIO CAMPANO – UNITÀ TGC1.....	27
7.13	TUFO GRIGIO CAMPANO – UNITÀ TGC2.....	27
7.14	TUFO GRIGIO CAMPANO – UNITÀ TGC3.....	28
7.15	UNITÀ DI MADDALONI – UNITÀ MDL1 .....	29
7.16	UNITÀ DI MADDALONI – UNITÀ MDL2 .....	30
7.17	UNITÀ DI MADDALONI – UNITÀ MDL3 .....	31
7.18	UNITÀ DI MADDALONI – UNITÀ MDL4 .....	32
7.19	CARATTERIZZAZIONE GENERALE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE LUNGO LINEA .....	34
<b>8.</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA LUNGO LINEA PER TRATTE OMOGENEE .....</b>	<b>35</b>
8.1	PREMESSA.....	35
8.2	APPROCCIO GENERALE ALLA CARATTERIZZAZIONE DELLE TRATTE OMOGENEE.....	35
8.3	TRATTA 1 DA PK 16+600 A 20+474 (SPALLA 1- VI05).....	37
8.3.1	INDAGINI DI RIFERIMENTO.....	38
8.3.2	DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO.....	38
8.3.3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 1 .....	39
8.4	TRATTA 2: DA PK 20+474 (SPALLA 1 - VI05) A 21+050 (P19 - VI05).....	46
8.4.1	- INDAGINI DI RIFERIMENTO; .....	46
8.4.2	- DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO.....	46
8.4.3	- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 2.....	48
8.5	TRATTA 3 DA PK 21+050+ A 22+250 .....	54
8.5.1	- INDAGINI DI RIFERIMENTO .....	54
8.5.2	DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO.....	55
8.5.3	- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 3.....	56
8.6	TRATTA 4 DA PK 22+250+ A 25+200 GA02.....	61
8.6.1	INDAGINI DI RIFERIMENTO .....	61
8.6.2	DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO.....	61
8.6.3	- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 4.....	63
8.7	TRATTA 5 DA PK 25+200 A 26+150 .....	69
8.7.1	- INDAGINI DI RIFERIMENTO .....	69
8.7.2	DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO.....	70
8.7.3	- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 5.....	71
8.8	TRATTA 6 DA PK 26+150 A 27+700 .....	74
8.8.1	- INDAGINI DI RIFERIMENTO .....	74

8.8.2	DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO.....	75
8.8.3	- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 6.....	76
9.	PIANO DI POSA DEI RILEVATI.....	79
10.	RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	86
	<b>ALLEGATO A – GRAFICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....</b>	<b>96</b>
	UNITÀ INCOERENTI BA1, BA2 .....	96
	UNITÀ INCOERENTI BC1, BC2 .....	100
	UNITÀ COESIVA BC3 .....	107
	UNITÀ INCOERENTI TGC1, TGC2 .....	112
	UNITA' INCOERENTI MDL1, MDL2.....	117
	UNITÀ COESIVA MDL3.....	121
	<b>ALLEGATO B – QUADRO DELLE PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE .....</b>	<b>127</b>

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 5 di 129

## 1. GENERALITA'

Nel presente documento si riporta la caratterizzazione geotecnica sviluppata per il progetto esecutivo del raddoppio della tratta ferroviaria Cannello-Benevento Il Lotto Funzionale Frasso Telesino - Vitulano, sub lotto 1 dal km 16+500 al km 27+700.

La definizione dei parametri di riferimento per la progettazione esecutiva è stata eseguita, specificando gli intervalli di valori caratteristici delle unità geotecniche intercettate dall'intero tracciato [ref, geologia PE], in linea con quanto riportato nel PD, sia nel dettaglio, individuando tratte omogenee di riferimento caratterizzate da intervalli di valori contestualizzati ai sondaggi ricadenti nella singola tratta.

Il documento sviluppa i seguenti argomenti:

- inquadramento generale delle unità geotecniche intercettate dall'infrastruttura;
- descrizione delle indagini geotecniche eseguite in sito ed in laboratorio;
- criteri di interpretazione dei risultati;
- interpretazione dei risultati e la definizione dei parametri geotecnici, in termini di proprietà fisiche e meccaniche, per le unità geotecniche intercettate;
- caratterizzazione di dettaglio delle tratte omogenee di suddivisione del tracciato.

## 2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- [N.2]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [N.3]. RFI DTC SI CS MA IFS 001 A del 30-12-16 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- [N.4]. RFI DTC SI SP IFS 001 A del 30-12-16 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.

### 2.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO DAL PROGETTO DEFINITIVO

- [D.1]. IF0H 12 D 11 RB GE0001 001 B - Raddoppio della tratta Cannello-Benevento –Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano, I° Lotto funzionale Frasso – Telese. Progetto Definitivo. Relazione Geotecnica generale di linea delle opere all'aperto – Sub Lotto 1;
- [D.2]. IF0H 12 D 69 SG GE0005 001 A - Raddoppio della tratta Cannello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano, I° Lotto funzionale Frasso – Telese. Progetto Definitivo. Campagna indagini Geognostiche 2017 – Stratigrafie, prove in sito e documentazione fotografica;
- [D.3]. IF0H 12 D 69 SG GE0005 002 A - Raddoppio della tratta Cannello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano, I° Lotto funzionale Frasso – Telese. Progetto Definitivo. Campagna indagini Geognostiche Integrative 2017 – Stratigrafie, prove in sito e documentazione fotografica;

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 6 di 129

- [D.4]. IF0H 12 D 69 PR GE0005 001 B - Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano, I° Lotto funzionale Frasso – Telese. Progetto Definitivo. Prove di laboratorio;
- [D.5]. IF0H 12 D 69 IG GE0005 001 B - Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano, I° Lotto funzionale Frasso – Telese. Progetto Definitivo. Indagini geofisiche: MASW, Tomografia elettrica 2D e Rifrazione Tomografica;
- [D.6]. IF0H 12 D 11 CL GE0001 002 B - Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano, I° Lotto funzionale Frasso – Telese. Progetto Definitivo. Relazione geotecnica e di calcolo Rilevati ferroviari – Sub Lotto 1;
- [D.7]. IF0H 12 D 11 CL GE0001 003 B - Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano, I° Lotto funzionale Frasso – Telese. Progetto Definitivo. Relazione geotecnica e di calcolo Trincee ferroviarie – Sub Lotto 1;
- [D.8]. IF0H 12 D 11 CL GE0001 004 B - Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano, I° Lotto funzionale Frasso – Telese. Progetto Definitivo. Relazione geotecnica e di calcolo Viadotti – Sub Lotto 1;
- [D.9]. IF0H 12 D 11 CL GE0001 009 B - Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano, I° Lotto funzionale Frasso – Telese. Progetto Definitivo. Relazione geotecnica e di calcolo rilevati e trincee viabilità – Sub Lotto 1.

### 2.3 ELABORATI DI RIFERIMENTO DAL PROGETTO ESECUTIVO

- [E.1]. IF26 12 E ZZ RG GE0001 001 – Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano. Progetto Esecutivo. Relazione Geologica, geomorfologica ed idrogeologica – sub lotto 1;
- [E.2]. IF26 12 EZZ FZ GE0005 001 ÷ 008 – Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano. Progetto Esecutivo. Profilo geotecnico di linea - Sub lotto 1 (8 tavole formato A0);
- [E.3]. IF26 12 EZZ SG GE 0005 002 - Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano. Progetto Esecutivo. Documentazione sui sondaggi e prove in foro – Sub Lotto 1;
- [E.4]. IF26 12 EZZ SG GE 0005 003 - Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano. Progetto Esecutivo. Documentazione sulle prove in sito – Sub Lotto 1;
- [E.5]. IF26 12 EZZ PR GE 0005 001 - Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano. Progetto Esecutivo. Documentazione sulle prove geotecniche di laboratorio – Sub Lotto 1;
- [E.6]. IF26 12 EZZ IG GE 0005 001 - Raddoppio della tratta Cancello-Benevento – Il lotto funzionale Frasso Telesino-Vitulano. Progetto Esecutivo. Documentazione sulle indagini geofisiche – Sub Lotto 1.

## 3. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'INFRASTRUTTURA

L'area di studio si colloca nella porzione nord-occidentale della regione Campania, in corrispondenza del tracciato del collegamento ferroviario tra Napoli e Bari. In particolare, la tratta Frasso Telesino - Vitulano si sviluppa per circa 30.6 km sulla linea Caserta - Foggia. Il tracciato di progetto interessa, pertanto, il territorio dei comuni di Amorosi, Benevento, Castelvenere, Dugenta, Guardia Sanframondi, Melizzano, Ponte, San Lorenzo Maggiore, Solopaca, Telese e Torrecuso, in provincia di Benevento (BN).

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 7 di 129

Il tracciato progettuale impegna, quindi, settori di territorio posti a quote comprese tra 33 m s.l.m. e 180 m s.l.m. circa mentre le quote progettuali variano da 42 m s.l.m. a 108 m s.l.m.

Dal punto di vista morfologico, il settore meridionale dell'area di studio si caratterizza per la presenza di ampi settori pianeggianti o sub-pianeggianti riconducibili alla piana alluvionale del Fiume Volturno che in quoverto tratto separa i rilievi del Taburno-Camposauro, ad est, da quelli di Monte Maggiore, ad ovest, mentre i settori nord-orientali sono contraddistinti dalla valle del Fiume Calore che, con i suoi depositi alluvionali, separa i rilievi del Taburno-Camposauro, a sud, da quelli del Matese, a nord.

I principali corsi d'acqua sono rappresentati dal Fiume Volturno e dal Fiume Calore; quest'ultimo interseca il tracciato progettuale in tre punti ed è affluente, in sinistra idrografica del Volturno. Gli altri corsi d'acqua più importanti che intersecano il tracciato ferroviario sono costituiti, procedendo da ovest verso est, dal T. Maltempo, dal T. Truoro, dal T. Ratello, dal T. Ianare e dal T. Reventa.

## 4. UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE

Per l'inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area di sedime dell'infrastruttura si rimanda ai documenti specifici [E.1], e di seguito si elencano le unità geotecniche intercettate e se ne riassumono le caratteristiche salienti:

- **Terreno di riporto – Unità R:** si tratta dello spessore di terreno vegetale (Rv) costituito prevalentemente da limo sabbioso con resti vegetali e inclusi clasti e da terreno di riporto antropico (Ra) che nel caso in esame costituisce il rilevato ferroviario esistente;
- **Coltri eluvio-colluviali – Unità b2:** si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone, grigio e bruno-rossastro, a struttura indistinta, con talvolta resti vegetali, sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali, sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.
- **Depositi alluvionali attuali e recenti (Unità geologica ba/bb):** si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e conoide alluvionale. Si distinguono le seguenti litofacies:
  - **Unità ba1:** ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante
  - **Unità ba2:** Sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone, verde e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.
  - **Unità ba3:** Argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone e bruno-rossastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.
- **Depositi alluvionali antichi (Unità geologica bc):** si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile. Si distinguono le seguenti litofacies:
  - **Unità bc1:** Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante.
  - **Unità bc2:** Sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e nocciola, a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.
  - **Unità bc3:** Argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone, nocciola e bruno-rossastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	8 di 129

limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

- **Unità bc4:** Travertini litoidi di colore avana e giallastro, vacuolari e debolmente stratificati, con abbondanti resti vegetali, locali gusci di molluschi, sporadici inclusi piroclastici e frequenti intercalazioni di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore nocciola e giallastro.
- **Depositi alluvionali terrazzati (Unità geologica bn):** si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e conoide alluvionale. Si distinguono le seguenti litofacies:
  - **Unità bn1:** Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, nocciola e giallastro, a luoghi da poco a moderatamente cementata; a luoghi si rinvengono lenti e/o livelli di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro.
  - **Unità bn2:** Sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e nocciola, a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.
- **Tufo grigio campano (Unità geologica TGC):** si tratta di depositi vulcanici di colata ignimbratica. Si distinguono le seguenti litofacies:
  - **Unità TGC1:** Tufi lapidei di colore grigio, grigio-violaceo e grigio-nocciola, a struttura massiva, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e subordinati cristalli e litici lavici; verso l'alto passano a tufi lapidei di colore giallastro e nocciola-giallastro, a struttura massiva, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche.
  - **Unità TGC2:** Ceneri a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, nocciola e giallastro, a struttura indistinta, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose; nella parte bassa della successione è localmente presente un livello di pomici grossolane di colore bianco-rosato, angolose e a struttura indistinta.
  - **Unità TGC3:** Argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, nocciola e brunastro, a struttura indistinta, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate, derivanti dall'alterazione e/o l'argillificazione dei depositi vulcanoclastici.
- **Unità di Maddaloni (Unità geologica MDL):** si tratta di depositi lacustri con frequenti intercalazioni fluviali e vulcanoclastiche. Si distinguono le seguenti litofacies:
  - **Unità MDL1:** Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e sabbioso-argillosa di colore grigio, nocciola e giallastro, da scarsa ad abbondante.
  - **Unità MDL2:** Sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio-verdastro, nocciola e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora sono presenti passaggi di ceneri a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche.
  - **Unità MDL3:** Argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, nocciola e grigio-azzurro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.
  - **Unità MDL4:** Travertini litoidi di colore nocciola, avana e giallastro, vacuolari e debolmente stratificati, con resti vegetali, locali gusci di molluschi, inclusi piroclastici e intercalazioni di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e avana.



	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 9 di 129

## 5. INDAGINI GEOTECNICHE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA

La caratterizzazione geotecnica sviluppata in fase di progettazione definitiva per i terreni del sub lotto in esame si basa sui risultati delle seguenti campagne di indagini:

- campagna geognostica del 1985 realizzata su una precedente ipotesi di tracciato dalla IV Unità Speciale della Direzione Generale delle Ferrovie dello Stato nell'ambito della progettazione definitiva della Tratta Caserta-Vitulano; per tale campagna si dispone esclusivamente delle stratigrafie dei sondaggi;
- campagna geognostica del 2007 realizzata dalla società IMPREFOND S.r.l. di Trieste e dalla GEOTER di Roma nell'ambito del Progetto Preliminare della tratta Canello-Telese sulla linea Napoli-Bari; tale campagna è consistita in indagini in sito ed in laboratorio;
- campagna geognostica del 2008-2009 realizzata dalla società GEOMERID S.r.l. di Priolo Gargallo (SI) nell'ambito del Progetto Preliminare della tratta Canello-Benevento, Il lotto funzionale Frasso-Vitulano; tale campagna è consistita in indagini in sito ed in laboratorio;
- campagna geognostica del 2014-2015 realizzata dalla società SONDEDILE S.r.l. di Rieti nell'ambito del Progetto Definitivo della tratta Canello-Benevento, Il lotto funzionale Frasso-Vitulano; tale campagna è consistita in indagini in sito ed in laboratorio;
- campagna geognostica integrativa del 2017 realizzata dalla società TRIVELSONDA S.r.l. di Squinzano (LE) nell'ambito del Progetto Definitivo della tratta Canello-Benevento, Il lotto funzionale Frasso-Vitulano; tale campagna è consistita in indagini in sito ed in laboratorio;
- campagna geognostica integrativa di 2a fase del 2017 realizzata dalla società TRIVELSONDA S.r.l. di Squinzano (LE) nell'ambito del Progetto Definitivo della tratta Canello-Benevento, Il lotto funzionale Frasso-Vitulano; tale campagna è consistita in indagini in sito ed in laboratorio.

I risultati sono descritti nel documento di riferimento [D.1]. L'articolazione dei sondaggi, delle prove in situ e sismiche è illustrata nei quadri riassuntivi riportati nella relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica generale [E.1] e richiamati in .

In sintesi, le campagne geognostiche pregresse includono:

- n.38 sondaggi a carotaggio continuo di cui 10 non attrezzati, 27 attrezzati con piezometro, 1 attrezzato per sismica in foro;
- n.5 prove penetrometriche statiche;
- n.3 stendimenti sismici a rifrazione con misurazione delle onde P e S.
- n.3 prospezioni sismiche MASW;
- n.1 stendimento di tomografica elettrica.

Dai sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati, CI, e rimaneggiati, CR. In **Tabella 1** si riporta un quadro delle prove su campione eseguite nella fase di progettazione definitiva e successivamente integrate con le indagini eseguite nella fase di progettazione esecutiva.

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	10 di 129

Unità geotec.	Profondità di prelievo		Campioni		Caratteristiche fisiche generali							Triassiali, TX-CID		TX-UU	Triassiali, TX-CIU		Taglio diretto, TD		Compressione edometrica, ED			
	z [m] dal PC		Cl	CR	$\gamma_N$	Sr	w <sub>N</sub>	LL	LP	IP	e <sub>p</sub>	$\phi'$	c'	cu	$\phi'$	c'	$\phi'$	c'	OCR	CR	CC	CS
	da	a	n.	n.	[kN/m <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		[°]	[kPa]	[kPa]	[°]	[kPa]	[°]	[kPa]				
Rv																						
Ra																						
b2	1,5	1,5		1																		
ba1	4	11,5		3	2		2															
ba2	1,5	4,73	3	2	3		3	1	1	1				1			1	1	1	1	1	1
ba3	1,5	6,25	2	2	2	1	2	2	2	2	2			2	2	1			2	2	2	2
bc1																						
bc2	2,5	2,5		1				1	1	1												
bc3	1,5	5	1	2	1		1	1	1	1			1	0	0		1	1	1	1	1	1
bc4																						
bn1																						
bn2																						
bn3																						
TGC1																						
TGC2	4,5	12	0	6	1		1															
TGC3	1,5	7,5	2	5	2		2	2	2	2							2	2				
MDL1	4,5	35	0	12	2		2	1	1	1												
MDL2	7,7	38	6	16	8		8	12	11	12		2	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1
MDL3	8	38,5	13	7	13		13	15	15	15				5	6	6	3	3	3	3	3	3
MDL4	6	14,7	4	1	4		1	1	1	1												
<b>Totali</b>			<b>31</b>	<b>58</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

Tabella 1- Quadro delle indagini su campione sviluppate in fase di Progettazione Definitiva

In dettaglio i campioni esaminati nella caratterizzazione geotecnica della fase esecutiva appartengono ai sondaggi

- PNIF32V02 e PNIF32G03 del 2007;
- PNIF52B08, PNIF52B09, PNIF52B10, PNIF52V12, PNIF52B11 del 2009;
- D6BIS, D8 del 2015;
- IF15R51, IF15V04, IF15V02, IF15V01, IF15V02, IF15V03, IF15V04, IF15V07, IF15P08, IF15P06, IF15R51, IF15R52, IF15R53, IF15R54, IF15R55 del 2017,

I risultati delle prove di caratterizzazione fisica e meccanica sono riportati nel quadro di sintesi generale in **ALLEGATO B**.

## 6. CAMPAGNA GEOGNOSTICA DI PROGETTO ESECUTIVO

Partendo dalla disamina della documentazione pregressa e considerando gli approfondimenti necessari in fase di progettazione esecutiva, è stata eseguita una campagna geognostica integrativa mirata a verificare e dettagliare il modello geotecnico esistente.

In particolar modo è stata approfondita la caratterizzazione delle unità sabbioso limose e limoso argillose delle alluvioni antiche (bc2, bc3), la facies sabbioso limosa dei depositi del tufo grigio campano (TGC2) e la facies argillosa dell'unità lacustre di Maddaloni (MDL3), considerata la loro influenza sulle opere d'arte maggiori dell'infrastruttura (rilevati, viadotti e gallerie artificiali).

### 6.1 SONDAGGI E PROVE IN SITU

La campagna geognostica integrativa è articolata su:

- 37 sondaggi geognostici, con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 11 di 129

- 424 prove penetrometriche dinamiche SPT, eseguite sistematicamente nei sondaggi, ogni 3m di profondità esplorata;
- 10 prove penetrometriche statiche, con misura delle sovrappressioni interstiziali indotte, CPTU;
- 49 prove di permeabilità tipo Lefranc, nei sondaggi eseguiti;
- 8 prove sismiche in foro, tipo Down-Hole;
- 3 prove sismiche di superficie, tipo MASW

Nei sondaggi sono stati prelevati:

- 111 campioni rimaneggiati;
- 37 campioni indisturbati;

La sintesi quantitativa è riportata in **Figura 1**.

## 6.2 CAMPIONI PRELEVATI E PROVE DI LABORATORIO

Sui campioni rimaneggiati (CR) sono state eseguite prove per la definizione delle caratteristiche fisiche generali.

In particolare, su tutti è stata definita la granulometria e la classificazione secondo i criteri CNR10006; su parte di essi è stato possibile definire:

- il peso dell'unità di volume naturale  $\gamma_N$ ;
- il contenuto d'acqua naturale,  $w_N$ ;
- i limiti di Atterberg: limite di liquidità, LL, limite di plasticità, LP;
- l'indice di plasticità,  $I_P$ ,
- il grado di saturazione,  $S_r$
- l'indice dei vuoti iniziale,  $e_0$ .

Sui campioni indisturbati (CI), oltre alle prove per la stima delle caratteristiche fisiche generali, sono state eseguite:

- prove di compressibilità edometrica (ED), per la valutazione del grado di sovraconsolidazione, OCR e della compressibilità edometrica attraverso gli indici di: ricomprensione, CR, compressibilità, CC e scarico, CS;
- prove triassiali consolidate isotropicamente – non drenate (TX-CIU), per la stima dell'angolo di resistenza a taglio,  $\phi'$ , della coesione efficace,  $c'$ , della coesione non drenata,  $c_u$ , a differenti livelli di pressione di confinamento;
- prove di taglio diretto (TD), per la stima dell'angolo di resistenza a taglio (valore di picco) e della coesione efficace;
- prove triassiali non consolidate non drenate (TX-UU) per la stima della coesione non drenata,  $c_u$ .

Non è stato possibile prelevare campioni litoidi di qualità sufficiente all'esecuzione di prove di compressibilità ad espansione laterale libera di buona affidabilità per la caratterizzazione generale.

Il prospetto nella seguente **Tabella 2** indica quantitativamente i dati di laboratorio disponibili.

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IF26 12 E ZZ RB GE0005 001 B 12 di 129

Unità geotec.	Profondità di prelievo		Campioni		Caratteristiche fisiche generali								Triassiali, TX-CID		TX-UU	Triassiali, TX-CIU		Taglio diretto, TD		Compressione edometrica, ED				Classificazione
	z [m] dal PC	da	a	n.	n.	$\gamma_N$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Sr [%]	w <sub>N</sub> [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	e <sub>0</sub>	$\phi$ [°]	c' [kPa]	cu [kPa]	$\phi$ [°]	c' [kPa]	$\phi$ [°]	c' [kPa]	OCR	CR	CC	CS	UNI
Rv	2,25	2,25		1	1	1	1	1	1	1	1	1												1
Ra	12,7	12,7		1	1	1	1	1	1	1	1	1												1
b2																								
ba1	3,7	15,3		16	5	5	5	6	6	6	5													16
ba2	2,2	6,25	1	9	8	8	8	6	6	6	8				1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
ba3	2,25	3,75	1	3	3	3	3	3	3	3	3						1	1	1	1	1	1	1	4
bc1	14,8	14,8		1	1	1	1				1													1
bc2	3,25	9,25		3	3	3	3	3	3	3	3													3
bc3	2,65	8,75	4	3	7	7	7	7	7	7	7				3	3	1	1	4	4	4	4	4	7
bc4	3,25	3,25		1	1	1	1				1													1
bn1	9,2	15,3		2	2	2	2				2													2
bn2																								
bn3																								
TGC1																								
TGC2	2,75	16,3	4	13	13	13	13	2	2	2	13						4	4	3	3	3	3	3	17
TGC3	2,75	6,75	1	4	5	5	5	4	4	4	5						1	1						5
MDL1	2,75	29,5		18	14	14	14	2	2	2	14													18
MDL2	6,25	26,2	2	8	8	8	8	7	7	7	8						2	2	1	1	1	1	1	10
MDL3	6,75	35,3	23	22	44	44	44	44	44	44	44				19	19	3	3	19	19	19	19	19	45
MDL4	53,8	15,3	1	6	5	6	6				6													4
<b>Totali</b>				<b>37</b>	<b>111</b>	<b>121</b>	<b>122</b>	<b>122</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>122</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>145</b>

Tabella 2- Quadro delle indagini su campione sviluppate in fase di Progettazione Esecutiva

I risultati delle prove di caratterizzazione fisica e meccanica sono riportati nel quadro di sintesi generale in **ALLEGATO B**.

Nelle seguenti figure si confrontano le due campagne geognostiche in termini di prove in situ e di laboratorio al fine di una rapida individuazione delle unità che hanno richiesto un approfondimento della caratterizzazione e per le quali, di conseguenza, i parametri geotecnici avranno intervalli di valori di riferimento differenti, nella progettazione esecutiva, rispetto alla fase precedente.

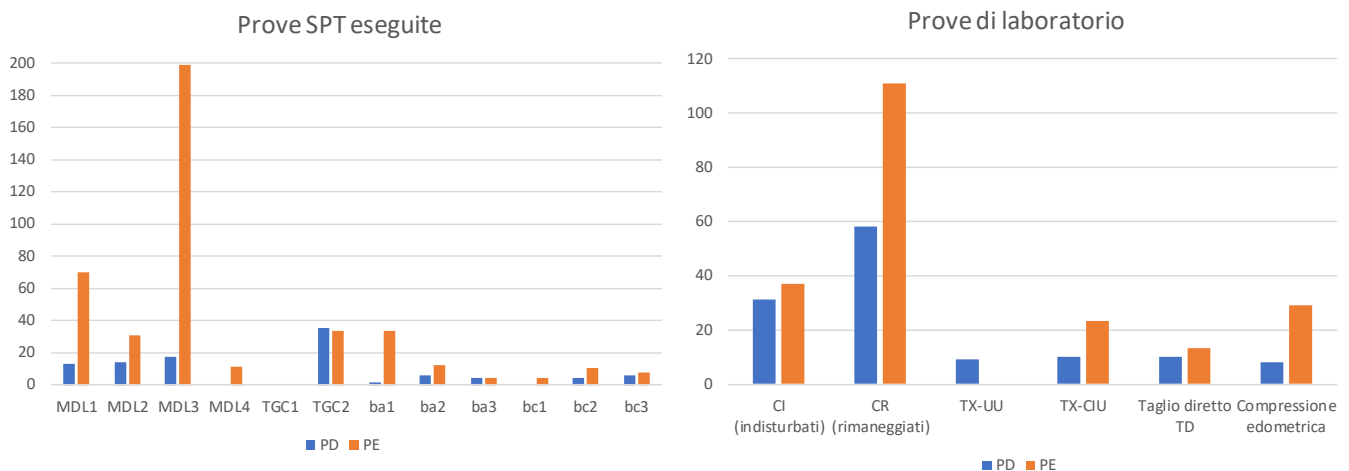


Figura 1- Diagrammi di sintesi delle prove SPT e di Laboratorio disponibili da PD e PE

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	13 di 129

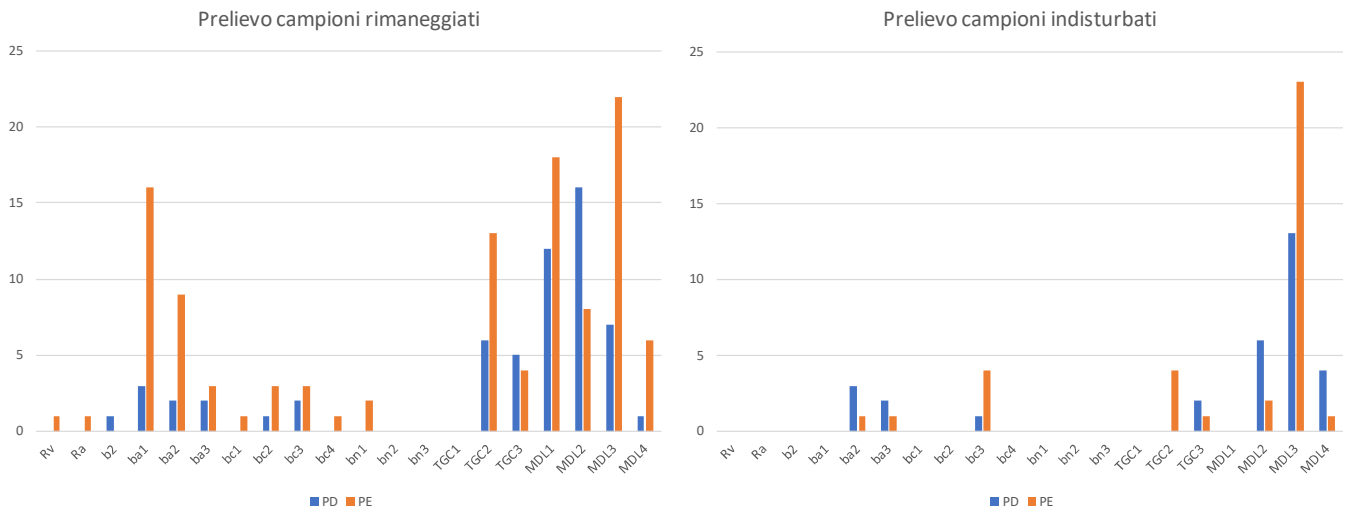


Figura 2 – Diagrammi di sintesi del numero di CR e CI per unità geotecnica, da PD e PE

### 6.3 CRITERI DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

I dati ottenuti dalla campagna geognostica integrativa sono stati interpretati e confrontati con i risultati della campagna geognostica di progetto definitivo per verificare e completare la caratterizzazione delle unità geotecniche già individuate nella fase di progettazione precedente ed affinare il modello geotecnico di linea dell'infrastruttura in progetto.

I risultati delle prove in sito e di laboratorio sono stati interpretati distinguendo le seguenti macro-categorie:

- unità geotecniche incoerenti, caratterizzate dalla prevalenza di terreni ghiaiosi, sabbiosi e sabbioso limosi scarsamente coesivi e a permeabilità elevata;
- unità geotecniche coesive, caratterizzate dalla prevalenza di terreni limosi, limoso argillosi, o argillosi, dotati di coesione elevata, permeabilità bassa;
- unità litoidi, costituite da tufi e travertini;

### 6.4 UNITÀ INCOERENTI

Per le unità geotecniche rappresentative dei depositi incoerenti, attesa la sostanziale difficoltà di prelievo di campioni indisturbati, i parametri di resistenza e di deformabilità sono stati stimati principalmente sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT e delle prove sismiche in foro.

Per le unità limoso sabbiose, che ricadono al limite della macro-classe delle unità incoerenti, si dispone anche della resistenza penetrometrica in prova statica CPTU e dei risultati di prove meccaniche su campione indisturbato, laddove è stato possibile prelevare un campione di qualità sufficiente all'esecuzione di prove meccaniche affidabili.

#### 6.4.1 PARAMETRI DA PROVE SPT

I parametri stimabili dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche sono:

- Densità relativa,  $D_r$  [%];
- Angolo di resistenza a taglio,  $\phi'$  [°] (valore di picco);

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 14 di 129

- Velocità di propagazione delle onde di taglio, VS [m/s], finalizzata al calcolo della rigidezza a bassi livelli di deformazione specifica (modulo di elasticità, E');

Le correlazioni empiriche per la stima dei parametri elencati sono state selezionate, tra quelle di maggiore affidabilità, in base alla coerenza tra i terreni della base dati di cui esse rappresentano l'interpolazione e i terreni di cui esse devono interpretare il dato penetrometrico.

### DENSITÀ RELATIVA

Il parametro di diretta correlazione con la resistenza penetrometrica dei terreni incoerenti è la densità relativa, Dr, che individua lo stato di addensamento naturale della formazione in esame, in percentuale di un campo di variazione (minimo-massimo) definito con prove di addensamento standardizzate.

Materiali fortemente addensati mostrano resistenza di picco più elevata.

La correlazione utilizzata per la stima dei valori di riferimento delle formazioni incoerenti è quella di Bazaara et al. (1967), che nasce a completamento della correlazione di Gibbs e Holtz (1957), tarata solo su valori di  $N_{SPT}$  ottenuti in camera di calibrazione su terreni ricostituiti. La correlazione di Bazaara et al. (1967) rappresenta un database che include valori di resistenza penetrometrica da prove in situ, in modo da portare in conto effetti di cementazione ed aging delle formazioni naturali. La formulazione è indicata di seguito:

$$DR = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{20 \cdot (1 + 4.1 \cdot \sigma'_{vo})}} \quad \text{per } \sigma'_{vo} \leq 0.732 \text{ kg/cm}^2$$

$$DR = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{20 \cdot (3.24 + 1.024 \cdot \sigma'_{vo})}} \quad \text{per } \sigma'_{vo} > 0.732 \text{ kg/cm}^2$$

in cui:

$\sigma'_{vo}$  = pressione verticale efficace in sito alla quota della prova SPT;

$N_{SPT}$  = numero di colpi misurato, non corretto.

### ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

Il valore di picco dell'angolo di resistenza a taglio,  $\phi'_p$ , è correlato alla densità relativa, Dr, espressa in percentuale, dalle seguenti formulazioni empiriche, riportate con indicazione delle tipologie di terreni su cui è stata tarata:

*Correlazioni di Schmertmann (1977):*

$\phi = 38.5 + 0.108 Dr$     sabbia e ghiaia poco limosa e ghiaietto uniforme

$\phi = 34.5 + 0.10 Dr$     sabbia grossa–media uniformemente ben gradata

$\phi = 31.5 + 0.115 Dr$     sabbia medio-fine uniformemente ben gradata

$\phi = 28 + 0.14 Dr$     sabbia fine uniforme

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">15 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	15 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	15 di 129								

*Correlazioni di Bolton (1986):*

$$\phi = \phi_{cv} + m \text{ Dr } [10 - \ln p'_f] - 1$$

con  $p'_f$  = pressione efficace media a rottura

<b>Valori della costante empirica secondo Bolton (1986)</b>	
<b>Condizioni di deformazione</b>	<b>m</b>
Problemi di carico in condizioni assialsimmetriche (prove Triassiali di Compressione)	3
Problemi di carico in condizioni di deformazione piana (prove di Taglio Diretto)	5

<b>Valori dell'angolo a volume costante <math>\phi'_{cv}</math> in accordo con Stroud (1988) e Youd (1972)</b>		
Tipo di Terreno	Sabbie ben gradate	Sabbie uniformi
Sabbie con spigoli vivi	38°	34°
Sabbie con spigoli arrotondati	33°	30°

Nel caso specifico, la correlazione di Bolton (1986) ha fornito valori di angolo di resistenza a taglio sistematicamente maggiori di quelli ottenuti applicando la correlazione di Schmertmann (1977). Pertanto, i valori ottenuti con Schmertmann sono stati implementati nei calcoli, a vantaggio di sicurezza.

#### VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO, $V_s$

La velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  può essere stimata dai valori  $N_{SPT}$  utilizzando la correlazione empirica di Ohta e Goto (1978) e verificandone la coerenza con i valori calcolati sulla base delle prove sismiche disponibili.

La correlazione empirica di Ohta e Goto (1978) è stata calibrata su depositi sabbiosi e sabbioso ghiaiosi:

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

essendo:

$$C = 53.3;$$

$z$  = profondità dal p.c. in metri;

$f_A$  = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito (vedasi tabella a seguire);

$f_G$  = coefficiente funzione della composizione granulometrica

**Relazione geotecnica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	16 di 129

$f_A$	Olocene	Pleistocene
	1,0	1,3

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

Nel caso in esame è stato assunto:

- $f_A$  sempre pari a 1.3;
- $f_G$ , in funzione della granulometria prevalente delle unità geotecniche esaminate.

La correlazione di Otha e Goto tende generalmente a sottostimare la  $V_s$  per depositi incoerenti naturali.

**RIGIDEZZA A PICCOLE DEFORMAZIONI**

Nel campo delle piccole deformazioni la rigidità associata ai terreni incoerenti può essere stimata partire da valori di velocità delle onde di taglio,  $V_s$ , data la correlazione analitica tra il modulo elastico lineare,  $E_0$ , ed il modulo di rigidità a taglio  $G_0$ :

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

con  $G_0$  calcolabile in funzione di  $V_s$  da:

$$G_o = \frac{\gamma_t}{9.81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

In cui  $\gamma_t$  è il peso dell'unità di volume naturale del terreno e  $\nu$  il coefficiente di Poisson del terreno (variabile tra 0.25 e 0.35, generalmente assunto pari a 0.25-0.30);

Nella definizione degli intervalli caratteristici del modulo elastico operativo,  $E'_{op}$ , delle unità geotecniche individuate, i valori ottenuti dalle  $V_s$  calcolate secondo la correlazione con  $N_{SPT}$  sono stati sempre confrontati con quelli ottenuti elaborando misure di VS in prove in foro, tipo down-hole (DH) o di superficie, tipo MASW.

In linea generale ed in coerenza con quanto assunto in fase di progettazione definitiva [D.1], i valori operativi del modulo elastico  $E'_{op}$  assunti nei calcoli sono una frazione di quelli a piccole deformazioni.

Per tener conto della degradazione del modulo a livelli deformativi maggiori di quelli che interessano il campo di propagazione delle onde sismiche, in coerenza con quanto indicato in [D.1], per il dimensionamento strutturale di opere di sostegno si assume  $E'_{op}=0.20E_0$ ; per il calcolo di cedimenti indotti da carico imposto in superficie,  $E'_{op}=0.10 E_0$ .



	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 17 di 129

## 6.5 UNITÀ COESIVE

Per la definizione dei parametri di resistenza e deformabilità delle unità coesive sono stati analizzati i dati ottenuti dalle prove meccaniche di laboratorio su campione indisturbato e le misure di resistenza penetrometrica in prova statica CPTU (con misura delle sovrappressioni interstiziali indotte) interpretate tramite correlazioni empiriche.

### 6.5.1 PARAMETRI DA PROVE DI LABORATORIO

I parametri di resistenza in tensioni efficaci,  $\phi'$  e  $c'$ , sono stati ottenuti dall'interpretazione di prove di taglio diretto, e prove triassiali consolidate isotropicamente non drenate, TX-CIU.

La resistenza in condizioni non drenate,  $c_u$ , è stata stimata dall'interpretazione delle prove TX-CIU e non consolidate non drenate TX-UU.

La compressibilità invece è stata valutata da prove edometriche in termini di indice di ricomprensione, CR, indice di compressione, CC e indice di rigonfiamento o scarico, CS.

Il grado di sovraconsolidazione del deposito (OCR) è stato ricavato sempre dall'interpretazione delle prove edometriche previste.

### 6.5.2 PARAMETRI DA PROVE CPTU

I parametri misurati da prove CPTU sono:

- $q_c$ , resistenza alla penetrazione della punta conica standardizzata;
- $f_s$ , resistenza laterale opposta dal terreno all'avanzamento del manicotto del penetrometro;
- $u_2$ , pressione dell'acqua misurata dalla cella piezoelettrica posizionata appena dietro la punta conica;

Le misure, opportunamente corrette, sono correlate ai parametri di resistenza e deformabilità dei terreni.

L'interpretazione dei dati CPTU permette di ottenere indicazioni su:

- categoria di comportamento prevalente del terreno intercettato, SBT (Soil Behaviour Type);
- grado di sovraconsolidazione, OCR, per sabbie fini, limi ed argille;
- resistenza in termini di coesione non drenata,  $c_u$ , per le argille.
- angolo di resistenza a taglio,  $\phi'$ , per le formazioni sabbiose;
- modulo edometrico e modulo elastico a piccole deformazioni.

La metodologia usata per l'interpretazione è quella di *Robertson and Cabal (2015)*, di cui di seguito si riportano le correlazioni empiriche utilizzate:

#### DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI COMPORTAMENTO GEOTECNICO, SBT

Per definire la classe di comportamento prevalente del terreno intercettato è necessario calcolare i valori adimensionalizzati della resistenza alla punta,  $Q_{tn}$ , e della resistenza laterale,  $F_r$ , secondo le formule a partire dai valori corretti di resistenza alla punta:

$$q_t = q_c - (1 - a) \cdot u_2,$$

con  $a = A_c / A_n$ , il valore di  $a$  è dato dal certificato di taratura dello strumento, ed è generalmente pari a 0.55.

$$Q_{tn} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{P_a} \cdot \left( \frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

**Relazione geotecnica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	18 di 129

$$F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}} \cdot 100 [\%]$$

la valutazione della SBT deve essere eseguita calcolando il parametro  $I_c$ , indice di classe di comportamento, secondo la formula:

$$I_c = \sqrt{[3.47 - \log(Q_{tn})]^2 + [1.22 + \log(F_r)]^2}$$

in cui compare  $Q_{tn}$ , che richiede la stima dell'esponente  $n$ , che può essere calcolato con la formula:

$$n = 0.381 \cdot I_c + 0.05 \cdot \left( \frac{\sigma'_{v0}}{P_s} \right) - 0.15$$

La formula è valida per valori di  $n \leq 1$ .

Il calcolo dell'esponente  $n$ , necessita quindi dell'implementazione di una procedura iterativa.

Calcolato il valore di  $n$  e quindi di  $I_c$ , per ogni profondità è nota la SBT $n$  corrispondente.

STIMA DEL GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE, OCR.

Il grado di sovraconsolidazione, OCR, è stato stimato con le correlazioni di *Kulhawy and Mayne (1990)*

$$OCR = k \cdot Q_{tn}$$

che ha un campo di validità essenzialmente ristretto ai terreni a grana fine. Il parametro  $k$  è variabile tra 0.2 e 0.5, col valore massimo caratteristico dei terreni molto sovraconsolidati. Nel caso specifico si è assunto  $k = 0.35$ .

Per quanto specificato anche in *Robertson et al. 2009*, la formula rappresenta un dataset di valori con  $Q_{tn} \leq 20$ ,

STIMA DELLA COESIONE NON DRENATA,  $c_u$ .

La coesione non drenata,  $c_u$  è stata stimata solo per i terreni argillosi delle classi con SBT $n \leq 4$ , tramite la correlazione:

$$\frac{c_u}{\sigma'_{v0}} = \frac{Q_{tn}}{N_{tk}}$$

coerente con l'incremento lineare della coesione non drenata con la tensione verticale efficace. Il parametro  $N_{tk}$ , in prima approssimazione, è sempre assunto pari a 14, ma deve essere tarato sui riscontri sperimentali da prove TX-CIU.

STIMA DELL'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO,  $\phi'$ .

L'angolo di resistenza a taglio è stimato per i terreni associabili a classi di comportamento tipiche di formazioni prevalentemente sabbiose attraverso la correlazione per terreni prevalentemente sabbiosi, non cementati, moderatamente compressibili (classi SBT $n$  5, 6 e 7).

$$\tan \phi' = \frac{\left[ \log \left( \frac{q_c}{\sigma'_{v0}} \right) + 0.29 \right]}{2.68}$$

STIMA DEL GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE, OCR

La stima di OCR per i terreni coesivi è stata eseguita utilizzando la correlazione di *Andresen (1979)* rappresentata nell'abaco in FIGURA 3, in funzione del rapporto ( $c_u/\sigma'_v$ ) e l'indice di plasticità  $I_p$ .

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	19 di 129

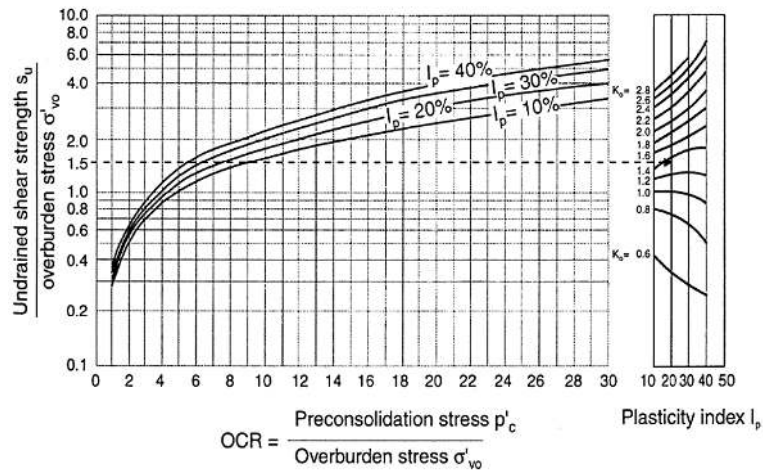


FIGURA 3. Abaco per la stima di OCR (Andresen et al. 1979)

STIMA DEL MODULO DI RIGIDEZZA

Per la stima del,  $E'$  si utilizza la correlazione col modulo edometrico

- $E' = 1.2 E_{ed}$ ,

valida per valori del coefficiente di Poisson,  $\nu = 0.25 - 0.30$

Il modulo edometrico dipende dallo stato tensionale litostatico e dalla variazione di tensione indotta e si stima, dalla resistenza alla punta corretta,  $q_t$ , secondo la formula:

$$E_{ed} = \alpha_M (q_t - \sigma_{v0})$$

Con  $\sigma_{v0}$  tensione verticale litostatica totale alla profondità della misura di  $q_t$ .

Come riportato in Robertson et al. (2009), il coefficiente  $\alpha_M$  è funzione della classe di sottosuolo

When  $I_c > 2.2$  (fine-grained soils) use:

$$\alpha_M = Q_t \quad \text{when } Q_t < 14$$

$$\alpha_M = 14 \quad \text{when } Q_t > 14$$

When  $I_c < 2.2$  (coarse-grained soils) use:

$$\alpha_M = 0.0188 [10^{(0.55I_c + 1.68)}]$$

**6.6 PARAMETRI DA PROVE SISMICHE IN FORO E DI SUPERFICIE**

In entrambi i casi di unità coesive ed incoerenti, la velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ , può essere stimata dall'elaborazione di misure dirette ottenute da prove in foro in prova Down-Hole (DH) o da prove sismiche di superficie, tipo MASW.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 20 di 129

## 7. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE DEL TRACCIATO

Si discute di seguito la caratterizzazione geotecnica delle unità intercettate dall'infrastruttura, indicando i valori operativi dei parametri caratteristici di resistenza e deformabilità.

Il quadro di sintesi dei parametri operativi è riportato al paragrafo 7.19, **Tabella 3**.

I grafici dei parametri sono riportati in **ALLEGATO A**.

### 7.1 TERRENO DI RIPORTO – UNITÀ Ra

A partire da piano campagna è presente uno spessore di terreno vegetale costituito prevalentemente da limo sabbioso argilloso con resti vegetali e inclusi clasti, con spessore variabile lungo il tracciato generalmente tra 0.20 e 0.50 m e valori massimi locali di 0.7-1.0 m. Lo spessore vegetale verrà comunque asportato e quindi non viene caratterizzato.

In alcuni tratti è presente a p.c. il terreno di riporto antropico che costituisce il rilevato ferroviario (Ra) della linea esistente e per questo materiale si assumono cautelativamente i seguenti parametri di progetto:

- $\gamma_N = 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale
- $\phi' = 35^\circ$  angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata
- $E'_{op} = 35 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico operativo

Gli spessori di materiale antropico variano in maniera irregolare lungo l'intero tracciato in progetto e localmente possono raggiungere anche gli 8m circa.

### 7.2 COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI – UNITÀ b2

Si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi con talvolta resti vegetali, sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie. Affiorano localmente lungo il tratto in esame, con spessore metrico principalmente compreso tra 1 e 5 m.

Le indagini condotte durante PE non hanno interessato questa unità, si assume dunque la caratterizzazione presentate da PD, che si riassume di seguito:

- Peso dell'unità di volume naturale,  $\gamma_N = 19 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza,  $\phi' = 23\div 25^\circ$ ;
- Coesione  $c' = 0\text{-}5 \text{ kPa}$
- Velocità delle onde di taglio,  $V_s = 150\div 250 \text{ m/s}$ , da cui
- $E_o = 120\div 300 \text{ MPa}$ .

### 7.3 DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI – UNITÀ ba1

Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa debolmente limosa, individuata dai sondaggi recenti S-PE4, S-PE6, S-PE7, S-PE7bis, S-PE8, S-PE9, S-PE10, S-PE11, S-PE12, S-PE4bis, S-PE29, generalmente al di sotto del terreno di riporto, delle coltri eluvio-colluviali e delle alluvioni sabbiose con spessori mediamente compresi tra i di 3 e i 18m.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 21 di 129

Nella campagna indagini integrativa sono stati prelevati 16 campioni rimaneggiati, che si aggiungono ai 3 delle indagini pregresse.

Le analisi per la stima delle caratteristiche fisiche generali indicano:

- Peso dell'unità di volume naturale,  $\gamma_N = 19-22 \text{ kN/m}^3$

Le prove SPT integrative hanno fornito 22 valori interpretabili su 33, con 11 prove a rifiuto strumentale.

L'intervallo di riferimento per le interpretazioni è:

- $N_{SPT} = 13-68$  (5to – 95mo percentile su 22 dati),  
da cui si calcola l'intervallo di variazione della densità relativa,

- $D_r = 38 - 81\%$ .

L'angolo di resistenza a taglio da correlazione con SPT varia nell'intervallo:

- $\phi' = 38$  e  $42^\circ$ .

In assenza di riscontri sperimentali e coerentemente con la granulometria del materiale in esame, si assume:  $c' = 0$

I valori di  $V_s$  stimati da SPT non scartano sensibilmente dai valori calcolati da prove sismiche tipo down-hole. Pertanto, si definisce l'intervallo di  $V_s = 230 \div 400$  m/s, considerando la prevalenza del valore misurato sul valore da correlazione con SPT.

Vi corrisponde il modulo di rigidezza operativo:

- $E'_{op} = 50 - 170 \text{ MPa}$ .

## 7.4 DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI – UNITÀ ba2

Unità granulometricamente compresa tra sabbia con limo e limo con sabbia debolmente argilloso. Intercettata dai sondaggi recenti S-PE5, S-PE6, S-PE10 S-PE11, S-PE12, S-PE22, S-PE24, generalmente al di sotto del terreno di riporto e/o delle coltri eluvio colluviali con spessori di 5 - 7m circa.

Nella campagna integrativa sono stati prelevati 9 campioni rimaneggiati e 2 campioni indisturbati su cui sono state eseguite: 1 prova di taglio diretto (TD), 1 triassiale consolidata isotropicamente non drenata (TX-CIU) e 1 prova di compressione edometrica (ED).

I risultati sono stati integrati con quelli delle analisi pregresse condotte su 1 campione indisturbato e 9 rimaneggiati, con 1 prova TX-CIU, 1 di taglio diretto ed 1 edometrica.

Dalle analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche generali si ha:

- Il peso naturale  $\gamma_N = 18$  e  $20 \text{ kN/m}^3$  (5to – 95mo percentile su 11 misure);

Le prove SPT integrative hanno fornito 12 valori resistenza penetrometrica in aggiunta ai 6 disponibili dalle indagini pregresse. Il campo di riferimento è:

- $N_{SPT} = 4 - 42$  colpi/30cm (5to-95mo percentile su 18 dati);

La densità relativa da correlazione con  $N_{SPT}$ , di conseguenza, varia tra

- $D_r = 23-71\%$

e l'angolo di resistenza a taglio,

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 22 di 129

- $\phi' = 31 - 38^\circ$ .

Le prove edometriche indicano un materiale sovra-consolidato, alle profondità di prelievo tra -3.00 e -4.25m dal PC, con un grado di sovra-consolidazione  $OCR = 4.0 - 4.5$ .

I parametri di resistenza stimati dalle 2 prove di taglio diretto e dalle 2 triassiali TX-CIU variano negli intervalli:

- $\phi' = 27 - 34.5^\circ$ ,  $c' = 0 - 7\text{kPa}$

I risultati delle prove su campione indicano due comportamenti differenti, associabili a facies diverse della stessa formazione: la prima composta da un materiale a risposta pienamente attritiva, con  $\phi'=34^\circ$  e  $c'=0\text{kPa}$  (sabbia con limo argilloso), la seconda composta da materiale coesivo, con  $\phi'=26^\circ$  e  $c'=7\text{kPa}$  (limo con sabbia argilloso) verosimilmente associabile a locali lenti dell'unità ba3.

Pertanto, i parametri di riferimento sono:

- $\phi' = 31 - 35^\circ$ ;
- $c' = 0$ .

Le prove sismiche down-hole mostrano valori di  $V_s$  compresi tra 110 e 225m/s, che da un confronto con le stratigrafie di sondaggio sono associabili agli spessori di transizione ba2 - ba3, Ra - ba2. L'intervallo di  $V_s$  ottenuto dall'interpretazione delle SPT è 150÷220 m/s che, pertanto si ritiene rappresentativo dell'unità in esame.

Di conseguenza, si assegna un modulo elastico operativo:

- $E'_{op} = 25-55 \text{ MPa}$ .

## 7.5 DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI – UNITÀ ba3

Si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie, intercettati dai sondaggi recenti S-PE29, S-PE30 ed S-PE31, S-PE05 e S-PE22, per spessori compresi tra 4 - 11 m circa.

Le poche prove SPT disponibili hanno fornito valori compresi tra 2 e 17 colpi/30cm su un totale di 8 prove (pregresse ed integrative).

Nelle indagini integrative sono stati prelevati 3 campioni rimaneggiati, ed 1 indisturbato tra le profondità di -2.75 e 3.75m dal PC.

Dalle indagini pregresse risultano, invece, 3 indisturbati, prelevati tra -4.00 e -6.25m dal PC e 2 rimaneggiati, prelevati in superficie, a -1.50m.

I campioni indisturbati sono stati sottoposti a prove meccaniche, per cui, complessivamente, si dispone di 2 triassiali non consolidate non drenate, TX-UU e 2 TX-CIU (pregresse), 3 edometriche (1 integrativa, 2 pregresse) ed 1 prova integrativa di taglio diretto.

Le analisi delle caratteristiche fisiche generali indicano:

- Peso di volume naturale  $\gamma_N = 19-20\text{kNm}^3$ ;

Le prove edometriche mostrano che si tratta di materiale sovraconsolidato con grado di sovraconsolidazione decrescente con la profondità,  $OCR = 4.5$  a  $3.0$  (tra -4.25m a -6.25m dal PC).

I parametri di resistenza dalle prove TX-CIU e TD indicano:

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 23 di 129

$\phi' = 26-32^\circ$ ,  $c' = 7 - 40\text{kPa}$ , per campioni prelevati tra  $-2.25$  è  $-6.25\text{m}$  dal PC, col massimo di  $f'$  associabile ai volumi più superficiali. Il valore massimo di coesione efficace è un dato singolare, pertanto i valori di riferimento sono:

- $\phi' = 24\div 27^\circ$ ;
- $c' = 0\div 5\text{ kPa}$ .

In coerenza con quanto indicato nella fase progettuale precedente.

Le prove TX-UU (pregresse), indicano un valore di  $c_u$  variabile tra  $67$  e  $217\text{kPa}$  e resistenza decrescente con la profondità, in coerenza con la diminuzione del grado di sovraconsolidazione con la profondità.

L'intervallo di riferimento è quindi:

- $c_u = 50\div 215\text{ kPa}$ ;

L'intervallo di valori di  $V_s$  è confermato anche dal confronto tra il dato stimato da SPT e quello calcolato dalle misure down-hole nei sondaggi S-PE05 ed S-PE22:

$V_s = 135\div 300\text{ m/s}$ , a cui si associa il modulo di deformazione operativo:

- $E'_{op} = 20-90\text{ MPa}$

## 7.6 DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – UNITÀ bc1

Si tratta di ghiaie in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa, intercettate dai sondaggi integrativi S-PE15 da  $-9.50$  a  $-17.8\text{m}$  e in S-PE25 da  $-6.80$  a  $-8.00\text{m}$  dal PC.

Si dispone di un solo campione rimaneggiato, prelevato in S-PE25, utilizzato solo per l'analisi granulometrica e la classificazione su base CNR 10006, inquadrando il materiale campionato come A1-a.

Il peso dell'unità di volume, pertanto assume il valore assegnato nella caratterizzazione pregressa:

- $\gamma_N = 19.5\text{kN/m}^3$

Le poche SPT eseguite disponibili (5 integrative e 1 pregressa) indicano un intervallo di valori compresi tra  $16$  colpi/30cm ed il rifiuto strumentale (verificato in un solo caso).

La densità relativa stimata dalle prove SPT è:

- $D_r = 40-80\%$ .

Sulla base dei pochi dati SPT si indica l'intervallo di riferimento dell'angolo di resistenza a taglio:

- $\phi' = 38^\circ-42^\circ$ .

L'intervallo di valori di  $V_s$  è calibrato sulle correlazioni da SPT, ma si assume come limite superiore il valore desunto dalla prova down-hole del sondaggio SPE15, assegnando, quindi,  $V_s = 250\div 380\text{ m/s}$ , a cui corrispondono i valori del modulo di rigidezza operativo:

- $E'_{op} = 60-154\text{ MPa}$ .

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 24 di 129

## 7.7 DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – UNITÀ bc2

Si tratta di sabbie con limo e limi sabbiosi argillosi con sporadici inclusi piroclastici e talvolta ghiaie. Intercettate dai sondaggi recenti S-PE15 ed S-PE21, al di sotto del terreno di riporto e delle coltri eluvio colluviali con spessori variabili tra 2 e 10 m.

Nelle indagini integrative sono stati prelevati 3 campioni rimaneggiati tra le profondità di -3.25 e -9.25m dal PC, in aggiunta all'unico campione rimaneggiato disponibile da indagini pregresse, ed un solo campione indisturbato, prelevato in S-PE13 tra 4.00 e 4.50m di profondità, granulometricamente associabile all'unità bc2 anche se al limite della definizione dell'unità stessa. La prova di taglio diretto eseguita sui provini estratti indica  $\phi' = 22.6^\circ$  e  $c' = 28$ , indice di una risposta condizionata prevalentemente dalla componente limosa, nel campione specifico.

Le analisi indicano:

- Peso dell'unità di volume,  $\gamma_N = 18 - 19.5 \text{ kN/m}^3$ ;

Le prove SPT forniscono 9 valori interpretabili ed 1 a rifiuto strumentale, in aggiunta ai 4 valori disponibili dalle indagini pregresse. L'intervallo di valori di  $N_{SPT}$  di riferimento è:

- $N_{SPT} = 3 - 22$  colpi/30cm (5to – 95mo percentile su 13 dati);

La densità relativa da correlazione con SPT è:

- $D_r = 18 - 51\%$ ;

L'angolo di resistenza a taglio da SPT è:

- $\phi' = 30 - 35^\circ$

La coesione è assunta pari a 0 kPa

I valori di  $V_s$  da SPT variano nell'intervallo:  $V_s = 150 - 250 \text{ m/s}$ , confermato dall'interpretazione delle misure down-hole. Il modulo di rigidezza operativa varia, pertanto, nell'intervallo di riferimento:

- $E'_{op} = 30 - 65 \text{ MPa}$ .

Le prove penetrometriche statiche CPTU-PE01, 08, 02, 03, 09 (**ALLEGATO A**) intercettano, a tratti, l'unità geotecnica in esame. I valori di resistenza alla punta,  $q_c$ , variano tra 1 e 2MPa, indicando un materiale poco addensato e di resistenza medio bassa. I grafici di interpretazione in termini di classe di comportamento (SBT) mostrano che solo la CPTU-PE03 intercetta uno strato con risposta meccanica associabile ad una sabbia pulita o sabbia limosa nell'intervallo di profondità -3.50 e -6.00m. Le restanti prove, invece, indicano un materiale prevalentemente coesivo in cui prevale la facies limosa e limoso-argillosa (SBT=4-5). L'angolo di resistenza a taglio stimato dall'interpretazione della CPTU-PE03 varia tra 36 e 45°.

Considerato che per terreni sabbioso-limosi, con componente limosa variabile, quindi lontani dall'ideale sabbia pulita su cui è stata tarata la correlazione per la valutazione di  $f'$  dalla resistenza in prova CPTU, la correlazione tende a sovrastimare  $\phi'$ , si preferisce assumere come riferimento l'intervallo ottenuto dalle SPT.

I valori del modulo elastico, alle stesse profondità, sono molto dispersi, ma superiori a 35MPa, con valore medio di 60kPa.

I risultati dell'interpretazione della CPTU-PE09 (eseguita nelle stesse unità ma a circa 4km di distanza dalle CPTU citate), che sulla base della stratigrafia data dal vicino sondaggio S-PE21, attraversa completamente l'unità bc2, sono coerenti con quanto desunto dalla CPTU-PE03. La categoria di comportamento varia tra sabbie e sabbie limose; si individuano lenti di spessore centimetrico di sabbie pulite, con angolo di resistenza a taglio  $\phi' = 40^\circ$  modulo elastico maggiore di 35-40MPa. Si confermano, quindi, i valori di riferimento indicati.



	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 25 di 129

## 7.8 DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – UNITÀ bc3

Si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie. È stata intercettata dai sondaggi integrativi SPE13, SPE14, SPE15, SPE25 e dalle penetrometriche integrative CPTUPE01, CPTUPE08, CPTUPE02 e CPTUPE03, affiorante o al di sotto del terreno di riporto e delle coltri eluvio colluviali, con spessori variabili generalmente di 3-5 m.

Nelle indagini integrative sono stati prelevati 4 campioni indisturbati e 3 rimaneggiati, tra le profondità di -2.65 e -8.75m, in aggiunta ai campioni prelevati nelle campagne geognostiche pregresse: 1 indisturbato e 2 rimaneggiati.

Le analisi per la definizione delle caratteristiche fisiche generali (**ALLEGATO A**) indicano un argilla/limo inorganico di media plasticità con:

- Peso dell'unità di volume,  $\gamma_N = 18 - 20 \text{ kN/m}^3$ ;

Sui campioni indisturbati sono state eseguite 4 prove edometriche (integrative), 3 prove triassiali TX-CIU (integrative), 2 prove di taglio diretto (1 pregressa ed 1 integrativa), 4 edometriche (integrative), 1 triassiale TX-UU (pregressa).

Le prove edometriche sono state eseguite su campioni prelevati tra -2.65 e -4.25m dal pc e mostrano un materiale sovra-consolidato, con OCR che decresce con la profondità, passando da 5 a 3.9.

L'angolo di resistenza a taglio e la coesione efficace stimati dalle prove triassiali e di taglio diretto variano negli intervalli:

- $\phi' = 19 - 24^\circ$ ,
- $c' = 13 - 28^\circ$ ,

con i valori maggiori associabili al materiale maggiormente sovraconsolidato.

L'intervallo dei valori di coesione non drenata, calcolata dai risultati delle TX-CIU è:

- $c_u = 50 - 120 \text{ kPa}$ .

L'intervallo di valori di riferimento per i parametri di resistenza è:

- $\phi' = 19-24^\circ$
- $c' = 13 - 28 \text{ kPa}$
- $c_u = 50 - 120 \text{ kPa}$ .

Le 4 prove CPTU integrative sono coerenti nel definire un materiale con comportamento associabile alla classe dei limi argillosi (SBT da 4 a 3, all'aumentare della profondità dal PC), fortemente sovra-consolidato, con grado di sovra-consolidazione rapidamente decrescente con la profondità.

Prendendo a riferimento i risultati dell'interpretazione della CPTU-PE01 (**ALLEGATO A**) che intercetta l'unità bc3 fino a -6.50m, si osserva che la coesione non drenata assume valori decrescenti con la profondità, passando dal valore medio di 150kPa (da -1.00 a -2.50 ÷ 3.00m dal PC) al valore di 80kPa (da -3.00 a -6.50m dal PC). I valori sono coerenti con i risultati delle prove su campione indisturbato.

Negli stessi intervalli di profondità, il modulo di rigidezza decresce con la profondità, passando da un valore medio di 60MPa al valore di 30MPa.

I valori di Vs stimati da correlazione con i dati SPT sono:  $V_s = 135 \div 183 \text{ m/s}$  (5to e 95mo percentile su 14 dati). Considerata la scarsa affidabilità delle correlazioni tra Vs e SPT per materiali coesivi, gli estremi dell'intervallo di variazione del modulo di rigidezza operativo è assegnato sulla base dei valori da interpretazione CPTU:

- $E'_{op} = 30 - 70 \text{ MPa}$

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 26 di 129

## 7.9 DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI – UNITÀ bc4

Si tratta di travertini litoidi, vacuolari e debolmente stratificati, con abbondanti resti vegetali, locali gusci di molluschi, sporadici inclusi piroclastici e frequenti intercalazioni di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore nocciola e giallastro. Per la caratterizzazione di questa unità si conferma quanto presentato in fase di progettazione definitiva.

Le prove SPT hanno fornito valori tra 40 e 45 colpi/30 cm.

Per l'unità geotecnica in esame non sono disponibili prove di laboratorio.

- Il peso di volume naturale si assume cautelativamente pari a 20 kN/m<sup>3</sup>.

Parametri di resistenza

Poiché non ci sono prove di laboratorio a disposizione, l'angolo di resistenza al taglio viene cautelativamente stimato dalle prove SPT, da cui si ricavano i seguenti valori:

- $\phi' = 39\div 41^\circ$  angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0$  kPa coesione drenata

Dall'interpretazione delle prove SPT si ricava

- $V_s = 200\div 300$  m/s velocità delle onde di taglio
- $E_0 = 200\div 500$  MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

## 7.10 DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI – UNITÀ bn1

Si tratta di ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da poco a moderatamente cementata, che si colloca al di sotto delle alluvioni recenti e/o antiche con spessori variabili tra i 10 a 15 m circa. Intercettato dai sondaggi integrativi S-PE20, S-PE21 ed S-PE25.

Nelle indagini integrative sono stati prelevati due campioni rimaneggiati, classificabili, dal punto di vista granulometrico come ghiaia con sabbia e sabbia con ghiaia limosa,

- Il peso dell'unità di volume naturale  $\gamma_N = 20\div 22$  kN/m<sup>3</sup>,

La percentuale della frazione limosa ed il contenuto d'acqua naturale (della frazione fine),  $w_N = 7\div 14\%$ , stimati rientrano negli intervalli definiti nella fase progettuale precedente e pertanto, si assume valida la caratterizzazione pregressa:

- Densità relativa da SPT,  $D_r = 70\%$ ,
- Angolo di resistenza al taglio,  $\phi' = 35\div 40^\circ$
- Coesione  $c' = 0$

Velocità delle onde di taglio,  $V_s = 200\div 380$  m/s, da cui

- $E_0 = 200\div 750$  MPa.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 27 di 129

## 7.11 DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI – UNITÀ bn2

Si tratta di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi con sporadici inclusi piroclastici e talvolta ghiaie. Intercettate dal sondaggio SPE34 e dal sondaggio di PD IF15R10, a partire dal km 25+815 al di sotto delle alluvioni recenti e/o antiche intercalate alle alluvioni terrazzate ghiaiose (unità bn1) con spessori metrico.

In assenza di campioni, il peso dell'unità di volume assume il valore assegnato nella fase progettuale precedente;

- $\gamma_N = 20 \text{ kN/m}^3$ .

I valori di SPT sono 13 e 31, delle uniche due prove disponibili

La densità relativa stimata dalle prove SPT è pari a circa 35 %.

Si stima un valore dell'angolo di resistenza al taglio pari a circa 31-32°.

in base alla prova SPT disponibile. Da correlazione con SP si stima VS = 200 m/s cui corrisponde:

- $E_0 = 200 \text{ MPa}$

## 7.12 TUFO GRIGIO CAMPANO – UNITÀ TGC1

Si tratta di tufi lapidei, a struttura massiva, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e subordinati cristalli e litici lavici. Da rilievi geologici, è localizzato tra le km 19+150 e 19+400 e tra km 19+800 e 20+100 con spessori 3-8 m. Le indagini geognostiche hanno intercettato solo locali lenti del tufo litoide, non si dispone quindi di un set di dati sufficiente per una caratterizzazione completa dell'unità. Pertanto, come già in dicato in fase di PD si assume, in via cautelativa, la caratterizzazione adottata per l'unità TGC2.

## 7.13 TUFO GRIGIO CAMPANO – UNITÀ TGC2

Si tratta di ceneri con granulometria compresa tra sabbia con limo debolmente argillosa e limo con sabbia debolmente argillosa con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e rare ghiaie. Sono intercettate dai nuovi sondaggi SPE22, SPE1, SPE2, SPE23, SPE3, SPE4, SPE5, SPE18bis, a profondità comprese tra 0.00 e -28.00m dal PC.

Nelle nuove indagini sono stati prelevati 13 campioni rimaneggiati e 4 campioni indisturbati, su cui sono state eseguite 4 prove di taglio diretto e 3 edometriche, ottenendo una base dati da integrare con quella pregressa, basata su 6 campioni rimaneggiati con 1 sola determinazione di caratteristiche fisiche generali.

Le nuove analisi per la definizione delle caratteristiche fisiche generali indicano i seguenti valori (5to - 95mo percentile su 18 misure disponibili):

- Peso dell'unità di volume naturale  $\gamma_N = 15-18.5 \text{ kN/m}^3$ ;
- Un grado di saturazione  $S_r = 43 - 97\%$ ;
- Contenuto d'acqua naturale,  $w_N = 26-51\%$ ;
- Indice di plasticità,  $I_p = 14 - 16\%$ ;

I valori di  $\gamma_N$  minori di  $15 \text{ kN/m}^3$  appartengono a materiale con grado di saturazione,  $S_r = 39 - 45\%$ , differente da quello caratteristico dei restanti campioni, soprattutto di quelli sottoposti a prove meccaniche, caratterizzati da  $S_r = 80-100$ , e considerati non rappresentativi dell'unità.

Pertanto, l'intervallo di riferimento del peso dell'unità di volume è:

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 28 di 129

- $\gamma_N = 15-18.5 \text{ kN/m}^3$ .

La base dati dei valori di  $N_{SPT}$  da indagini integrative e pregresse indica un intervallo caratteristico,

- $N_{SPT} = 7 - 60 \text{ colpi/30cm}$ ,

a cui corrispondono gli intervalli di densità relativa,

- $Dr = 20-80\%$

ed angolo di resistenza a taglio

- $\phi' = 32$  e  $37^\circ$  (5to – 95mo percentile).

Le 4 prove di taglio diretto integrative indicano  $\phi' = 28-35^\circ$  e  $c' = 6-10 \text{ kPa}$ .

Pertanto, l'intervallo di riferimento sarà:

- $\phi' = 32-35^\circ$ ;  $c' = 0-8 \text{ kPa}$ , col valore massimo di coesione caratteristico del materiale in posto.

Le prove edometriche mostrano un grado di sovraconsolidazione decrescente con la profondità:  $OCR = 4.1$  a  $-5.25 \text{ m}$  dal PC,  $OCR = -1.8$  a  $-10.25 \text{ m}$  di profondità.

La  $V_s$  da SPT varia  $150$  e  $300 \text{ m/s}$ , ma i valori sono tutti minori di quelli definiti dalle prove sismiche down-hole che, alle profondità comparabili con quelle del dato SPT, indicano un valore medio compreso tra  $300-400 \text{ m/s}$  con un massimo di  $500 \text{ m/s}$ .

Si assume, pertanto, l'intervallo di riferimento:

$V_s = 185 - 500 \text{ m/s}$ , a cui corrisponde un intervallo di valori di rigidezza:

- $E'_{op} = 34-250 \text{ MPa}$

In questa formazione è stata eseguita la CPTU-PE05 (**ALLEGATO A**) che tuttavia ha subito una deviazione continua della batteria d'aste, portando ad un fuori asse a fine prova di circa  $37 \text{ cm}$ . Il dato di resistenza è condizionato dalla deviazione e si ritiene affidabile solo per le profondità in cui il fuori asse contenuto nel limite di  $10 \text{ cm}$  (deviazione angolare  $< 2^\circ$ ), il che porta a trascurare le resistenze misurate per profondità maggiori di  $6 \text{ m}$ .

La CPTU-PE05 mostra che la formazione in esame ha una porzione alterata superficiale con resistenza alla punta decrescente da  $6$  a  $1.5 \text{ MPa}$  nei primi  $-2.50 \text{ m}$  dal PC. La resistenza si incrementa rapidamente andando in profondità fino al valore di  $8 \text{ MPa}$  a  $-5.50 -6.00 \text{ m}$  dal PC.

I valori derivanti dall'interpretazione delle misure di resistenza alla punta mostrano un materiale omogeneo, con classe di comportamento  $SBT = 6$ , sabbie pulite - sabbie limose, un angolo di resistenza a taglio mediamente pari a  $40^\circ$  (valore di picco), un modulo elastico in media pari a  $25 \text{ MPa}$  per profondità fino a  $-3.00 \text{ m}$  e pari a  $120 \text{ MPa}$  per profondità tra  $-3.00$  e  $-6.00 \text{ m}$  dal PC.

I valori stimati per interpretazione della CPTU confermano quelli di riferimento indicati.

## 7.14 TUFO GRIGIO CAMPANO – UNITÀ TGC3

Unità granulometricamente definita come limo con sabbia. Affiorano in corrispondenza della GA02 con spessori variabili fino a un massimo di  $10 \text{ m}$  circa.

Nella campagna indagini integrativa sono stati prelevati 4 campioni rimaneggiati ed 1 campione indisturbato, tra le profondità di  $-2.75$  e  $-6.75 \text{ m}$  dal PC. Il campione indisturbato è stato prelevato a  $-2.75 \text{ m}$  e sul materiale estruso è stato possibile eseguire una prova di taglio diretto.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 29 di 129

Le analisi di laboratorio per la definizione delle caratteristiche fisiche generali definiscono:

- Peso di volume naturale è compreso tra  $\gamma_N = 17 - 20 \text{ kN/m}^3$ ;
- Il contenuto naturale d'acqua  $w_N = 18 - 35\%$
- Indice di plasticità,  $I_p = 10 - 36\%$

Si dispone di solo 5 valori di NSPT, dalle indagini di PD, generalmente poco attendibili, per un'unità coesiva, pertanto la definizione dei parametri di resistenza si basa essenzialmente sui risultati delle 3 prove di taglio diretto complessivamente disponibili:

- $\phi' = 23 - 31^\circ$  e  $c' = 12.5 - 26 \text{ kPa}$ .

Il valore massimo di coesione è ottenuto nella prova sul campione di recente prelievo, costituito da materiale maggiormente plastico e con contenuto d'argilla maggiore di quello dei campioni indisturbati esaminati nelle analisi pregresse. Non si ritiene attendibile il dato ottenuto sul nuovo campione ai fini della caratterizzazione generale dell'unità in esame per l'area vasta e, pertanto, si conserva l'intervallo di valori di PD:

- $\phi' = 29 - 30^\circ$ ;

Si ritiene di assumere una coesione efficace non nulla, variabile almeno entro il limite inferiore individuato dalle prove:

- $c' = 5 - 10 \text{ kPa}$ .

L'unità non è stata intercettata da prove sismiche e pertanto il modulo di rigidità operativo resta quello definito sulla base della  $V_s$  indicata nel progetto definitivo. Pertanto, si indica il seguente intervallo di riferimento:

- $E'_{op} = 20 - 40 \text{ MPa}$ .

## 7.15 UNITÀ DI MADDALONI – UNITÀ MDL1

Si tratta di ghiaie in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e sabbioso-argillosa, granulometricamente compresa tra ghiaia con sabbia limosa e sabbia con ghiaia limosa.

Intercettata, lungo l'intero tracciato, dai sondaggi recenti S-PE22, S-PE1, S-PE2, S-PE23, S-PE3, S-PE13, S-PE14, S-PE18bis, S-PE19, S-PE4bis, S-PE29, S-PE33, a profondità comprese tra -5.50 e -40.0m.

Le 70 prove SPT integrative hanno il 67% di rifiuto strumentale, con 23 valori interpretabili tramite correlazioni empiriche. Nelle indagini pregresse si avevano 6 valori interpretabili (non rifiuto) su 13 SPT.

L'intervallo di riferimento dei valori di  $N_{SPT}$  utilizzato nelle interpretazioni (condizionato dai dati integrativi) è:

- $N_{SPT} = 24 - 61$  colpi/30cm (5to e 95mo percentile su 29 dati);

da cui si calcola:

- $D_r = 45$  e  $80\%$ .

Nell'unità geotecnica in esame sono stati prelevati 18 nuovi campioni rimaneggiati, su cui sono state eseguite prove di laboratorio per la definizione delle caratteristiche fisiche generali, integrandoli con i dati pregressi.

I valori di riferimento sono riportati di seguito, col relativo campione dati:

- $\gamma_N = 18 - 22 \text{ kN/m}^3$  (5to e 95mo percentile su 14 misure disponibili);
- $\phi' = 38 - 41^\circ$  (5to e 95mo percentile su 29 dati)
- $c' = 0$ .

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 30 di 129

L'unità in esame è stata intercettata nelle prove down-hole eseguite nei sondaggi S-PE14, S-PE 22, S-PE 1, S-PE 23, S-PE 4, S-PE 15, S-PE 24, pertanto l'intervallo di riferimento di  $V_s$  include i valori desunti dall'interpretazione delle SPT e quelli di prova sismica. Si assume:  $V_s = 325+650\text{m/s}$ , col limite superiore condizionato dai dati down-hole.

L'intervallo di valori del modulo di rigidezza operativo corrispondente è:

- $E'_{op} = 105-420 \text{ MPa}$

## 7.16 UNITÀ DI MADDALONI – UNITÀ MDL2

Formazione granulometricamente compresa tra sabbia con limo debolmente argilloso e limo con sabbia argilloso. Intercettata dai nuovi sondaggi SPE23, SPE7, SPE7bis, SPE8, SPE9, SPE16bis, SPE18, SPE19, SPE31, a profondità orientative comprese tra -6.00 e -30.0m dal piano campagna.

Le prove SPT hanno fornito 29 valori interpretabili (non a rifiuto) su 31 prove eseguite, mentre le indagini pregresse hanno 5 valori utili su 14 eseguiti.

L'intervallo di  $N_{SPT}$  stimato sul campione complessivo è

- $N_{SPT} = 11-51 \text{ colpi/30cm}$  (5to e 95mo percentile su 34 dati),  
da cui la densità relativa

- $D_r = 32-70\%$

e l'angolo di resistenza a taglio

- $\phi' = 33 - 42^\circ$ .

Nelle indagini integrative sono stati prelevati 2 campioni indisturbati e 8 rimaneggiati tra le profondità -6.25 e -26.0m da PC. Il materiale estruso dai 2 campioni indisturbati ha permesso l'esecuzione 1 prova edometrica (ED), e 2 prove di taglio diretto (TD).

La base dati comprende anche i 6 campioni indisturbati e 24 rimaneggiati delle indagini pregresse.

Il peso dell'unità di volume varia tra

- $\gamma_N = 18-21 \text{ kN/m}^3$  (5to e 95mo percentile su 16 misure);

Per la definizione degli intervalli ei parametri di resistenza, si dispone, in totale si dispone dei risultati di 2 triassiali consolidate isotropicamente drenate, TX-CID, 1 triassiale consolidata non drenata, TX-CIU, 5 prove di taglio diretto, 1 edometrica. L'intervallo indicato dalle prove per l'angolo di resistenza a taglio è:  $\phi' = 29-35^\circ$  (5nto-95mo percentile su 8 dati).

Pertanto, associando i dati disponibili delle SPT e delle prove di laboratorio si individua il seguente intervallo di riferimento progettuale:

- $\phi' = 31-37^\circ$

La coesione efficace misurata è  $c' = 0-25 \text{ kPa}$  (5nto-95mo percentile su 8 dati). Tuttavia, i valori maggiori di coesione efficace, 22 e 26kPa sono stati misurati nelle prove triassiali e rappresentano una singolarità nel campione, probabilmente legati a possibili lenti di materiale coesivo intercalate nell'unità sabbiosa e quindi considerate non rappresentative. Pertanto, in via cautelativa, si assume una coesione nulla per l'unità.

- $c' = 0 \text{ kPa}$ .

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 31 di 129

I valori di  $V_s$  stimati da SPT sono sempre inferiori di quelli calcolati dai risultati di prove sismiche in foro (DH), tuttavia le down-hole eseguite hanno intercettato nettamente l'unità MDL2 solo in due intervalli di profondità, nelle SPE4 e 23, pertanto l'intervallo di riferimento è stato scelto dando un peso maggiore ai valori ottenuti da SPT:  $V_s = 250\div 450$  m/s, a cui corrisponde l'intervallo del modulo elastico operativo:

- $E'_{op} = 60\text{-}220$  MPa.

## 7.17 UNITÀ DI MADDALONI – UNITÀ MDL3

Si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso sabbiosi con diffusi inclusi piroclastici e locali ghiaie. La formazione costituisce il substrato di fondazione e supporto di strutture sensibili dell'infrastruttura, quali il viadotto Calore, VI05, e la galleria Telese, GA02; pertanto è stata oggetto di una forte integrazione dati nell'ambito delle indagini geonostiche di progetto esecutivo.

La formazione è stata intercettata, a profondità comprese tra -6.00 e -35.0m dal PC, dai nuovi sondaggi S-PE22, S-PE4, S-PE5, S-PE6, S-PE7, S-PE7bis, S-PE8, S-PE9, S-PE10, S-PE11, S-PE13, S-PE14, S-PE16bis, SL-PE2\*, S-PE18bis, S-PE4bis, S-PE24, S-PE29, S-PE31, S-PE32, S-PE33.

Nella campagna indagini integrativa sono stati prelevati 21 campioni rimaneggiati e 23 campioni indisturbati, che si aggiungono ai 13 indisturbati e 7 rimaneggiati delle indagini pregresse.

Sulla base dei risultati delle prove di caratterizzazione fisica la formazione si colloca tra le argille inorganiche a media e alta plasticità con:

- Peso dell'unità di volume naturale,  $\gamma_N = 18 - 21$  kN/m<sup>3</sup> (5th e 95th percentile su 57 valori);
- Contenuto d'acqua naturale,  $w_N = 17 - 43\%$  (5th e 95th percentile su 57 valori);
- L'indice di plasticità,  $I_P = 12 - 38$  (5th e 95th percentile su 57 valori).

Dalle prove edometriche si stima un grado di sovra-consolidazione,  $OCR = 3 - 1$  (5th e 95th percentile su 19 edometriche).

I parametri stimati sulla base delle prove triassiali consolidate isotropicamente non drenate TX-CIU, non consolidate non drenate TX-UU e taglio diretto TD, danno angoli di resistenza al taglio  $\phi'$  variabili tra 18-29° e coesioni  $c'$  5 – 46kPa.

Sono stati assunti come parametri di riferimento i seguenti range:

- Angolo di resistenza a taglio,  $\phi' = 19 - 27^\circ$
- Coesione efficace,  $c' = 10 - 40$  kPa

I valori caratteristici di resistenza e deformabilità ottenuti dalle prove di laboratorio sono stati confrontati con quelli ottenuti dall'interpretazione delle CPTUPE03 e 04 eseguite con pre-foro di 20m.

Il confronto tra i valori di OCR da prova edometrica e quelli interpretati da CPTU indicano una sostanziale affinità tra il materiale campionato e quello intercettato dalla CPTU-PE04, escludendo di fatto la CPTU-PE03, probabilmente affetta da errore sistematico di misura. L'interpretazione della CPTU-PE04 e delle nuove prove triassiali consolidate non drenate (TX-CIU), in termini di coesione non drenata,  $c_u$ , ha permesso di evidenziare l'andamento indicato in **ALLEGATO A**, che riporta il confronto con i risultati pregressi, da progetto definitivo (ricavati sia da TX-CIU, sia da triassiali non consolidate non drenate, TX-UU).

Si osserva una sostanziale coerenza dei dati pregressi e recenti, che mostrano di un andamento debolmente crescente con la profondità a partire da -17.5m a -32.0m, e valori compresi tra 175 e 230kPa. Per profondità maggiori la resistenza di progetto può essere assunta pari a 280-300kPa.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 32 di 129

L'intervallo di riferimento è, pertanto,

- $c_u = 120 - 300 \text{ kPa}$ .

I valori di  $V_s$  da SPT in questa unità fortemente coesiva sono stati considerati solo al margine della caratterizzazione e come elemento di confronto con le  $V_s$  calcolate sulla base dei dati delle prove sismiche in foro.

I valori di  $V_s$  da SPT variano tra 200 e 300 m/s; le prove sismiche stimano  $V_s$  compresa tra 244 e 580 m/s. Pertanto, si considera un intervallo di variazione di riferimento  $V_s = 240-450 \text{ m/s}$  a cui corrisponde un modulo di rigidezza operativo

- $E'_{op} = 60-206 \text{ MPa}$ .

Un valore di riferimento del modulo elastico non drenato,  $E_u$ , è stato stimato operando un confronto tra i valori calcolati su base empirica dall'interpretazione dei dati di resistenza della CPTU-PE04 ed i valori calcolati sui risultati delle triassiali TX-CIU eseguite su campioni prelevati alle profondità prossime a quelle indagate con la CPTU-PE04 (comprese tra -22 e -30m). Il valore di riferimento è  $E_u = 53 \text{ kPa}$ .

## 7.18 UNITÀ DI MADDALONI – UNITÀ MDL4

Si tratta di travertini litoidi vacuolari e debolmente stratificati, con abbondanti resti vegetali, locali gusci di molluschi, diffusi inclusi piroclastici e frequenti intercalazioni di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi. Dal punto di vista meccanico l'unità mostra un comportamento al limite tra roccia debole e suole essendo presente un grado variabile di coesione e cementazione del materiale.

Per quanto riguarda i termini litoidi la caratterizzazione è stata sviluppata, già in fase di PD, facendo definendo i parametri d'ammasso fratturati secondo la classificazione del GSI (Hoek & Marinos, 2000) e adottando i criteri di rottura proposti di Hoek & Brown a partire dal 1980.

Sono state quindi valutate le caratteristiche di resistenza della matrice rocciosa per le quali, trattandosi di rocce deboli a bassa resistenza come i travertini, diversi autori propongono una sostanziale corrispondenza tra caratteristiche della roccia intatta e d'ammasso (Carter et al, 2008).

Nel dettaglio quindi si possono identificare i seguenti parametri di riferimento:

Il peso di volume naturale è compreso tra 15 e 21  $\text{kN/m}^3$ . e si adotta un valore di progetto:

- $\gamma_N = 20 \text{ kN/m}^3$ .

Sui campioni litoidi delle indagini pregresse sono disponibili prove di compressione uniassiale che hanno fornito i valori variabili tra 1,3 e 13,7 MPa, in cui si identificano i seguenti valori di riferimento per la resistenza della matrice rocciosa:

- $UCS = 9 \text{ MPa}$ , resistenza a compressione media
- $UCS_{10\%} = 3.7 \text{ MPa}$ , decimo percentile della resistenza a compressione non confinata
- $UCS_{max} = 13,7 \text{ MPa}$  valore massimo di resistenza

In accordo a quanto fatto in fase di progettazione definitiva sono stati assunti i seguenti parametri d'ammasso per la definizione dei parametri di resistenza e deformazione:

- $GSI = 30$ ,  $m_i = 13$ ,  $D = 0.5$ ; dove
- $GSI$  è l'indice classificativo di Hoek e Marinos (2000) per ammassi rocciosi fratturati



**Relazione geotecnica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	33 di 129

- $M_i$  è la costante di Hoek e Brown
- $D$  è il fattore di disturbo

Linearizzando il dominio di rottura di Hoek e Brown si stimano i seguenti parametri di riferimento:

- $\phi' = 34 \div 40^\circ$ , angolo di resistenza al taglio
- $c' = 30 \div 40$  kPa, coesione drenata

Dalla caratterizzazione di Hoek e Brown per gli intervalli parametrici di riferimento si stima un modulo di deformazione d'ammasso  $E_{rm}$  variabile nel seguente range 60-220MPa.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO IF26          12 E ZZ          RB            GE0005 001      B          34 di 129

## 7.19 CARATTERIZZAZIONE GENERALE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE LUNGO LINEA

UG	Descrizione	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	N <sub>SPT</sub> [colpi/ 30cm]	Dr [%]	OCR	$\phi'$ [°]	c' [kPa]	cu [kPa]	Vs [m/s]	E <sub>0</sub> [Mpa]	E' <sub>op</sub> [MPa]
<b>Ra</b>	Terreno di riporto- Rilevato ferroviario	20				35	0				35
<b>b2</b>	Limo argilloso deb. Sabbioso	19				23-25	0-5				
<b>ba1</b>	Ghiaia sabbiosa (Alluvioni attuali e recenti)	19-22	13-R	38-81		38-42	0		220-400	260-850	50-170
<b>ba2</b>	Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni attuali e recenti)	17-21	4-42	23-71		31-35	0		150-220	110-235	25-55
<b>ba3</b>	Argille limose (Alluvioni attuali e recenti)	19-20	5 -15		4.5-3.0	24-27	0-5	50-215	135-300	90-455	20-90
<b>bc1</b>	Ghiaia sabbiosa (Alluvioni antiche)	19,5	16-R	40-80		38-42	0		250-380	300-700	60-154
<b>bc2</b>	Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni antiche)	18-19,5	3-22	18-51		30-35	0		180-250	165-315	30-65
<b>bc3</b>	Argille limose (Alluvioni antiche)	18-20	4-32		5-2	19-24	13-28	50-120	135-183	110-570	30-70
<b>bc4</b>	Travertini litoidi (Alluvioni terrazzate)	20	40-45			39-41	0		200-300	200-500	
<b>bn1</b>	Ghiaia sabbiosa (Alluvioni terrazzate)	20-22	R	70		35-40	0			200-750	
<b>bn2</b>	Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni terrazzate)	20	13			31-32	0		200	200	
<b>TGC1</b>	Tufo lapideo (Tufo Grigio Campano)	Si assumono i valori caratteristici di TCG2									
<b>TGC2</b>	Cenere sabbioso, sabbioso limosa (Tufo Grigio Campano)	15-18,5	7-60	20-80		32-35	0-8		185 - 500	165-1200	34-250
<b>TGC3</b>	Argille limose (Tufo Grigio Campano)	17-20	15-23			29-30	5-10				20-40
<b>MDL1</b>	Ghiaia sabbiosa (Unità di Maddaloni)	18-22	24-R	45- 80		38-41	0		325-650	525-2100	105-420
<b>MDL2</b>	Sabbia, sabbia limosa (Unità di Maddaloni)	18,5-20,5	15-51	32-70		31-37	0		250-450	300-1100	60 - 220
<b>MDL3</b>	Argille limose (Unità di Maddaloni)	18-21	20-R		3,5-1	19-27	10-40	120-300	240 - 450	295 - 1035	60 - 205
<b>MDL4</b>	Travertini litoidi vacuolari con frequenti intercalazioni di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi (Unità di Maddaloni)	15 - 21				34-40	30-40				60-230

*E'<sub>0</sub> = Modulo elastico a piccole deformazioni ; E'<sub>op</sub> = Modulo elastico operativo*

**Tabella 3 – Quadro generale degli intervalli caratteristici dei parametri delle unità geotecniche lungo linea.**

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 35 di 129

## 8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA LUNGO LINEA PER TRATTE OMOGENEE

### 8.1 PREMESSA

Nei capitoli a seguire è illustrata la caratterizzazione geotecnica di dettaglio lungo tracciato operata per tratte omogenee, identificate sulla base delle caratteristiche geologiche, stratigrafiche e meccaniche dei terreni. In ciascuna sezione si riportano gli elementi principali e caratterizzanti della tratta omogenea suddivisi in n.4 categorie:

- una descrizione della tratta e delle WBS principali che ricadono all'interno con le progressive di riferimento, altezze dei rilevati e trincee, altezza massima delle pile dei viadotti;
- una sintesi delle indagini di riferimento realizzate all'interno della tratta ed utilizzate per la ricostruzione del modello geologico- stratigrafico di riferimento progettuale e per la caratterizzazione geotecnica delle unità.
- una sintesi del contesto geologico-stratigrafico ed idrogeologico della tratta, con la descrizione litologica dei terreni affioranti e degli spessori attesi in profondità, in coerenza con quanto riportato nel profilo geologico e geotecnico del tracciato. Si riporta inoltre la descrizione dei livelli idrici misurati lungo i piezometrici e dei criteri utilizzati nell'interpolazione della superficie piezometrica.
- un'ultima sezione che riporta la descrizione dei modelli stratigrafici di riferimento per le WBS con l'individuazione delle unità geotecniche individuate e secondo quanto riportato nel profilo geotecnico. Per ogni unità sono assegnati i parametri geotecnici di riferimento progettuale in accordo alla caratterizzazione generale delle singole unità, rivista nel dettaglio sulla base dei risultati delle indagini eseguite nella tratta in esame, in modo da ridurre, ove possibile, l'ampiezza del range di valori generale.

Gli schemi stratigrafici riportati nelle tabelle descrittive delle WBS sono da ritenersi semplificati. I contatti tra le varie unità sono forniti indicando un range di profondità (variabili) dal p.c.; desunta dell'andamento dei vari strati come riportato in profilo geotecnico. Gli schemi stratigrafici forniscono la stratigrafia tipo dell'area di influenza di ogni WBS, ma possono differire localmente dalle stratigrafie di calcolo assunte dal progettista nel dimensionamento delle singole opere, in ragione di semplificazioni, accorpamenti o assunzioni di maggiori fattori di sicurezza.

Il livello di falda viene indicato in quota assoluta (m s.l.m.) lungo il profilo geotecnico e si riferisce ai livelli massimi registrati dai piezometri. I criteri per l'assunzione dei livelli di falda a breve termine e a lungo termine sono illustrati ed analizzati nella relazione geologica geomorfologica ed idrogeologica di progetto. I valori di calcolo assunti per il dimensionamento sono invece riportati nelle relazioni specifiche delle singole opere.

Per la definizione della classe di suolo si è fatto riferimento ai risultati delle prove geofisiche realizzate durante le fasi di progettazione definitiva ed esecutiva che includono prove di tipo MASW e down-hole in foro. Questi dati sono elaborati e commentati nel dettaglio nella Relazione Sismica per quanto riguarda la definizione delle classi di suolo di riferimento per le WBS e nelle relazioni geotecniche e di calcolo delle singole opere per quanto riguarda le assunzioni di calcolo operate nel dimensionamento.

### 8.2 APPROCCIO GENERALE ALLA CARATTERIZZAZIONE DELLE TRATTE OMOGENEE

La definizione degli intervalli caratteristici dei parametri fisici, di resistenza e di deformabilità delle unità geotecniche che ricadono in ogni tratta omogenea, è stata eseguita partendo da una disamina dei dati disponibili dai sondaggi che ricadono nella singola tratta. Nei casi in cui il numero o la qualità dei dati disponibile non consente la contestualizzazione degli intervalli caratteristici, si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

Coerentemente con l'approccio adottato nell'analisi dei dati disponibili per l'intero tracciato, i valori di resistenza a taglio caratteristici sono stati definiti dal confronto tra i dati penetrometrici in prova dinamica e statica e i valori puntuali ottenuti da prove meccaniche su campioni indisturbati.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI  RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 36 di 129

I valori di rigidezza sono stati stimati considerando sia quelli ottenuti per interpretazione delle prove penetrometriche disponibili, sia quelli ottenuti da prove sismiche in foro (DH) e di superficie (MASW). Nella stima dei valori caratteristici da associare ad ogni unità geotecnica è stato dato un peso maggiore ai dati ottenuti da prove sismiche in foro, rispetto ai valori definiti da correlazioni empirica con le misure di resistenza penetrometrica. In linea generale, i valori di rigidezza da correlazione con SPT definiscono il limite inferiore dell'intervallo caratteristico, mentre i valori da prova sismica in foro indicano il limite superiore dell'intervallo. Laddove non fosse possibile il confronto dei dati ottenuti con differenti metodologie, è stato assunto l'intervallo di caratterizzazione generale.

### 8.3 TRATTA 1 DA PK 16+600 A 20+474 (SPALLA 1- VI05)

La tratta in esame si estende per circa 4km dalla progressiva 16+600 fino alla pk 20+474 coincidente con la spalla sud del viadotto Calore (VI05). I rilevati si estendono per una lunghezza massima di circa 860m (RI05) ed un'altezza massima di 8m (RI10), mentre le trincee si estendono per un massimo di 470m circa (TR02) ed un'altezza massima di 7m (TR03). All'interno della tratta sono presenti 4 viadotti (VI01, VI02, VI03, VI04), di lunghezza variabile tra 18 e 41m, che attraversano le principali aste fluviali, una galleria artificiale (GA01) che sottopassa la viabilità esistente SS265, un calvacaferrrovia, 3 sottovia, 2 tombini idraulici e opere minori tra cui muri di sostegno e barriere acustiche.

WBS	PK DI RIFERIMENTO		L [m]	OPERA	H <sub>max</sub> rilevato/trincea
	da [km]	a [km]			[m]
TR01	16+500	16+600	100	trincea	≈3m
RI01	16+600	16+728	128	rilevato	≈7m
IN01	16+663			Tombino	
TR02	16+728	17+200	472	trincea	≈5m
RI02	17+200	17+391	191	rilevato	≈7m
VI01	17+391	17+432		Viadotto	
RI03	17+432	17+634	202	rilevato	≈6.5m
SL01	17+577			Sottovia	
VI02	17+634	17+657		Ponte	
RI04	17+657	17+766	109	rilevato	≈8m
SL02	17+766	17+775		Sottovia+ tombino	
RI05	17+775	18+640	865	rilevato	≈9m
IN02	18+227			Tombino	
VI03	18+640	18+658	18	Ponte	
RI06	18+658	19+182	524	rilevato	≈4.5m
IV01	18+994			Cavalcaferrovia	
TR03	19+182	19+399	217	trincea	≈7m
GA01	19+399	19+419	20	Galleria Artificiale 01	
TR04	19+419	19+671	252	trincea	≈3m
RI07	19+671	19+741	70	rilevato	≈3m
VI04	19+741	19+777	36	Viadotto	
RI08	19+777	19+838	61	rilevato	≈4m
TR05	19+838	20+051	213	trincea	≈4.5m
RI09	20+051	20+141	90	rilevato	≈7m
SL03	20+141	20+151	10	nuovo sottovia stradale	
RI10	20+151	20+474	323	rilevato	≈7.5m

Tabella 4 - Principali WBS incluse nella Tratta 1

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">38 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	38 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	38 di 129								

### 8.3.1 INDAGINI DI RIFERIMENTO

Le indagini di riferimento per l'area in esame includono i sondaggi e le prove in situ elencate nella seguente tabella.

Tipo di indagine	Codici
<i>Sondaggi a carotaggio continuo</i>	IF15V01; IF15R51; S-PE22; S14; S-PE1; S-PE2; IF15R52; IF15V02; S-PE23; S-121; IF15V03; S-PE29; IF15V04; S-PE3; IF15P05; IF15V06; S-PE4; S-123; SL-PE1; IF15R53; IF15V07
<i>Piezometri</i>	IF15V01; IF15R51; S-PE22; S-PE1; S-PE2; IF15R52; IF15V02; S-PE23; IF15V03; S-PE29; IF15V04; S-PE3; IF15P05; IF15V06; S-PE4; SL-PE1; IF15V07
<i>Prove penetrometriche statiche</i>	CPTU-PE5; CPTU-PE6; CPTU-PE7; CPTU-1; CPTU-2
<i>Indagini geofisiche (MASW, S.Rifrazione, Down Hole (DH))</i>	MASW-1; S-PE22 (DH); S-PE1 (DH); S-PE04 (DH), S-PE23 (DH), RIFR-01; RIFR-02

**Tabella 5 – Indagini di riferimento per la Tratta 1**

Lungo le verticali di sondaggio sono state realizzate prove SPT ogni 3m di foro, prove di permeabilità, prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati per le prove di laboratorio di classificazione e resistenza meccanica.

### 8.3.2 DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

La tratta in esame si sviluppa in direzione NE-SW lungo il piede dei versanti impostati nei litotipi del Tufo Grigio campano in prossimità del contatto con le alluvioni di fondovalle del fiume Volturno.

Il tracciato interessa per quasi tutto il suo sviluppo i termini litologici del Tufo Grigio Campano nelle facies sabbioso limose (TGC2) e argilloso limose (TGC3). In corrispondenza delle trincee più alte si osservano delle lenti di tufo litoide (TGC1), con uno spessore variabile ma inferiore a 10m. Il tracciato si sviluppa, in parte in adiacenza al rilevato della linea esistente (Ra) i cui spessori variano in funzione dell'interferenza; localmente sono intercettati depositi eluvio-colluviali (b2) superficiali di ridotto spessore. In corrispondenza dei principali impluvi, sono presenti depositi alluvionali recenti in facies limoso-argillosa (ba3), sabbioso-limosa (ba2) e ghiaioso-sabbiosa (ba1). Le unità geotecniche più profonde afferiscono alla Formazione di Maddaloni e si presentano fortemente eteropiche, strutturate in geometrie a lenti tra le litofacies limoso argillosa (MDL3), sabbioso-limosa (MDL2) e ghiaioso-sabbiosa (MDL1).

Dal punto di vista idrogeologico le letture piezometriche disponibili attestano la presenza di una falda freatica interna ai depositi alluvionali recenti e alle piroclastiti del Tufo Grigio Campano compresa tra le quote 29 e 40 m s.l.m.. Le letture piezometriche delle verticali di monitoraggio installate nella fase di PE (2-4 letture per verticale) si riferiscono principalmente al periodo dicembre 2019 – gennaio 2020. Per i piezometri di PD, in diversi casi, si dispone di una frequenza più estesa del monitoraggio, da marzo 2017 a gennaio 2020, con un numero massimo di 19 letture per il sondaggio IF15V03.

I dati strumentali delle letture piezometriche sono riassunti nella tabella a seguire.

Piezometro	H <sub>max</sub> [m s.l.m.]	h <sub>min</sub> [m s.l.m.]	H <sub>max</sub> -h <sub>min</sub> [m]
IF15V01	40,26	37,59	2,67
IF15R51	30,05	27,96	2,09
S-PE22	30,88	29,48	1,40
S-PE1	29,99	28,54	1,45
S-PE2	30,25	28,60	1,65

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	39 di 129

Piezometro	H <sub>max</sub> [m s.l.m..]	h <sub>min</sub> [m s.l.m..]	H <sub>max</sub> -h <sub>min</sub> [m]
IF15R52	31,30	28,23	3,07
IF15V02	31,85	28,98	2,87
S-PE23	33,44	33,44	
IF15V03	29,54	28,25	1,29
S-PE29	29,39	28,80	0,59
IF15V04	30,87	29,95	0,92
S-PE3	32,13	32,01	0,12
IF15P05	33,20	31,76	1,44
IF15V06	35,86	33,55	2,31
S-PE4	34,60	34,53	0,07
SL-PE1	36,55	34,80	1,75
IF15V07	35,07	34,57	0,50

**Tabella 6 - Letture massime e minime in quote assolute (m s.l.m.) dei livelli di falda nei piezometri di riferimento.**

In questo settore del progetto i valori di escursione tra livello massimo e minimo sono mediamente più elevati. I valori che si possono osservare nei piezometri installati nel PD e tutt'ora monitorati (ad es. IF15V01, IF15R51 e IF15R52) raggiungono un massimo di circa 3m probabilmente dovuto ad un contributo di ricarica laterale, dai rilievi posti a est e dall'effetto del fiume Calore, che in periodi di intense precipitazioni diminuisce il suo effetto drenante sulla falda superficiale.

La quota di riferimento della falda per la fase di costruzione (breve termine) è pari al livello massimo misurato nei piezometri della tratta. Tale livello è quello riportato negli elaborati di Profilo Geologico e Idrogeologico dell'asse principale.

Per la falda a lungo termine (vita utile del progetto) si rimanda alle relazioni geotecniche e di calcolo delle opere.

### 8.3.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 1

All'interno della tratta in oggetto si possono identificare le seguenti stratigrafie di riferimento.

Tratta 1 Schema stratigrafico per la tratta da pk16+600 a pk 17+050			Spessore di riferimento [m] per WBS			
Strato	UG	Descrizione dei litotipi	TR01	IN01	RI01	TR02
1	Ra	Depositi antropici / rinterro superficiali presente in corrispondenza del IN01	0-2	7-7,5	0-7	n.a
2	b2	Depositi eluvio colluviali: limi argilloso sabbiosi con inclusi piroclastici ed elementi ghiaiosi. Strato superficiale presente tra le pk 16+750 e 17+050	n.a	n.a	n.a	0-0.7
3	ba2	Depositi alluvionali attuali e recenti caratterizzati da sabbia, sabbia limosa e sabbia con limo (IN01)	n.a	4-5	0-5	n.a
4	TGC2	Tufo Grigio Campano: piroclastiti sabbiose e sabbioso limose con inclusi di pomice e scorie, si osservano locali livelli di tufi intercalati (TGC1).	25-26	13-14	13-24	24-28
5	MDL3	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate con locali intercalazioni di lenti sabbiose e sabbioso limose (MDL2).	>20	>20	>20	>20

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	40 di 129

Tratta 1 Schema stratigrafico per la tratta da pk17+050 a pk 19+150			Spessore di riferimento [m] per WBS					
Strato	UG	Descrizione dei litotipi	RI02	VI01	RI03	SL01	VI02	RI04
1	Ra	Depositi antropici / rinterro superficiali (pk 18+435 a 18+520 circa, da pk 18+750 a pk 19+035 circa.	n.a.	0-3	0-1.5	1-1.5	0.5-1.5	0-2.0
2	b2	Depositi eluvio colluviali: limi argilloso sabbiosi con inclusi piroclastici ed elementi ghiaiosi. Strato superficiale presente tra le pk 17+250 e 17+340, tra pk 17+600 e 17+700, tra pk 19+035 e pk19+160.	0-1.5	n.a.	0-1	1	1-1.5	0-1.5
3	ba2	Depositi alluvionali attuali e recenti caratterizzati da sabbia, sabbia limosa e sabbia con limo, localmente intercalati da lenti argilloso limose, limo argillose (ba3) e ghiaioso sabbiose (ba1) di spessore variabile.	n.a.	0,5-2,5.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	ba3	Depositi alluvionali antichi fini caratterizzati da argille limose e limi argillosi, con locali intercalazioni di livelli sabbioso limosi (ba2)	0-7	4-6	0-5	n.a.	n.a.	n.a.
5	TGC2	Tufo Grigio Campano: piroclastiti sabbiose e sabbioso limose con inclusi di pomici e scorie, con lenti di spessore variabile di piroclastiti fini limoso argillose (TGC3).	12-23	11-15	15-22	16-17	16-17	13-17
6	MDL1	Unità di Maddaloni: ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa debolmente limosa, con locali livelli argillosi (MDL3).	4-11	10-12	12-21	19-20	21-23	>20
7	MDL3 / MDL2	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate intercalate (MDI3) a livelli sabbiosi e sabbioso limosi (MDL2) in reciproca eteropia di facies.	13-21	2.5-10	>10	>2	>5	>20

Tratta 1 Schema stratigrafico per la tratta da pk17+050 a pk 19+150			Spessore di riferimento [m] per WBS					
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	SL02	RI05	IN02	VI03	RI06	IV01
1	Ra	Depositi antropici / rinterro superficiali (pk 18+435 a 18+520 circa, da pk 18+750 a pk 19+035 circa.	n.a.	0-1	n.a.	n.a.	0-3	0.5-1
2	b2	Depositi eluvio colluviali: limi argilloso sabbiosi con inclusi piroclastici ed elementi ghiaiosi. Strato superficiale presente tra le pk 17+250 e 17+340, tra pk 17+600 e 17+700, tra pk 19+035 e pk19+160.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0-0.5	n.a.
3	ba2	Depositi alluvionali attuali e recenti caratterizzati da sabbia, sabbia limosa e sabbia con limo, localmente intercalati da lenti argilloso limose, limo argillose (ba3) e ghiaioso sabbiose (ba1) di spessore variabile.	n.a.	0-4	n.a.	0-3	0-8	n.a.



Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	41 di 129

Tratta 1 Schema stratigrafico per la tratta da pk17+050 a pk 19+150			Spessore di riferimento [m] per WBS					
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	SL02	RI05	IN02	VI03	RI06	IV01
4	ba3	Depositi alluvionali antichi fini caratterizzati da argille limose e limi argillosi, con locali intercalazioni di livelli sabbioso limosi (ba2)	n.a	0-5	n.a	n.a	0-9	9-11
5	TGC2	Tufo Grigio Campano: piroclastiti sabbiose e sabbioso limose con inclusi di pomici e scorie, con lenti di spessore variabile di piroclastiti fini limoso argillose (TGC3).	12-13	4-16	8-9 (TGC3)	10-15	0-20	
6	MDL1	Unita di Maddaloni: ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa debolmente limosa, con locali livelli argillosi (MDL3).	>20	12-25	11-13	8-9	8-10	9-10
7	MDL3 / MDL2	Unita di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate intercalate (MDI3) a livelli sabbiosi e sabbioso limosi (MDL2) in reciproca eteropia di facies.	>5	>5 (MDL3)	6-7 (MDL2) >3 (MDL3)	4-8 (MDL2) >15 (MDL3)	4-20 (MDL2) 5-20 (MDL3)	19-20 (MDL2) >5 (MDL3)

Tratta 1 Schema stratigrafico per la tratta da pk17+050 a pk 19+150			Spessore di riferimento [m] per WBS				
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	TR03	GA01	TR04	RI07	VI04
1	Ra	Depositi antropici / rinterro superficiali ascrivibili al rilevato esistente della SS 265 in corrispondenza della GA01.	6-7	0-7	n.a.	n.a.	n.a.
2	b2	Depositi eluvio colluviali: limi argilloso sabbiosi con inclusi piroclastici ed elementi ghiaiosi. Strato superficiale presente tra le pk 19+600 e 19+720 circa, tra la pk 19+765 e le pk 19+815, tra le pk 20+090 e la pk 20+474	n.a.	0-2	0-1	0-1	0-1
3	ba1	Depositi alluvionali attuali e recenti caratterizzati ghiaie poligeniche in matrice sabbioso limosa (ba1) di spessore variabile. (VI04).	n.a.	n.a.	0-7	5-9	0-9
4	TGC2	Tufo Grigio Campano: piroclastiti sabbiose e sabbioso limose con inclusi di pomici e scorie, con lenti di spessore variabile Tufi (TGC1).	14-16	14 -16	9-15	6-9	6-10
5	MDL1	Unita di Maddaloni: ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa debolmente limosa, con locali livelli argillosi (MDL3).	14-15	3-9	1-4	2-3	1-3
6	MDL3 / MDL2	Unita di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate intercalate (MDI3) a livelli sabbiosi e sabbioso limosi (MDL2) in eteropia di facies.	8 (MDL2) 16 (MDL3)	2.5-8 (MDL2) 1.5-18 (MDL3)	1-3 (MDL2) 2-18 (MDL3)	MDL3 >20	MDL3 >20

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	42 di 129

Tratta 1 - Schema stratigrafico per la tratta da pk 19+150 a pk 20+474			Spessore di riferimento [m] per WBS				
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	RI08	TR05	RI09	SL03	RI10
1	Ra	Depositi antropici / rinterro superficiali ascrivibili al rilevato esistente della SS 265 in corrispondenza della GA01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	b2	Depositi eluvio colluviali: limi argilloso sabbiosi con inclusi piroclastici ed elementi ghiaiosi. Strato superficiale presente tra le pk 19+600 e 19+720 circa, tra la pk 19+765 e le pk 19+815, tra le pk 20+090 e la pk 20+474	n.a.	0-2	1.5	1-2	n.a.
3	ba1	Depositi alluvionali attuali e recenti caratterizzati ghiaie poligeniche in matrice sabbioso limosa (ba1) di spessore variabile (VI04).	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	TGC2	Tufo Grigio Campano: piroclastiti sabbiose e sabbioso limose con inclusi di pomice e scorie, con lenti di spessore variabile Tufi (TGC1).	3-17 (2-8 TGC1)	11-13 (0-9 TGC1)	9 (2 TGC3)	7-12	3-17 (2-8 TGC1)
5	MDL1	Unità di Maddaloni: ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa debolmente limosa, con locali livelli argillosi (MDL3).	2-4	1-3	2	1-3	2-4
6	MDL3 / MDL2	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate intercalate (MDI3) a livelli sabbiosi e sabbioso limosi (MDL2) in eteropia di facies.	0-9 (MDL2) 5-30 (MDL3)	7-9 (MDL2) 6-25 (MDL3)	7 (MDL2) >20 (MDL3)	6-8 (MDL2) >6 (MDL3)	0-9 (MDL2) 5-30 (MDL3)

Nell'ambito della Tratta1, l'unità ba2 è intercettata dai sondaggi IF15V01, IF15R51, S-PE22, IF15V02, IF15V03, per spessori ridotti, eccetto che in IF15V01 e IF15V03. In tutto si dispone di n.3 valori di resistenza penetrometrica e n.3 determinazioni di  $\phi'$  e  $c'$  da prove di taglio diretto. Considerato il ridotto numero di determinazioni sperimentali e la variabilità orizzontale della formazione in esame, la caratterizzazione locale, sia in termini di resistenza, sia di rigidezza, farà riferimento agli intervalli caratteristici generali.

L'unità ba3 è stata identificata principalmente dai sondaggi IF15R51, S-PE22, IF15V02, IF15V04. Le stratigrafie di sondaggio e l'analisi del terreno estratto dai campioni indisturbati e rimangiati prelevati mostrano che l'unità è costruita da depositi fini, limoso argilloso, intercalati da lenti sabbiose di modesto spessore. La condizione è evidente in corrispondenza del viadotto VI01, tra le quote 37.5, e 35,5 dove i sondaggi IF15R51 e S-PE22 hanno intercettato dei livelli con frazione sabbiosa prevalente (unità b2), immersi in un banco limoso-argilloso (ba3). I campioni indisturbati estratti in SPE22 tra le quote indicate sono classificati come sabbia con limo e mostrano una resistenza a taglio associabile alla componente sabbiosa, non rappresentativa, quindi, dell'unità in esame. La sostanziale carenza di dati implica che i valori caratteristici per ba3 sono quelli indicati nella caratterizzazione generale.

Le prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'unità ghiaiosa MDL1 registrano sistematicamente il rifiuto strumentale, pertanto la resistenza a taglio è definita dai valori di caratterizzazione generale, con valore medio dell'angolo d'attrito di picco, pari a 40° (Figura 4). La rigidezza dell'unità MDL1, invece, è stimabile sulla base dei risultati di 4 prove sismiche in foro eseguite nei sondaggi S-PE22, S-PE1, S-PE04 ed S-PE23 che intercettano l'unità tra le profondità di 15 e 40m dal piano campagna (Figura 4). Le prove sono sostanzialmente equidistanti nell'ambito di una formazione intercettata, dai sondaggi eseguiti nella tratta in esame, mediamente al di sotto di 14 – 15m dal PC. I valori di  $E'_{op}$  sono compresi tra 250 e 400MPa. Per profondità minori di 15m dal PC la rigidezza è

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">43 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	43 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	43 di 129								

definita solo sulla base dei valori ottenuti da correlazione con SPT. L'intervallo caratteristico di rigidezza è pertanto  $E'_{op} = 100 - 300\text{MPa}$ , assumendo che il massimo sia la media dei valori stimati sul dato da prova sismica.

Per la caratterizzazione dell'unità sabbiosa MDL2 si dispone di 12 valori di  $N_{SPT}$ , di cui 7 a rifiuto. I restanti valori indicano un angolo di resistenza a taglio  $\phi' = 32-36^\circ$  (valore medio  $33^\circ$ ), in coerenza con l'intervallo di caratterizzazione generale. La rigidezza è definita dai valori di velocità da correlazione con SPT e da 2 prove DH (S-PE04 ed S-PE23). Le due prove DH forniscono valori molto differenti (200 e 600MPa) per cui si ritiene di indicare il limite superiore di 200MPa, a favore di sicurezza, nell'ambito dei limiti dell'intervallo di caratterizzazione generale.

Nella tratta in esame, la resistenza dell'unità MDL3 è rappresentata, in tensioni efficaci, dai risultati di n.3 prove di taglio diretto TD, una sola prova triassiale consolidata non drenata (TXCIU), con  $\phi' = 24 - 28^\circ$ ,  $c' = 24 - 30\text{kPa}$ , e 3 prove triassiali non consolidate non drenate (TXUU), con  $c_u = 160 - 250\text{kPa}$ . Gli intervalli caratteristici, sono riportati in **Tabella 7** coerenti con quelli ottenuti nella caratterizzazione generale. Per la rigidezza, i valori disponibili (**Figura 6**) confermano l'intervallo di caratterizzazione generale.

La resistenza a taglio dell'unità sabbiosa TGC2, si basa su 4 prove di taglio diretto che danno valori di resistenza  $\phi' = 27 - 35^\circ$ ,  $c' = 6 - 9\text{kPa}$  e 56 valori di SPT (**Figura 7**) che definiscono un intervallo di valori di angolo di resistenza a taglio (5to, 95mo percentile, della serie dati della tratta in esame),  $\phi' = 32 - 38^\circ$ , con mediana  $\phi' = 35^\circ$ . I dati disponibili sono coerenti con l'intervallo di caratterizzazione generale, assunto, quindi, per la caratterizzazione locale e riportato in **Tabella 7**. La rigidezza, da SPT e da prove in foro DH (**Figura 7**) varia nell'intervallo  $E'_{op} = 35 - 150\text{MPa}$ .

UG	$\gamma$	$\phi'$	$c'$	$c_u$	$E'_{op}$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]
Ra	20	35	0		35
ba1	19-22	38-42	0		50-100
ba2	17-21	31 - 35	0		25-55
ba3	19-20	24-27	0-5	50-150	20-90
MDL1	18-22	39-41	0		100 - 300
MDL2	18,5-20.5	32-35	0		60 - 200
MDL3	18-21	24 - 27	24 - 30	160-280	60 - 200
TGC1	Stessi parametri di TGC2				
TGC2	15 - 18.5	32 - 35	0 - 8		35 - 150

**Tabella 7 - Sintesi dei parametri geotecnici operativi della Tratta 1**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	44 di 129

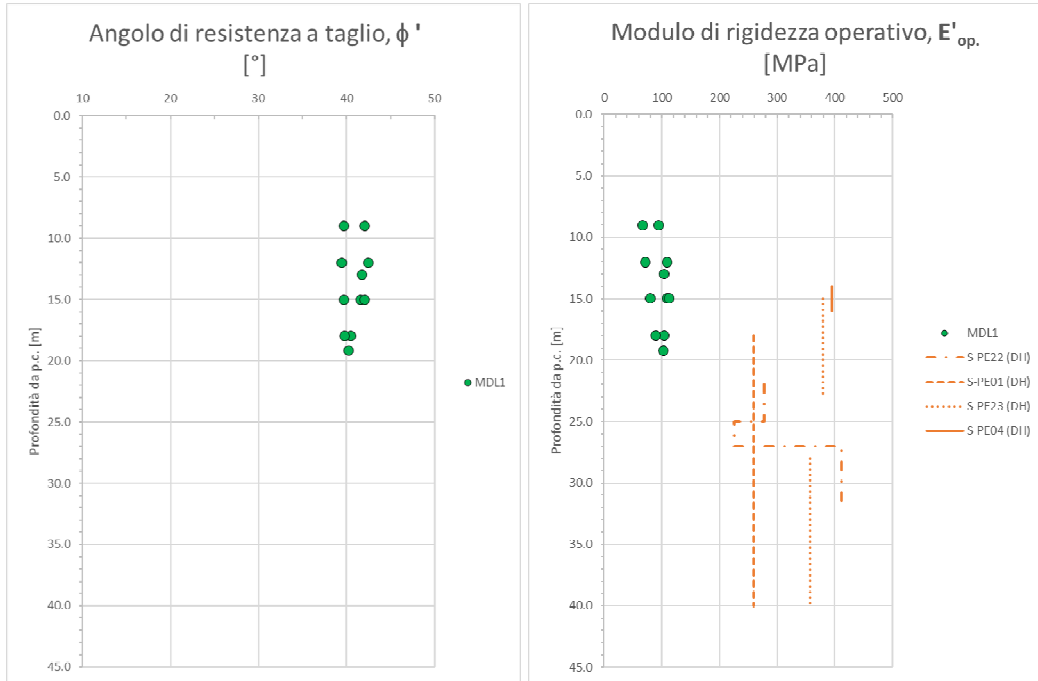


Figura 4 – Tratta 1, MDL1:  $\phi'$  da SPT,  $E'_{op}$  da SPT e DH

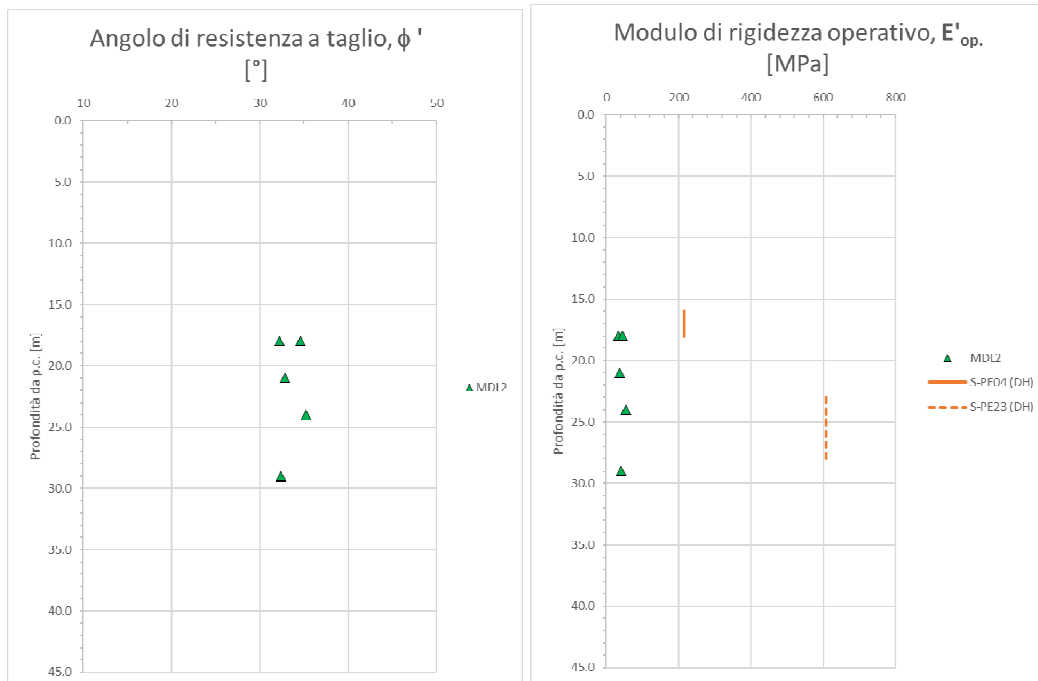


Figura 5– Tratta 1, MDL2:  $\phi'$  da SPT,  $E'_{op}$  da SPT e DH

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	45 di 129

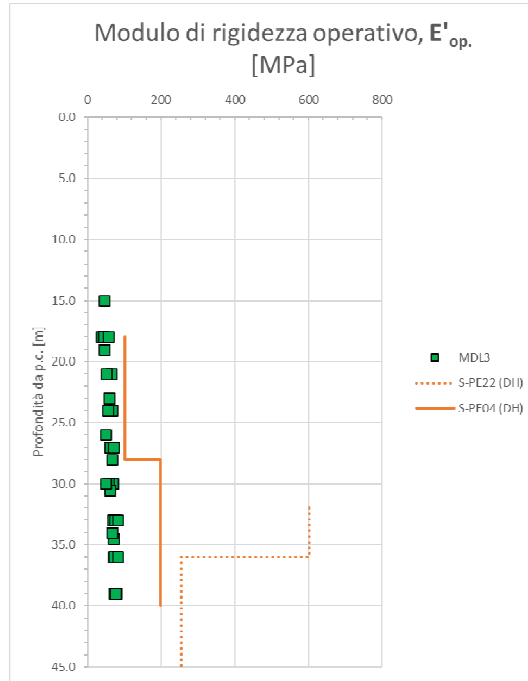


Figura 6 – Tratta 1, MDL3:  $E'_{op}$  da SPT e DH

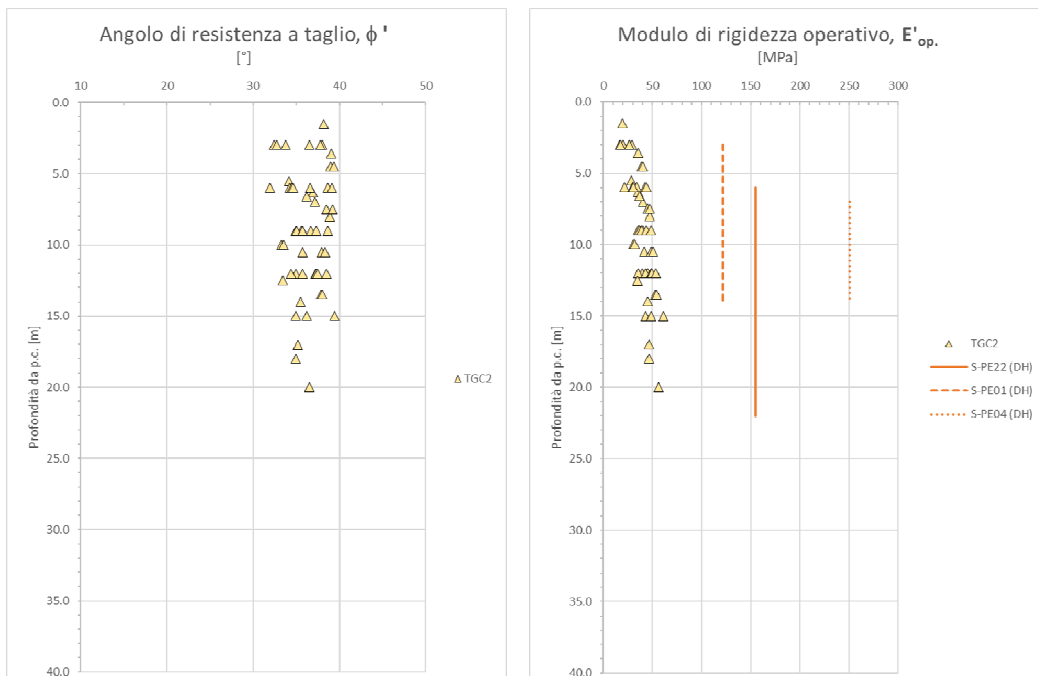


Figura 7 - Tratta 1, TGC2:  $\phi'$  da SPT,  $E'_{op}$  da SPT e DH

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	46 di 129

## 8.4 TRATTA 2: DA PK 20+474 (SPALLA 1 - VI05) A 21+050 (P19 - VI05)

La tratta in esame si estende per 576m dalla progressiva 20+474 coincidente con la spalla S1 del viadotto Calore (VI05) fino alla progressiva 21+050 coincidente con la pila 19 del viadotto Calore. È un settore ristretto che si caratterizza per un contesto geologico - geotecnico locale omogeneo e per questo considerato rappresentativo di questa porzione del viadotto Calore.

Il viadotto presenta altezze variabili, generalmente comprese tra i 9 e i 18m. Il dislivello massimo si misura lungo l'alveo del fiume Calore.

WBS	PK DI RIFERIMENTO		L [m]	OPERA	H <sub>max</sub> pile
	da[km]	a[km]			[m]
VI05	20+474	21+050		Viadotto	9

**Tabella 8 - Principali WBS incluse nella Tratta 2.**

### 8.4.1 - INDAGINI DI RIFERIMENTO;

Le indagini di riferimento per l'area in esame includono i seguenti sondaggi e prove in situ

Tipo di indagine	Codici
<i>Sondaggi a carotaggio continuo</i>	IF15V07; S-PE5; S-PE6; S-PE7; S-PE7bis; S17; S-PE8; S-PE9; PNIF32V02; S-PE10; (S125 - non disponibile); S-PE11; SPE12
<i>Piezometri</i>	IF15V07; S-PE5; S-PE6; S-PE7; S-PE7bis; S-PE8; S-PE9; PNIF32V02; S-PE10; S-PE11; SPE12
<i>Prove penetrometriche statiche</i>	-
<i>Indagini geofisiche (MASW, Rifrazione, Down Hole (DH))</i>	S-PE5 DH; MASW PE01, MASW2; MASW-PE02

**Tabella 9– indagini di riferimento per la Tratta 2**

Lungo le verticali di sondaggio sono state realizzate prove SPT ogni 3m di perforazione, prove di permeabilità di tipo Lefranc in particolare nelle tratte interessate dal piano di fondazione dei plinti, il prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati per le prove di classificazione e resistenza meccanica.

### 8.4.2 - DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

Il modello geologico stratigrafico dell'area è caratterizzato dalla presenza di un orizzonte superficiale di depositi alluvionali attuali e recenti ascrivibili a processi erosivi e deposizionali del fiume Calore. Le numerose indagini realizzate in corrispondenza degli appoggi delle pile, hanno permesso di identificare la seguente stratigrafia tipo:

- un primo livello di depositi prevalentemente in facies sabbioso e sabbioso limosa (ba2) localmente in eteropia di facies con lenti di argille e argille limose (ba3) presenti in corrispondenza della P1 del viadotto. Spessore variabile da 1 a 8m.
- un secondo livello di alluvioni grossolane in facies ghiaiosa (ba1) di potenza variabile da 3 (S-PE6) a 13m (S-PE12).

**Relazione geotecnica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	47 di 129

- Un terzo livello di ceneri sabbiose e sabbioso limose con pomici e scorie (TGC2) presenti nella prima parte della tratta tra la spalla S1 e la P1 del viadotto circa.
- Un ultimo livello stratigrafico caratterizzato dalla presenza delle unità di Maddaloni (MDL) in prevalente facies argillosa (MDL3) con locali lenti sabbiose (MDL2) e ghiaiose (MDL1) di modesto spessore. Il contatto tra i depositi alluvionali e le unità di Maddaloni si attesta tra le quote 21 e 26m s.l.m..

Dal punto di vista idrogeologico le letture piezometriche disponibili indicano la presenza di una falda freatica interna ai depositi alluvionali recenti, compresa tra le quote 33 e 35 m s.l.m.. Le letture piezometriche delle verticali di monitoraggio installate nella fase di PE (n.2-4 per verticale) riferiscono principalmente al periodo dicembre 2019 – gennaio 2020. Dei piezometri di PD si dispone di n.6 letture per il piezometro IF15V07 (marzo – agosto 2017) e di una sola lettura del piezometro PNIF32V02 (aprile 2007). I dati strumentali delle letture registrano i seguenti valori massimi e minimi.

Piezometro	H <sub>max</sub> [m s.l.m..]	h <sub>min</sub> [m s.l.m..]	Differenza H <sub>max</sub> -h <sub>min</sub> [m]
IF15V07	35,07	34,57	0,50
S-PE5	33,95	33,59	0,36
S-PE6	33,88	33,19	0,69
S-PE7	33,31	32,75	0,56
S-PE7bis	33,33	32,96	0,37
S-PE8	33,79	33,73	0,06
S-PE9	33,90	33,66	0,24
PNIF32V02	34,60	34,60	
S-PE10	34,44	33,79	0,65
S-PE11	34,57	33,82	0,75
SPE12	35,03	34,28	0,75

**Tabella 10– Letture massime e minime in quote assolute (m s.l.m.) dei livelli di falda nei piezometri di riferimento della Tratta 2**

La maggioranza dei dati a disposizione è relativa alla fase di PE, dove le letture ad oggi disponibili non permettono di apprezzare la reale escursione della falda in relazione ai periodi di piena. In questo scenario è ragionevole assumere una condizione di ricarica dall'alveo del fiume (normalmente in condizione drenante) che potrebbe causare un innalzamento temporaneo del livello di falda sulle aree sia in destra che sinistra orografica.

Per tali motivi, la quota di riferimento della falda per la fase di costruzione (breve termine) e per il lungo termine (falda di progetto) dovranno considerare un valore incrementale (minore pe il breve termine, maggiore pe il lungo termine) basato sugli studi idraulici da applicare al livello massimo individuato dagli elaborati progettuali (profilo geologico e idrogeologico). Per i valori di calcolo si rimanda alla specifica relazione geotecnica del viadotto.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 48 di 129

### 8.4.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 2

All'interno della tratta in oggetto si possono indentificare due sotto-zone caratterizzate dalle seguenti stratigrafie di riferimento:

Tratta 2 Schema stratigrafico per la tratta da pk 20+474 a pk 20+570 (pile da P1 a P19 inclusa)			
Strato	Spessore [m]	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi
1	0-1,5	b2	Depositi eluvio colluviali: limi argilloso sabbiosi con inclusi piroclastici ed elementi ghiaiosi
2	1-8	ba2 (ba3)	Depositi alluvionali attuali e recenti sabbie e limi sabbiosi (ba2) con locali intercalazione di livelli argilloso limosi (ba3)
3	1-9	ba1	Depositi alluvionali attuali e recenti ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi con locali intercalazioni di lenti francamente sabbiose (ba2)
4	0-9	TGC2	Tufo Grigio Campano: piroclastiti sabbiose e sabbioso limose con inclusi di pomice e scorie
5	>20	MDL3	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate e locali intercalazioni di lenti sabbiose (MDL2) e ghiaiose (MDL1)

Tratta 2 Schema stratigrafico per la tratta da pk 20+570 a pk 21+050 (da pile P20 a P24 inclusa)			
Strato	Spessore [m]	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi
1	1-6	ba2 (ba3)	Depositi alluvionali attuali e recenti sabbie e limi sabbiosi (ba2) con locali intercalazione di livelli argilloso limosi (ba3)
2	9-13	Ba1	Depositi alluvionali attuali e recenti sabbie e limi sabbiosi (ba2) con locali intercalazione di livelli argilloso limosi (ba3)
3	>20	MDL3	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate e locali intercalazioni di lenti sabbiose (MDL2) e ghiaiose (MDL1)

I sondaggi indicati intercettano le unità geotecniche ba1, ba2, ba3, TGC2, MDL1, MDL2 ed MDL3.

In coerenza con l'approccio seguito nella caratterizzazione geotecnica generale i parametri di resistenza delle unità incoerenti sono stati ricavati solo dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche (SPT), considerata la mancanza di campioni indisturbati. Per le unità coesive, invece, si dispone dei risultati delle prove meccaniche di laboratorio su campioni indisturbati.

Nell'ambito della tratta in esame, l'unità geotecnica TGC2 è stata intercettata dai sondaggi IF15V07 ed S-PE5 per un totale di 4 valori di NSPT. Considerata, la scarsa rappresentatività statistica del numero di dati, si assumono per questa tratta gli intervalli caratteristici determinati dalle analisi sui dati di pertinenza della tratta precedente.

Per l'unità incoerenti ba1, ba2 non è possibile indicare un andamento con la profondità dei valori di  $\phi'$  da SPT, quindi si riportano di seguito i grafici per un rapido riscontro della variabilità nell'ambito degli intervalli caratteristici indicati in **Tabella 11**.

La rigidità della formazione ba1 è caratterizzata da valori di  $E'_{op}$  linearmente crescenti con la profondità, nell'ambito dell'intervallo della caratterizzazione generale, indicato in **Tabella 11**, l'andamento è confermato anche dai risultati delle prove sismiche MASW disponibili (**Figura 8**).



  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">49 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	49 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	49 di 129								

La rigidezza della formazione sabbiosa ba2 è definita, invece, solo dai valori ottenuti da SPT, che rientrano nell'intervallo della caratterizzazione generale. Si può considerare un andamento linearmente crescente con la profondità (**Figura 9**).

Per l'unità ba3, si dispone di una sola determinazione di resistenza penetrometrica, pertanto si assume l'intervallo generale di  $\phi'$ , caratteristico dell'intera formazione.

L'unità ghiaiosa MDL1 è intercettata solo dal sondaggio IF15V07, che alle profondità di rinvenimento non riporta valori di SPT. Si assume, pertanto, l'intervallo generale di valori.

L'unità sabbiosa MDL2 è caratterizzata in base alle sole resistenze penetrometriche, mostrando, su un totale di 6 misure, un intervallo di valori di angolo di resistenza attaglio incluso in quello della caratterizzazione generale. I valori di  $E'_{op}$ , definiti in base ai risultati della prova DH disponibile, confermano i valori ricavati dall'interpretazione delle SPT per le profondità tra 18 e 25m. L'intervallo operativo, definito dalla DH è 60-140Mpa (**Figura 10**)

L'unità argillosa profonda MDL3 è stata caratterizzata essenzialmente sulla base dei risultati delle 8 prove triassiali consolidate, isotropicamente non drenate (TX-CIU), eseguite sui campioni estratti dai sondaggi S-PE6, S-PE7, S-PE7bis, S-PE8, PNIF32V02. Gli intervalli di valori di angolo di resistenza a taglio  $\phi'$ , coesione efficace,  $c'$ , e coesione non drenata,  $c_u$ , rientrano sostanzialmente in quelli di caratterizzazione generale. Nell'ambito delle determinazioni eseguite sui campioni indisturbati ricadenti nella tratta in esame, la coesione efficace assume valori compresi tra la mediana (30kPa) e il percentile superiore (**Figura 11**). In **Figura 12**, si richiama l'andamento generale di  $c_u$ , con la profondità (ref. **ALLEGATO A**), evidenziando i valori ottenuti dalle prove condotte nell'ambito della tratta in esame. La rigidezza operativa segue l'andamento definito sulla base dei valori di SPT, crescente con la profondità, con valori coerenti con quelli definiti dalla prova DH (**Figura 13**). Le prove in foro, tuttavia, rappresentano il dato di maggiore affidabilità, che condiziona il massimo dell'intervallo caratteristico, pertanto, si conferma un intervallo  $E'_{op} = 60 - 200\text{MPa}$ , col massimo assunto a profondità maggiori di 40m. Tra le profondità di 10 e 35m i valori sono compresi nell'intervallo 60-150MPa.

UG	$\gamma$	$\phi'$	$c'$	$c_u$	$E'_{op}$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[ ° ]	[kPa]	[kPa]	[MPa]
Ra	20	35	0		35
ba1	19-22	38-42	0		50-100
ba2	17-21	31-35	0		20-40
ba3	19-20	24-27	0-5	50-215	20-90
TGC2	15-18.5	32-35	0-8		34-250
MDL1	18-22	38-41	0		105-420
MDL2	18,5-20.5	32-37	0		<b>60-140</b>
MDL3	18-21	24-27	30-40	160-290	<b>60-200</b>

**Tabella 11 – Sintesi dei parametri geotecnici operativi della Tratta 2**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	50 di 129

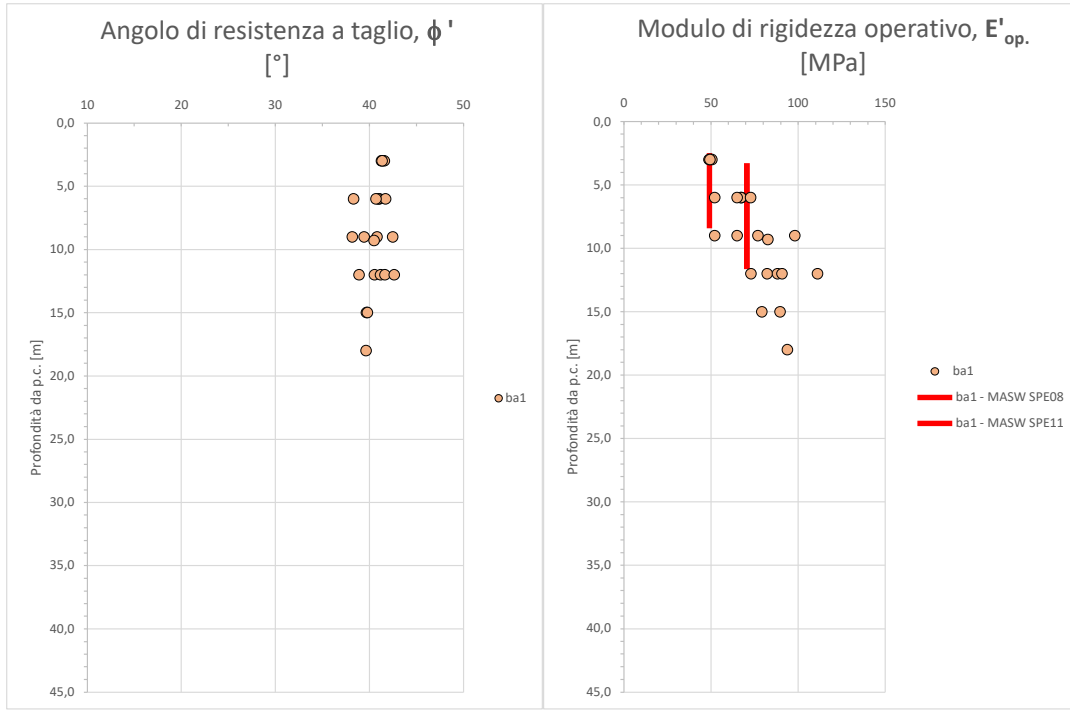


Figura 8 – Tratta 2, unità ba1:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT e da sismiche MASW

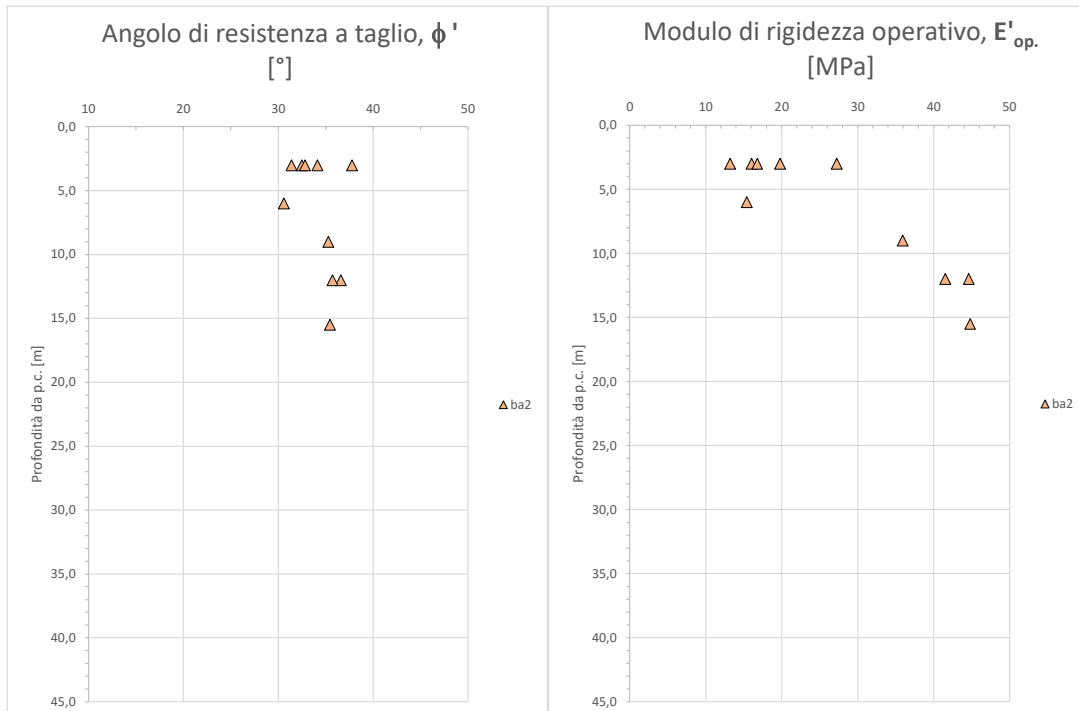


Figura 9 - Tratta 2, unità ba2:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	51 di 129

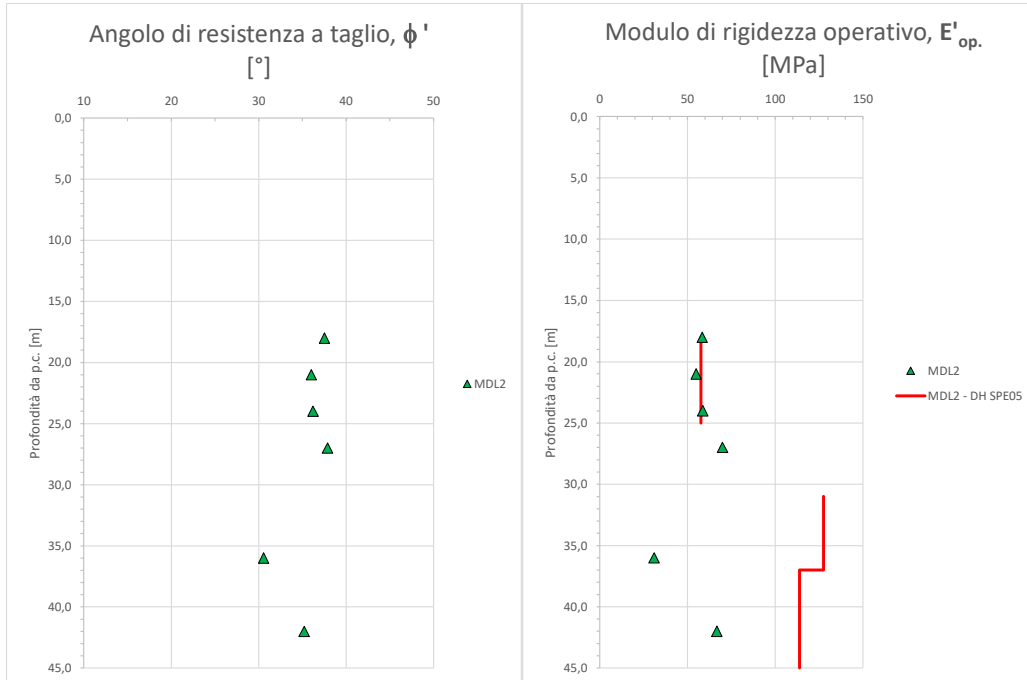


Figura 10 - Tratta 2, unità MDL2:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT e da sismiche DH

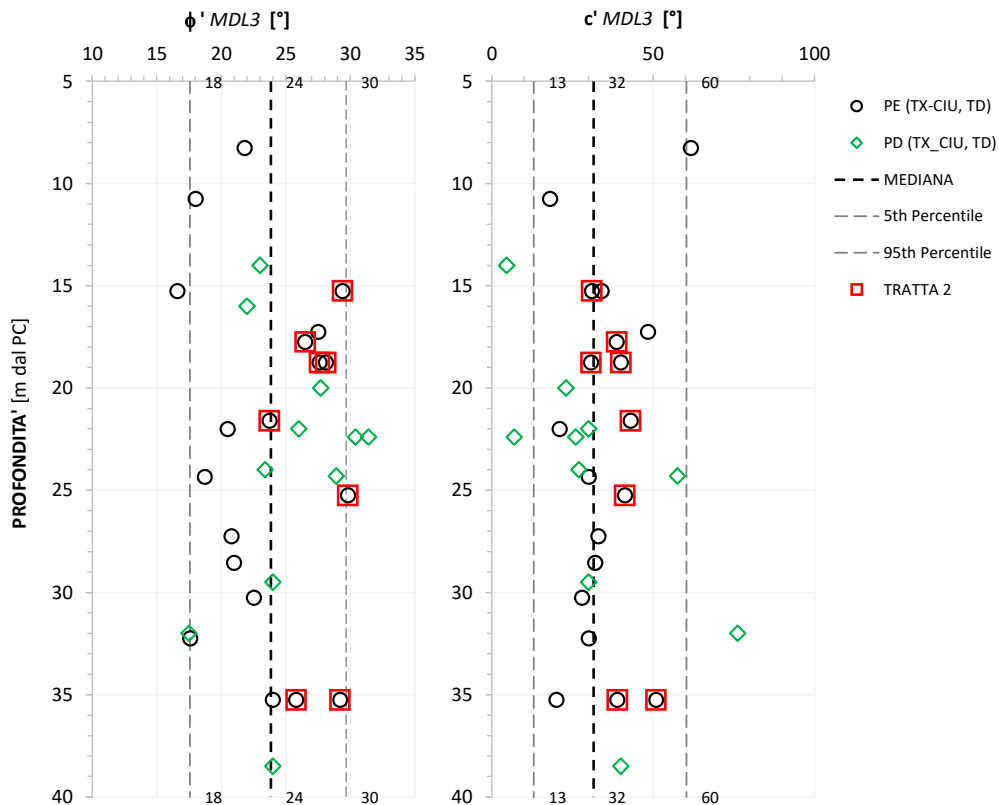


Figura 11 - Tratta 2, unità MDL3:  $\phi'$  e  $c'$  da prove su campione (TD, TXCIU)  
I percentili si riferiscono alla serie dati di tutte le determinazioni sperimentali disponibili per l'intera linea

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	52 di 129

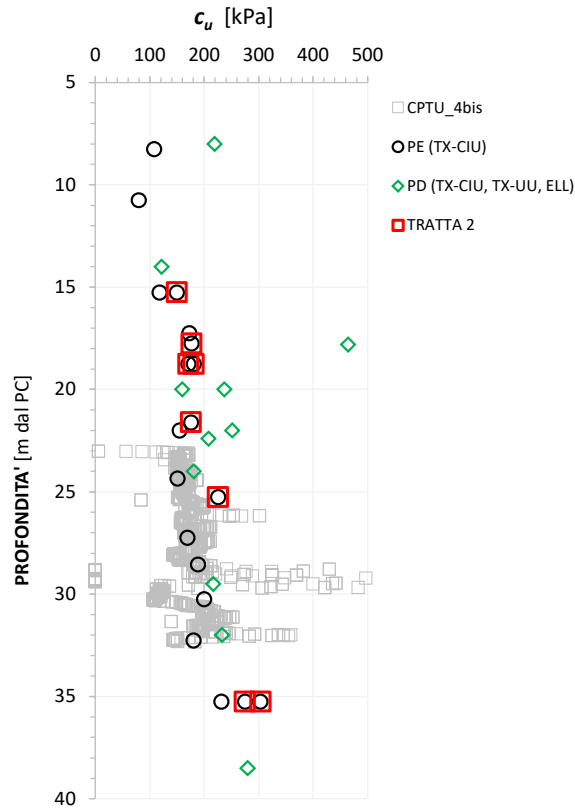


Figura 12 - Tratta 2, unità MDL3:  $c_u$  da prove su campione (TXCIU, TXUU)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	53 di 129

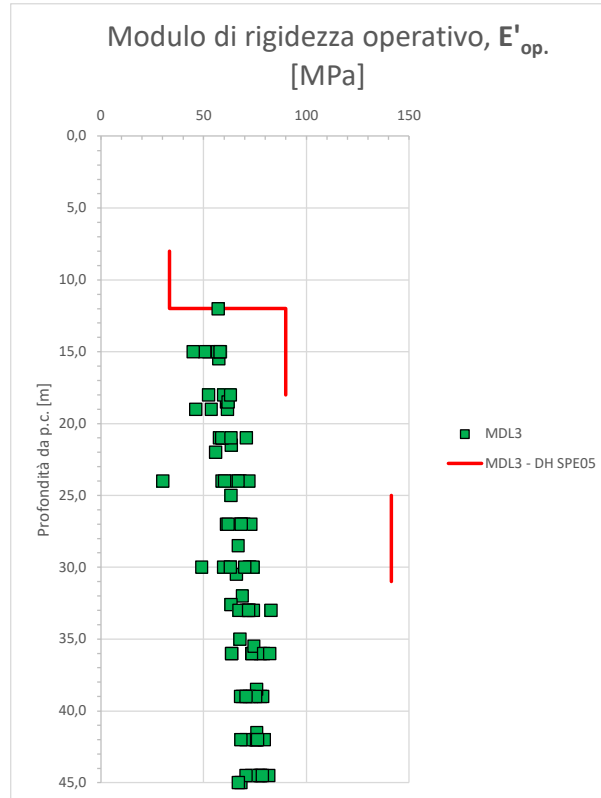


Figura 13– Tratta 2, unità MDL3: modulo elastico operativo da SPT e da sismiche DH

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">54 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	54 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	54 di 129								

## 8.5 TRATTA 3 DA PK 21+050+ A 22+250

La tratta in esame si estende per circa 1,200km dalla progressiva 21+050 (pila 19 del viadotto calore) fino alla pk 22+250 coincidente con l'imbocco della galleria artificiale GA02. Sebbene relativamente esteso, questo settore si caratterizza per un contesto geologico - geotecnico locale omogeneo, e per questo considerato rappresentativo delle opere principali che ricadono in questa tratta.

I rilevati si estendono per una lunghezza massima totale di circa 990m ed un'altezza massima di 9m (RI11). La parte iniziale della tratta è caratterizzata per la presenza della parte terminale del VI05, per una lunghezza di circa 190m ed una altezza massima di 9m, c'è poi un ponte ferroviario (VI06) con lunghezza di 12m.

All'interno della tratta poi sono incluse una serie di barriere foniche (da BA16 a BA23, inclusi) per un totale di circa 947m di barriere (sia in destra che in sinistra), inoltre c'è l'elemento NV06 (nuova viabilità) che si innesca lungo il tracciato alla pk 22+100.

WBS	PK DI RIFERIMENTO			OPERA	H <sub>max</sub> rilevato/trincea
	da[km]	a[km]	L [m]		[m]
VI05	21+050	21+240	190	viadotto	
RI11	21+240	21+892	652	rilevato	≈9m
SL04	21+900			sottovia	
RI12	21+907	22+142	235	rilevato	≈6.5m
FV01	21+950			fermata Amorosi	
VI06	22+142	22+154	12	ponte ferroviario (Santa Marta)	
RI13	22+164	22+267	103	rilevato	≈6m

**Tabella 12– Principali WBS incluse nella Tratta 3**

Lungo le verticali di sondaggio sono state realizzate prove SPT ogni 3m di perforazione, prove di permeabilità di tipo Lefranc, il prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati per le prove di classificazione e resistenza meccanica.

### 8.5.1 - INDAGINI DI RIFERIMENTO

Le indagini di riferimento per l'area in esame includono i seguenti sondaggi e prove in situ

Tipo di indagine	Codici
<i>Sondaggi a carotaggio continuo</i>	D6bis, S-PE13, S-PE14, IF15R54, IF15P08, S-PE15; D8
<i>Piezometri</i>	S-PE13, S-PE14, IF15R54, IF15P08, S-PE15, D8
<i>Prove penetrometriche statiche</i>	CPTU-PE1, CPTU3, CPTU-PE8, CPTU4, CPTU-PE2, CPTU-PE3
<i>Indagini geofisiche (MASW, Rifrazione, Down Hole (DH))</i>	S-PE14 DH; S-PE15DH; MASW - AREA D8

**Tabella 13– Indagini di riferimento per la Tratta 3.**

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 55 di 129

## 8.5.2 DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

Dal punto di vista geologico, il tracciato in esame attraversa in questa tratta, i depositi alluvionali antichi, in facies prevalentemente argillosa (bc3), alle quali si intercalano lenti di limi sabbiosi (bc2) e ghiaie sabbiose (bc1). In prossimità del VI06 i depositi alluvionali antichi sono parzialmente coperti dai depositi di origine antropica (Ra) e dai depositi eluvio-colluviali (b2). Le alluvioni antiche poggiano, nel tratto iniziale, su una lente di ridotto spessore dei depositi sabbioso-limosi del Tufo grigio Campano (TGC2) di modesta continuità laterale, che a loro volta si trovano in contatto discordante sui depositi ghiaioso-sabbiosi (MDL1) e sui depositi sabbiosi-limosi dell'Unità di Maddaloni (MDL2). L'unità geotecnica più profonda della tratta è rappresentata dai limi argillosi dell'unità di Maddaloni (MDL3).

Per quanto riguarda l'andamento della superficie piezometrica, le letture delle verticali di monitoraggio disponibili attestano la presenza di una falda freatica interna ai depositi alluvionali antichi compresa tra le quote di circa 35 e 38 m s.l.m.. Le letture dei piezometri installati nella fase di PE (n.2-4 per verticale) riferiscono principalmente al periodo dicembre 2019 – gennaio 2020. Dei piezometri di PD in alcuni casi si dispone di una frequenza più estesa del monitoraggio, estesa da aprile 2015 (D8) a gennaio 2020, con un numero massimo di n.31 letture per il sondaggio D8.

I dati strumentali disponibili sono riassunti nella tabella a seguire.

Piezometro	H <sub>max</sub> [m s.l.m.]	h <sub>min</sub> [m s.l.m.]	Differenza H <sub>max</sub> -h <sub>min</sub> [m]
S-PE13	35,30	34,50	0,80
S-PE14	35,49	34,59	0,90
IF15R54	35,95	34,22	1,73
IF15P08	38,38	36,69	1,69
S-PE15	37,37	36,64	0,73
D8	38,02	36,05	1,97

**Tabella 14 - Letture massime e minime in quote assolute (m s.l.m.) dei livelli di falda nei piezometri di riferimento.**

L'escursione della falda in questa tratta è apprezzabile dall'analisi del piezometro D8 (dati a disposizione dal 2015, seppur in maniera discontinua) che evidenzia un valore di circa 2m, con i valori massimi nel periodo invernale-primaverile. Questi dati, inoltre, evidenziano cicli pluriennali di precipitazione come si può desumere dai valori massimi raggiunti nell'inverno 2015 e in quello del 2020.

La quota di riferimento della falda a breve termine (fase costruttiva) coincide con il livello massimo misurato nei piezometri della tratta (livello riportato nei profili di progetto). Per la falda a lungo termine (verifiche di progetto) assunto nei calcoli si faccia riferimento alla relazione specifica della WBS.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">56 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	56 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	56 di 129								

### 8.5.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 3

All'interno della tratta in oggetto si possono identificare le seguenti stratigrafie di riferimento.

Tratta 3 Schema stratigrafico per la tratta da pk21+050 (manufatto a farfalla) a pk 21+240 (S2 VI05)			Spessore di riferimento [m] per WBS
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	VI05
1	bc2	Depositi alluvionali antichi caratterizzati da sabbia, sabbia limosa e sabbia con limo, localmente con lenti di modesto spessore di argilla limosa e limo argilloso (bc3).	5.5-7.5
2	MDL1	Unità di Maddaloni: ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa debolmente limosa.	6.5-12.5
3	MDL2	Unità di Maddaloni: lenti sabbiose e sabbioso limose di estensione e spessore variabile intercalata tra la facies ghiaiosa ed argillosa dell'unità.	0-7
4	MDL3	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate e locali intercalazioni di lenti sabbiose e sabbioso limose (MDL2).	>20

Tratta 3 Schemi stratigrafici per la tratta da pk21+240 (S2 - VI05) a pk21+950 (FV01- Fermata Amorosi)			Spessore di riferimento [m] per WBS			
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	RI12	FV01	VI06	RI13
1	Ra	Depositi antropici / rinterro superficiali presente in corrispondenza del VI06	0-3	n.a	0-3	n.a
2	b2	Depositi eluvio colluviali: limi argilloso sabbiosi con inclusi piroclastici ed elementi ghiaiosi. Strato superficiale presente tra le pk 22+160 e 22+250.	n.a.	n.a	0-0.5	0-1.5
3	bc3	Depositi alluvionali antichi fini caratterizzati da argille limose e limi argillosi.	0.5-4.5	4.3	0-3	0-3
4	bc2	Depositi alluvionali antichi caratterizzati da sabbia, sabbia limosa e sabbia con limo, localmente con lenti di spessore variabile di argilla limosa e limo argilloso (bc3).	1.5-6.5	1.5	5-6	0-6
5	bc1	Depositi alluvionali antichi caratterizzati ghiaie in matrice sabbiosa debolmente limosa poco addensate	0-8	n.a	6-8.5	0-6.5
6	MDL2	Unità di Maddaloni: lenti sabbiose e sabbioso limose di estensione e spessore variabile intercalata tra la facies ghiaiosa ed argillosa dell'unità.	2-16 (0-6.0 MDL1)	14 (6.0 MDL1)	2	7-22 (2-4.5 MDL1)
7	MDL3	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate e locali intercalazioni di lenti sabbiose e sabbioso limose (MDL2) e ghiaioso sabbiose anche di spessore metrico (MDL1).	8-15.5	>15	MDL3 >5m MDL1:6-8)	0-6.5

I sondaggi indicati intercettano le unità geotecniche b2, bc1, bc2, bc3, TGC2, MDL1, MDL2 ed MDL3.

L'unità b2 è localizzata in prossimità del pendio in cui si innesta l'imbocco sud della galleria artificiale GA02. Non essendo intercettata da sondaggi recenti, per questa unità geotecnica si riportano gli intervalli caratteristici individuati nella caratterizzazione generale.

L'unità bc1 è intercettata dal solo sondaggio S-PE15. Si dispone di 2 valori di  $N_{SPT} = 16, 20$  colpi, che indicano una ghiaia poco addensata ( $Dr = 38-40\%$ ). La carenza di dati implica l'assunzione degli intervalli caratteristici generali



	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 57 di 129

L'unità bc2 è intercettata dai sondaggi D6bis, S-PE13, S-PE14, IF15R54, IF15P08, S-PE15 e dalle prove penetrometriche statiche CPTU-PE8, CPTU4, CPTU-PE2, CPTU-PE3. L'angolo di resistenza a taglio calcolato da correlazione con SPT varia nell'intervallo  $\phi' = 31-35^\circ$ . Con riferimento a quanto discusso al paragrafo 7.7, le prove CPTU tendono a sovrastimare l'angolo di resistenza a taglio indicando valori variabili tra  $36-45^\circ$  (**ALLEGATO A**). Pertanto, in coerenza con la caratterizzazione generale, si assume che l'intervallo di riferimento sia quello definito dai valori di  $N_{SPT}$ . I valori di  $E'_{op}$  ricavati da correlazione con SPT si raccordano con quelli ottenuti dai risultati delle prove sismiche di superficie (MASW-D6bis, **Figura 14**), per profondità dal piano campagna minori di 3.0m, indicando un valore medio di 20MPa. Per profondità maggiori, fino al limite inferiore di rinvenimento della formazione, localizzato mediamente a circa 8m dal PC, le prove down-hole S-PE14DH ed S-PE15DH indicano valori compresi tra 40 e 65MPa. In particolare, la SPE14DH indica  $E'_{op} = 40MPa$  a partire da una profondità di 2m dal PC. L'interpretazione delle CPTU, invece, fornisce valori sempre maggiori di 65MPa, che, in coerenza con quanto discusso al paragrafo 7.7, definisce il limite superiore dell'intervallo operativo generale di  $E'_{op}$ . Attesa la minore attendibilità dei valori stimati per correlazione con SPT e considerata l'incidenza dei dati da prove DH, maggiormente attendibili rispetto a quelli ottenuti da sismiche di superficie (MASW), si conferma la scelta operata per la caratterizzazione generale, indicando un intervallo  $E'_{op} = 30-65MPa$ .

La maggioranza delle prove in situ e la totalità delle prove di laboratorio utilizzate per la caratterizzazione dell'unità argillosa bc3 sono state eseguite nell'ambito della tratta in esame. Pertanto, si assumono validi gli intervalli di caratterizzazione sviluppati nella trattazione generale (paragrafo 7.8). Anche in questo caso, la rigidità  $E'_{op}$  è fortemente condizionata dai risultati delle elaborazioni su prove CPTU. I valori di  $E'_{op}$  ottenuti dai pochi dati penetrometrici SPT (n. 5 valori di  $N_{SPT}$ ) concordano con i valori ottenuti da sismiche di superficie (**Figura 15**), indicando un minimo pari a 30MPa, in accordo con la caratterizzazione generale.

L'unità TGC2 compare solo in una sottile lente tra le pk 21+270 e 21+480, in corrispondenza del sondaggio IF15R54. Mancando di un numero di dati significativo, si assumono gli intervalli della caratterizzazione generale.

L'unità MDL1 è individuata dai sondaggi S-PE13, S-PE14, S-PE15 ed IF15R54; si dispone di 14 valori di  $N_{SPT}$  di cui 7 a rifiuto. I restanti valori indicano  $\phi' = 40-41^\circ$ , coerente col limite superiore dell'intervallo generale. Nell'ambito dell'intervallo di profondità di rinvenimento dell'unità (6 – 12m dal PC), il minimo della rigidità operativa è associato ai valori ottenuti da SPT, ed il massimo a quelli stimati da prove DH (S-PE14DH e 15DH), con valori compresi tra 350 e 400Mpa, prossimi al limite superiore dell'intervallo generale (**Figura 16**).

L'unità MDL2 è intercettata dai sondaggi IF15P08 e D8. Si dispone di 6 valori di  $N_{SPT}$  di cui 2 a rifiuto. Non si dispone di prove di laboratorio su campione indisturbato. Le prove sismiche S-PE15DH intercetta l'unità in esame tra 15 e 20m di profondità dal piano campagna indicando  $E = 180MPa$  (**Figura 17**), Pertanto si assumono validi i parametri della caratterizzazione generale, restringendo il campo di  $E'_{op}$  al valore misurato.

L'unità argillosa MDL3 è individuata dai sondaggi S-PE13, S-PE14 e D6bis. Si dispone di 4 campioni indisturbati; le prove TX-CIU e TD eseguite indicano valori di  $\phi' = 22-24^\circ$  e  $c' = 27-40kPa$  coerenti con gli intervalli di caratterizzazione generale. La rigidità, stimata a partire dai risultati delle prove DH disponibili (S-PE14DH ed S-PE15DH), varia nell'intervallo  $E'_{op} = 150-350MPa$ , mentre i valori derivanti dall'interpretazione delle SPT si attestano su un valore medio di 65 MPa associabile al minimo dell'intervallo caratteristico (**Figura 18**). Considerata la singolarità del valore massimo definito dalle prove DH, si indica come limite superiore dell'intervallo caratteristico quello definito dalla caratterizzazione generale ( $E'_{op} = 200MPa$ ).

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	58 di 129

UG	$\gamma$		$\phi'$	$c'$	$c_u$	$E'_{op}$
	[kN/m <sup>3</sup> ]		[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]
b2	19		23-25	0-5		(24-60)
bc1	19		38-42	0		60-154
bc2	18-19.5		31-35	0		30-65
bc3	18-20		19-24	13-28	50-120	30-70
TGC2	15-18,5		32-35	0-8	--	34-250
MDL1	18-22		40-41	0		100-400
MDL2	18,5-20.5		<b>32-37</b>	0		<b>60-180</b>
MDL3	18-21		<b>24-27</b>	10-40	120-300	<b>60-200</b>

Tabella 15 – Sintesi dei parametri geotecnici operativi della Tratta 3

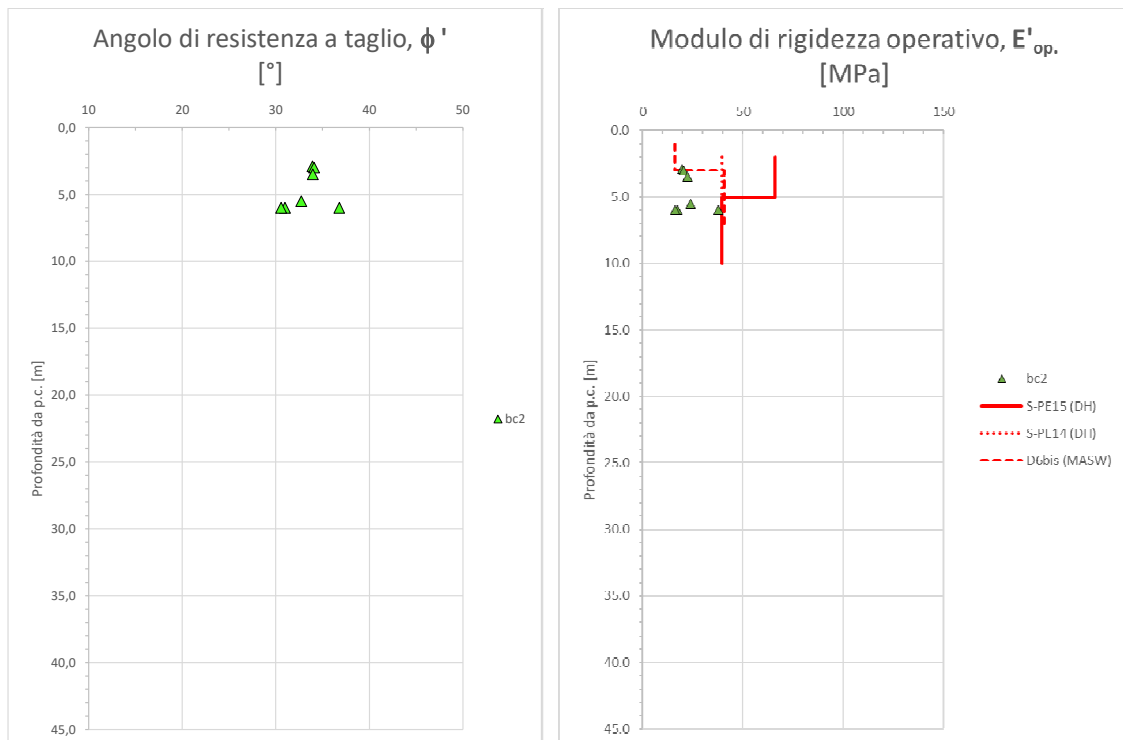


Figura 14 - Tratta 3, unità bc2:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT e DH

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	59 di 129

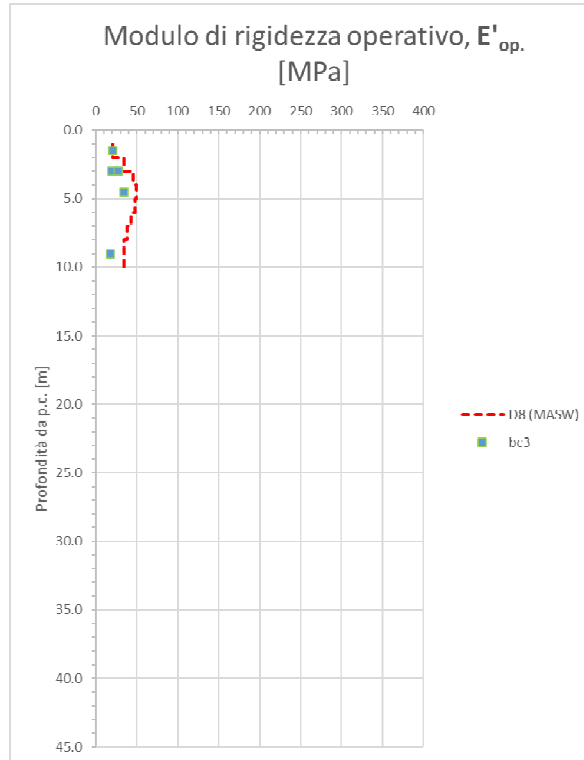


Figura 15– Tratta 3, unità bc3: modulo elastico operativo da SPT e da sismiche MASW.

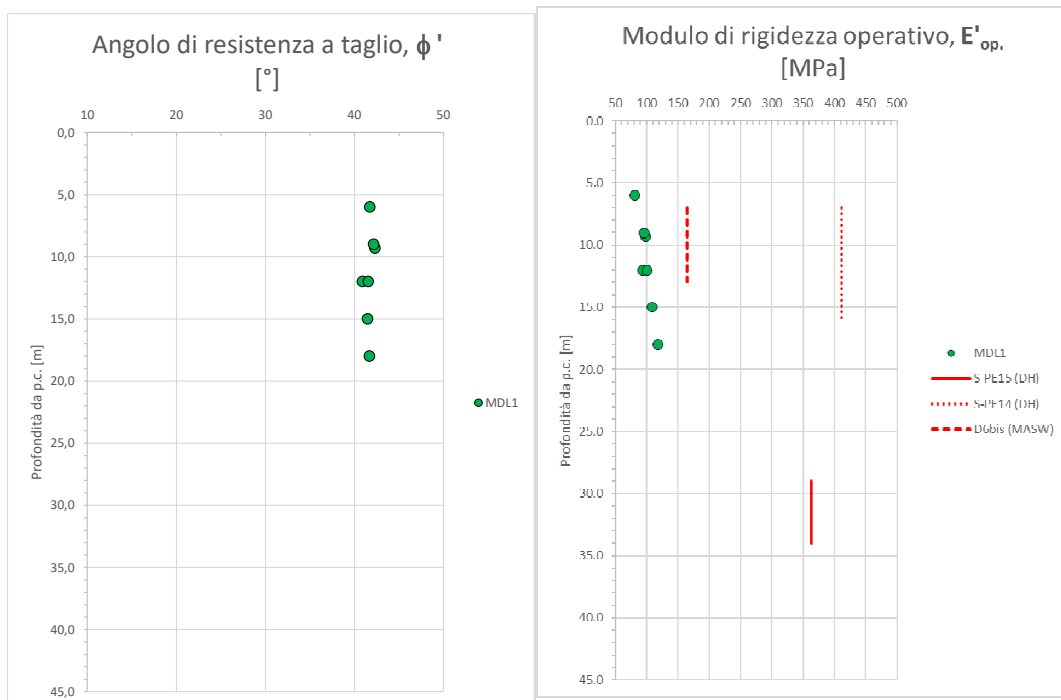


Figura 16– Tratta 3, unità MDL1:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT, DH e MASW

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	60 di 129

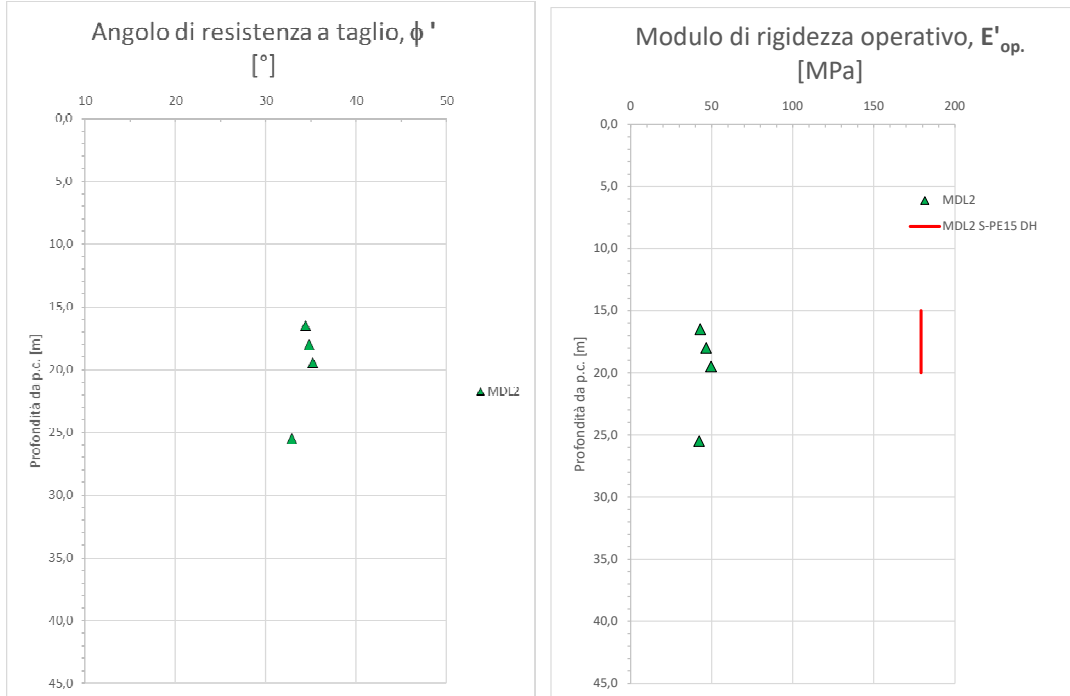


Figura 17 - Tratta 3, unità MDL2:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT

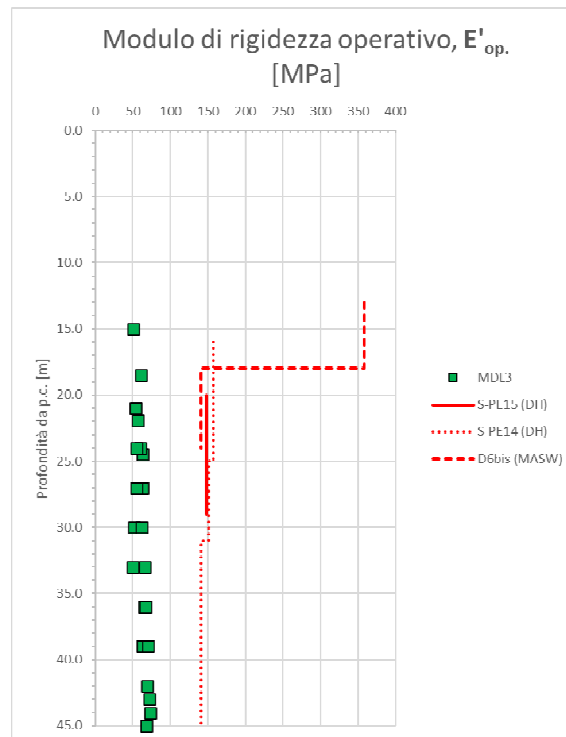


Figura 18 - Tratta 3, unità MDL3:  $E'_{op}$  da SPT, DH e MASW

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">61 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	61 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	61 di 129								

## 8.6 TRATTA 4 DA PK 22+250+ A 25+200 GA02

La tratta 4 è quella di riferimento per la galleria artificiale GA02, che si estende per circa 2860m da pk 22+267 a pk 25+163. Opere secondarie lungo questa tratta sono relative alla nuova viabilità, NV07 (pk di riferimento 23+300) e NV09 (pk di riferimento 23+650) che si innesta lungo il tracciato a fine tratta 4.

### 8.6.1 INDAGINI DI RIFERIMENTO

Le indagini di riferimento per l'area in esame includono i seguenti sondaggi e prove in situ.

Tipo di indagine	Codici
<i>Sondaggi a carotaggio continuo</i>	D8, S-PE16; PNIF52B10; S-PE16bis, PNIF52B08; S-PE17; S-PE18; S129, PNIF32G03, S20, SL-PE2, S21, PNIF52B09; PNIF52B11, S-PE18bis; S-PE33, S-PE19, S-PE32
<i>Piezometri</i>	D8, S-PE16; PNIF52B10; S-PE16bis, PNIF52B08; S-PE17; S-PE18; PNIF32G03, SL-PE2, PNIF52B09; PNIF52B11, S-PE18bis; S-PE33, S-PE19
<i>Prove penetrometriche statiche</i>	CPTU-PE3bis; CPTU-PE4bis
<i>Indagini geofisiche (MASW, Rifrazione, Down Hole (DH))</i>	MASW - AREA D8

**Tabella 16– indagini di riferimento per la Tratta 4**

Lungo le verticali di sondaggio sono state realizzate prove SPT ogni 3m di perforazione, prove di permeabilità di tipo Lefranc, il prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati per le prove di classificazione e resistenza meccanica.

### 8.6.2 DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

In questo tratto è prevista la realizzazione di una galleria artificiale e ricade nella parte Nord-occidentale del settore di intervento, con quote del piano ferro variabili tra i 47 e i 57 m circa s.l.m. Il tracciato attraversa per tutto il suo sviluppo i terreni dell'Unità di Maddaloni, in eteropia di facies tra loro. La configurazione strutturale si caratterizza per la presenza di alternanze di lenti eteropiche con frequenti variazioni laterali degli spessori dei depositi. La litofacies travertinosa (MDL4) è la prima unità affiorante al di sotto delle piroclastiti del Tufo Grigio Campano e si attesta principalmente tra le quote 45 e 50m slm; tale unità presenta al suo interno e si alterna con la litofacies sabbioso-limosa (MDL2) e limoso-argillosa (MDL3). La litofacies ghiaioso-sabbiosa (MDL1) è presente prevalentemente nel tratto centrale, in prossimità del piano ferro. In questo settore tali unità risultano ricoperte in maniera pressoché continua, con contatto discordante erosivo, dai depositi limoso-argillosi del Tufo Grigio Campano (TGC3), e limoso-sabbiosi della medesima unità (TGC2).

Nella parte terminale del tracciato, a partire dalla pk 24+200 fino all'imbocco Nord, si osserva una quota di affioramento più elevata della facies argilloso-limosa (MDL3) che si attesta a circa 50 m s.l.m. In questo settore l'unità argillosa MDL3 presenta il suo massimo spessore mediamente sempre superiore a 20m.

Dal punto di vista idrogeologico le letture piezometriche disponibili attestano la presenza di una falda freatica interna alle unità della Formazione Maddaloni compresa tra le quote 38 e 52 m s.l.m.. Le letture dei piezometri di PE (n.2-4 per verticale) si riferiscono principalmente al periodo dicembre 2019 – gennaio 2020. Dei piezometri di PD non si dispone di una frequenza omogenea ed estesa del monitoraggio, molti piezometri sono ad oggi distrutti o non disponibili (serie PNIF52xxx). In particolare, il sondaggio PNIF32G03 risulta distrutto dal 2007. Dal database dei dati di monitoraggio risulta disponibile una sola lettura ad aprile 2007 che però non è stata considerata nella

**Relazione geotecnica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	62 di 129

ricostruzione della superficie piezometrica nel settore tra i sondaggi S-PE18 (pk 23+880) e SL-PE2 (pk 24+400), a favore di sicurezza del progetto.

Le letture più frequenti si riferiscono al periodo dicembre 2008 - febbraio 2009 (n.3 letture). Il periodo di monitoraggio più esteso e continuo è relativo al piezometro D8, di cui si dispone di n.31 letture da aprile 2015 a gennaio 2020.

I dati strumentali delle letture sono riassunti nella tabella a seguire.

Piezometro	H <sub>max</sub> [m s.l.m..]	h <sub>min</sub> [m s.l.m..]	Differenza H <sub>max</sub> -h <sub>min</sub> [m]
D8	38,02	36,05	1,97
S-PE16	39,29	37,99	1,30
PNIF52B10	39,91	39,90	0,01
S-PE16 Bis	39,05	37,96	1,09
PNIF52B08	40,50	40,18	0,32
PNIF52B08 cas	40,21	29,30	
S-PE17	40,65	40,18	0,47
S-PE18	41,00	39,55	1,45
S-PE30	36,47	36,22	0,25
PNIF32G03	38,45	38,45	
SL-PE2	51,98	41,98	
S-PE31	42,45	40,88	1,57
PNIF52B11	41,31	41,30	0,01
PNIF52B09	51,54	51,54	
PNIF52B09	50,28	50,27	0,01
S-PE18bis	51,47	51,22	0,55
S-PE33	50,14	50,14	0,04
S-PE19	44,60	43,83	0,70

**Tabella 17– Letture massime e minime in quote assolute (m s.l.m.) dei livelli di falda nei piezometri di riferimento della Tratta 4**

Il piezometro D8, posto all'imbocco sud della G.A. Telese è l'unico punto di monitoraggio con una serie storica che permette di apprezzare l'escursione stagionale della falda. I dati recenti, tuttavia, sono riferiti al periodo invernale 2019-2020 che per analogia con la serie storica del piezometro D8 può ragionevolmente essere interpretata come un massimo relativo.

In analogia a quanto adottato per la tratta precedente, la quota di riferimento della falda a breve termine (fase provvisoria) è stata assunta pari al livello massimo misurato nei piezometri della tratta (riportato sui profili di progetto).

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">63 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	63 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	63 di 129								

### 8.6.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 4

All'interno della tratta in oggetto si possono identificare le seguenti stratigrafie di riferimento.

TRATTA 4 Schema stratigrafico per la tratta da pk 22+250 a pk 25+200			Spessore di riferimento [m] per le 2 subzone.	
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	da pk 22+250 a pk 24+050	da pk 24+050 a 25+200
1	Ra	Depositi antropici / rinterro superficiali presente specialmente verso pk 22+750	0-5	n.a.
2	TGC2	Tufo Grigio Campano: piroclastiti sabbiose e sabbioso limose con inclusi di pomici e scorie.	0-6.5	0-8.5
3	TGC3	Tufo Grigio Campano: piroclastiti prevalentemente limose con intercalazioni a carattere prevalentemente sabbiose.	0-7	0-6.5
4	MDL4	Unità di Maddaloni: travertini litoidi o semi-litoidi debolmente cementati e stratificati, con inclusi piroclastici e intercalazioni di sabbie limose.	2-12	2-5.5
5	MDL1	Unità di Maddaloni: ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa debolmente limosa.	4-10	4-6.5
6	MDL2	Unità di Maddaloni: lenti sabbiose e sabbioso limose di estensione e spessore variabile intercalata tra la facies ghiaiosa ed argillosa dell'unità.	4-12	4-7
7	MDL3	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate e locali intercalazioni di lenti sabbiose e sabbioso limose (MDL2).	>10	>10

In coerenza con l'approccio generale, per definire l'intervallo caratteristico della resistenza delle unità granulari intercettate nella tratta in esame si è tenuto conto principalmente dei valori di angolo d'attrito ottenuti per correlazione con la resistenza in prova penetrometrica SPT, confrontati con quelli determinati in prova di taglio diretto (TD) su campione indisturbato, dove disponibile.

Per l'unità sabbiosa TGC2, si hanno n.10 determinazioni di  $N_{SPT}$  ed i valori di angolo di resistenza a taglio varia nell'intervallo  $\phi' = 32 - 34^\circ$ . Nell'ambito di questa tratta mancano prove sismiche, pertanto, non potendo confrontare i valori di rigidezza ottenuti da correlazione con SPT, con quelli da prove DH o MASW, si fa riferimento all'intervallo di caratterizzazione generale (**Figura 19**).

Nell'unità argillosa TGC3, si dispone di n.3 prove di taglio diretto su campione indisturbato, con valori resistenza efficace compresi nell'intervallo  $\phi' = 23-29^\circ$ ,  $c' = 13-26\text{kPa}$ . Lo scarso numero di dati su campione indica la necessità di assumere, almeno per la coesione efficace (parametro fortemente condizionato dalle modalità di esecuzione della prova) i valori di caratterizzazione generale, definiti su una base dati più estesa. La rigidezza stimata dai valori interpretati di SPT manca del confronto con dati da prove sismiche, pertanto si assume l'intervallo generale come caratteristico della tratta in esame.

Per la formazione ghiaiosa MDL1 si dispone di n.27 valori di  $N_{SPT}$  di cui 19 indicano il rifiuto strumentale. I valori di resistenza a taglio stimati sulle rimanenti 9 determinazioni di resistenza penetrometrica indicano un intervallo  $\phi'=38-41^\circ$  coerente con quello di caratterizzazione generale. La rigidezza, stimata sulla base delle sole prove SPT, si attesta su un valore medio  $E'_{op} = 110\text{MPa}$  (**Figura 20**), incluso nell'intervallo caratteristico generale (e prossimo al limite inferiore, in coerenza con l'approccio generale, ref. paragrafo 8.3). La mancanza di un confronto con prove sismiche implica la necessità di far riferimento all'intervallo caratteristico generale.

L'unità sabbiosa MDL2 è caratterizzata da n.19 valori di  $N_{SPT}$ , di cui n.1 a rifiuto. L'intervallo di variazione dell'angolo di resistenza a taglio,  $\phi' = 33-36^\circ$  (5to, 95mo percentile della serie dati della tratta in esame), è definito sulle 20 determinazioni di resistenza penetrometrica. Le 5 prove di taglio diretto eseguite su campioni indisturbati estratti dai sondaggi della tratta indicano:  $\phi' = 31-35^\circ$ ,  $c'=1-6\text{kPa}$ . I dati disponibili confermano l'intervallo generale

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 64 di 129

riportato in Tabella 18, in cui si è assunto  $c'=0$ . Valori di coesione maggiori di zero caratterizzano le lenti limose presenti in minima parte nell'unità in esame, e quindi non ne rappresentano il comportamento d'insieme. La rigidezza, stimata da prove SPT e per confronto con la MASW D6, conferma il range di valori della caratterizzazione generale tra le profondità medie di affioramento dell'unità comprese tra 15 e 25m (**Figura 21**).

Per la definizione dei parametri di resistenza della formazione MDL3, si dispone di 13 valori di angolo di resistenza a taglio e coesione efficace da prove triassiali, TX-CIU e di taglio diretto, TD (**Figura 22**), che individuano l'intervallo caratteristico  $\phi' = 20-26^\circ$ ,  $c'=10-55\text{kPa}$ . La resistenza non drenata è definita sulla base dei risultati di 12 prove TX-CIU ed 1 prova non consolidata – non drenata, TX-UU (**Figura 23**):  $c_u = 130-230\text{kPa}$  (5to, 95mo percentile della serie dati della tratta in esame). I valori di rigidezza disponibili derivano da correlazione con SPT ed indicano un valore mediano di 60MPa, coerente col minimo dell'intervallo generale, assunto per la caratterizzazione della tratta in esame.

Per la definizione delle proprietà sia esse meccaniche che elastiche dell'unità MDL4 si conferma la parametrizzazione generale dell'unità.

UG	$\gamma$	$\phi'$	$c'$	$c_u$	$E'_{op}$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]
Ra	20	35	0		35
TGC2	15-18.5	32-34	0-8		34-250
TGC3	17-20	29-30	5-10		20-40
MDL1	18-22	38-41	0		105-420
MDL2	18.5-20.5	31-36	0		60-220
MDL3	18,21	20-27	10-40	130-300	60-200
MDL4	15-21	34-40	30-40		60-230

**Tabella 18– Sintesi dei parametri geotecnici operativi della Tratta 4**



Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	65 di 129

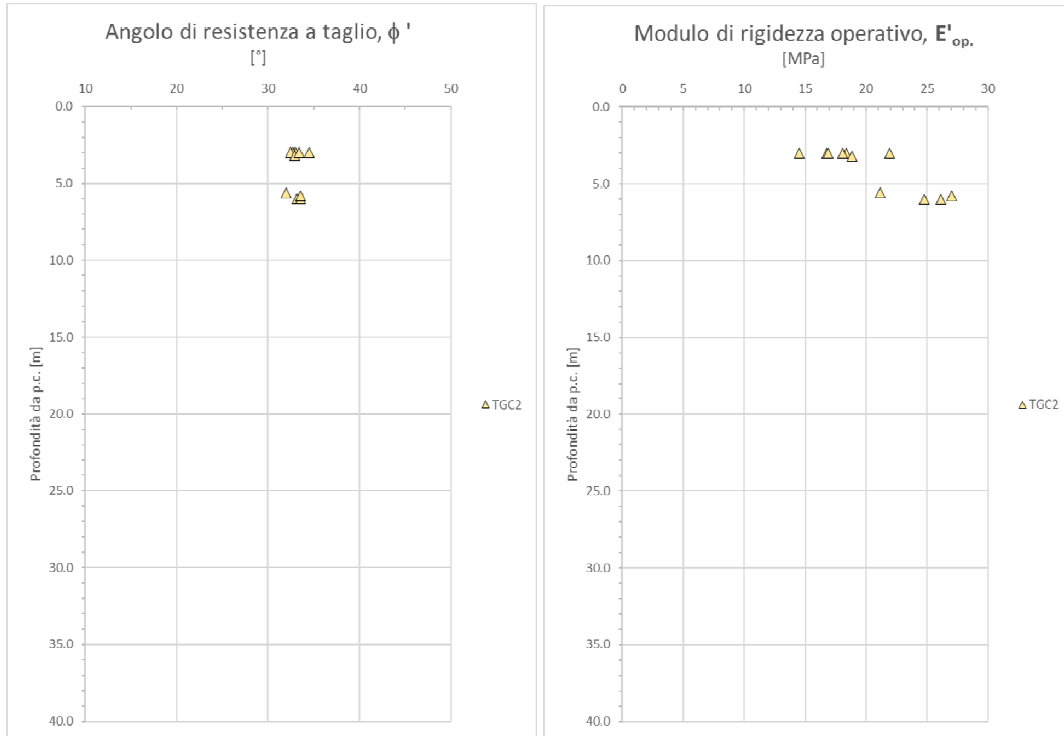


Figura 19 - Tratta 4, unità TGC2:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT

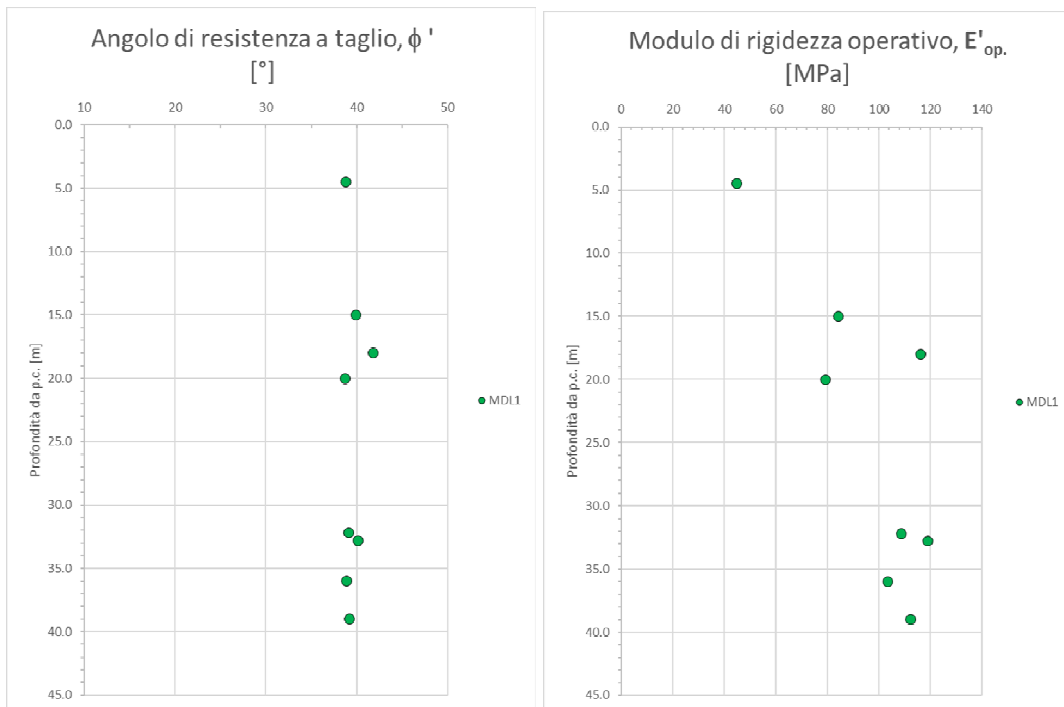


Figura 20 - Tratta 4, unità MDL1:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	66 di 129

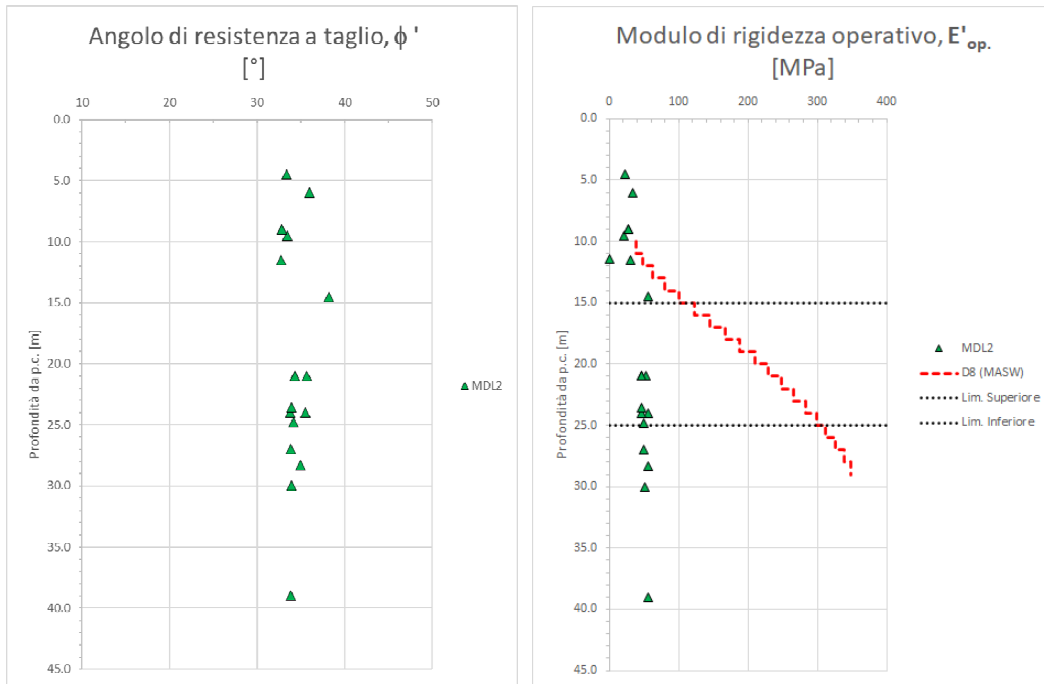


Figura 21 - Tratta 4, unità MDL2:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT e MASW

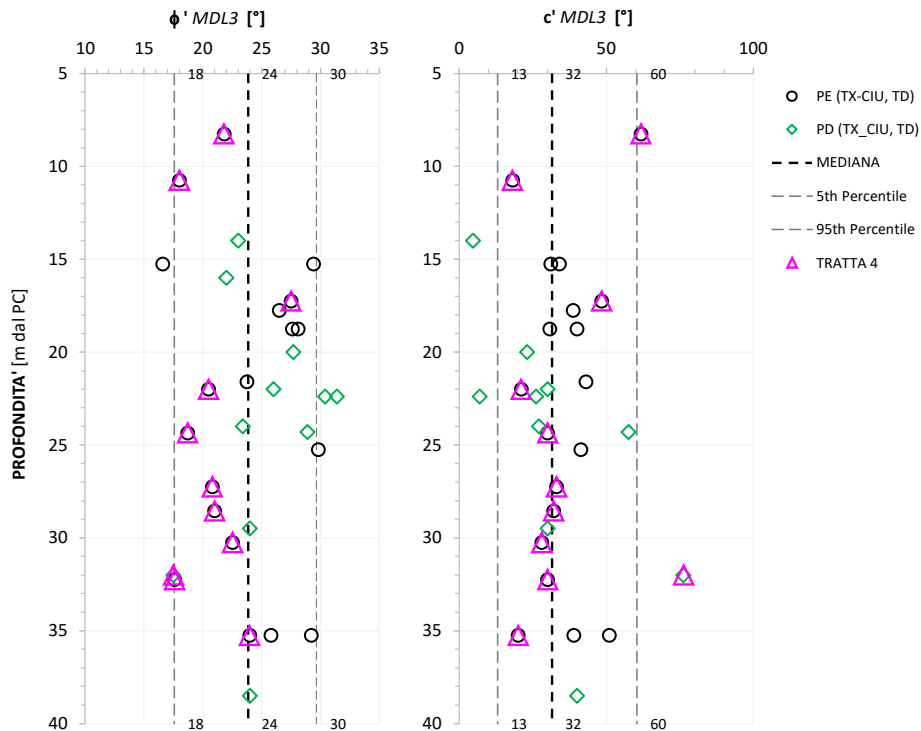


Figura 22 - Tratta 4, unità MDL3:  $\phi'$  e  $c'$  da prove su campione (TD, TX-CIU).

I percentili si riferiscono alla serie dati di tutte le determinazioni sperimentali disponibili per l'intera linea.

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	67 di 129

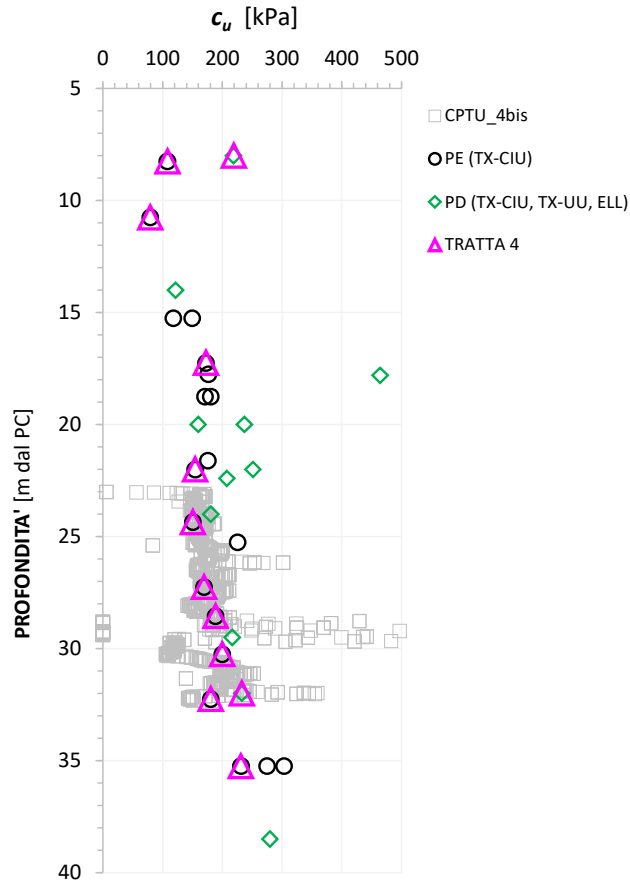


Figura 23 - Tratta 4, unità MDL3: coesione non drenata da prove su campione indisturbato

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	68 di 129

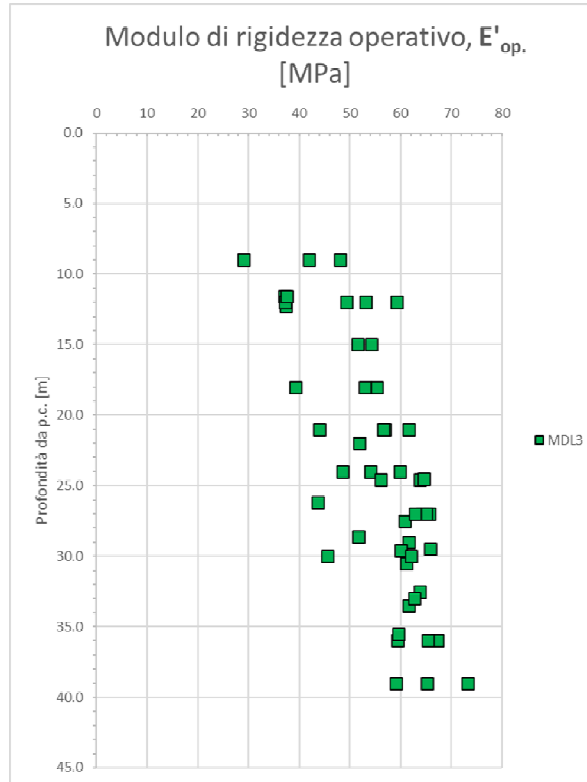


Figura 24 - Tratta 4, unità MDL3: modulo elastico operativo da SPT

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">69 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	69 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	69 di 129								

## 8.7 TRATTA 5 DA PK 25+200 A 26+150

La tratta in esame si estende per circa 1km dalla progressiva 25+500 alla pk 26+150, è un settore relativamente esteso che si caratterizza per un contesto geologico - geotecnico locale ben definito, relativamente omogeneo, e per questo considerato rappresentativo delle opere principali che ricadono in questa tratta.

I rilevati si estendono per una lunghezza massima totale di circa 918m ed un'altezza massima di 7m (RI16). Altri elementi rilevanti sono il ponte ferroviario VI07 (PF Portella) che si sviluppa da pk 25+786 a pk 25+818 (30m circa di lunghezza) e la NV10 (nuova viabilità) che si innesca lungo il tracciato a pk 26+100. All'interno della tratta poi sono incluse una serie di barriere foniche (BA25, BA26 e BA28) per una lunghezza totale di circa 430m.

WBS	PK DI RIFERIMENTO		L [m]	OPERA	H <sub>max</sub> rilevato/trincea
	da[km]	a[km]			[m]
RI14	25200	25377	177	rilevato	≈5m
IN04	25377			tombino	
R15	25377	25597	220	rilevato	≈3m
IN05	25597			tombino	
R16	25579	25786	189	rilevato	≈7m
VI07	25786	25818	32	Ponte Ferroviario (Portella)	
RI17	25818	26150	332	Rilevato (continua in tratta6)	≈7m

**Tabella 19– Principali WBS incluse nella Tratta 5**

### 8.7.1 - INDAGINI DI RIFERIMENTO

Le indagini di riferimento per l'area in esame includono i seguenti sondaggi e prove in situ

Tipo di indagine	Codici
Sondaggi a carotaggio continuo	S-PE4bis, IF15R55, S-PE24, PNIF52V12
Piezometri	S-PE4bis, IF15R55, S-PE24, PNIF52V12
Prove penetrometriche statiche	CPTU5
Indagini geofisiche (MASW, Rifrazione, Down Hole (DH))	S-PE24 DH, RIFR_03

**Tabella 20 – Indagini di riferimento per la Tratta 5**

Lungo le verticali di sondaggio sono state realizzate prove SPT ogni 3m di perforazione, prove di permeabilità di tipo Lefranc, il prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati per le prove di classificazione e resistenza meccanica.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 70 di 129

## 8.7.2 DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

Dal punto di vista geologico, il tracciato interessa i depositi alluvionali recenti, del fondovalle del V.ne Truoro, rappresentati dalla litofacies sabbioso-limosa (**ba2**) e ghiaioso-sabbiosa (**ba1**) parzialmente eteropiche tra loro, in contatto stratigrafico erosivo sull'Unità di Maddaloni ad ovest e sui depositi alluvionali terrazzati ghiaioso-sabbiosi (**bn1**) nella porzione finale della tratta. In questa tratta il tracciato si sviluppa in affiancamento e parziale sovrapposizione al corpo del rilevato ferroviario esistente (**Ra**). Le formazioni geologiche di substrato in questa tratta sono rappresentate prevalentemente dalle ghiaie sabbiose (**MDL1**) e dalle argille limose (**MDL3**) della Formazione di Maddaloni, quest'ultima sviluppata in particolar modo nel settore finale del tracciato.

Le letture piezometriche disponibili attestano la presenza di una falda freatica interna ai depositi alluvionali recenti compresa tra le quote di circa 41 e 44,5 m s.l.m.. Le letture dei piezometri installati nella fase di PE (n.2-4 per verticale) si riferiscono principalmente al periodo dicembre 2019 – gennaio 2020. I piezometri di PD risultano ad oggi distrutti o non disponibili; le relative cui letture pregresse disponibili sono frammentate e coprono il periodo dicembre 2008 - febbraio 2009 (n.3 letture PNIF52V12) ed il periodo agosto 2017 - gennaio 2018 (n.4 letture IF15R55).

I dati strumentali delle letture sono riassunti nella tabella a seguire.

Piezometro	H <sub>max</sub> [m s.l.m.]	h <sub>min</sub> [m s.l.m.]	Differenza H <sub>max</sub> -h <sub>min</sub> [m]
S-PE4bis	41,25	41,07	0,18
IF15R55	42,68	41,68	1,00
S-PE24 PZ	44,58	43,48	1,10
PNIF52V12	43,82	43,41	0,41

**Tabella 21 - Letture massime e minime in quota assoluta (m s.l.m.) dei livelli di falda nei piezometri di riferimento della Tratta 5.**

Le quote di riferimento della falda a breve termine (fase provvisoria) coincide la superficie piezometrica ricostruita nel profilo geotecnico come involucro delle letture massime dei livelli. Nello specifico in corrispondenza dell'imbocco Nord della GA02 Telese, la superficie di falda è stata identificata intorno alla quota 50m s.l.m. I piezometri di riferimento dell'area leggono il livello freatico nei depositi del complesso fluvio lacustre ghiaioso sabbioso CFG (MDL1). Il raccordo del livello di falda con il fondovalle tiene conto dell'andamento del tracciato quasi parallelo del tracciato al terrazzo che determina un netto abbassamento del livello freatico, come individuato dai piezometri IF15R55 e S-PE4bis, entrambi fuori asse e posizionati a valle del tracciato. Il livello dunque si raccorda con il piezometro S-PE24 e PNIF52V12 (in asse) e individua una superficie di falda posta in corrispondenza del contatto tra il terreno naturale (alluvioni) e materiale antropico del rilevato ferroviario esistente. Ciò sembra essere anche confermato dalla presenza in questa tratta di sorgenti ed opere di captazione, ubicate alla base delle scarpate di monte in travertino e prossime alle quote del rilevato ferroviario esistente.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">71 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	71 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	71 di 129								

### 8.7.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 5

All'interno della tratta in oggetto si possono identificare le seguenti stratigrafie di riferimento.

TRATTA 5 Schema stratigrafico per la tratta da pk 25+200 a pk 26+150			Spessore di riferimento [m] per WBS			
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	RI14	IN04	R15	IN05
1	ra	Depositi antropici / rinterro superficiali	0-3	3	3-4	4
2	ba3	Depositi alluvionali attuali a prevalente carattere argilloso limoso	0-2 (0-4.5 b2)	2	2-3	1-2
3	ba2	Depositi alluvionali attuali e recenti ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi	0-5	5	5-6	6
4	ba1	Depositi alluvionali attuali e recenti ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi	n.a.	n.a.	0-1	1
5	MDL1	Unità di Maddaloni: ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa debolmente limosa.	0-6	5-6	3-12	3-12
6	MDL3	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate e locali intercalazioni di lenti sabbiose e sabbioso limose (MDL2).	>4	>4	>3.5	>5

TRATTA 5 Schema stratigrafico per la tratta da pk 25+200 a pk 26+150			Spessore di riferimento [m] per WBS		
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	R16	VI07	RI17
1	Ra	Depositi antropici / rinterro superficiali	0-6.5	n.a.	0-4.5
2	ba3	Depositi alluvionali attuali a prevalente carattere argilloso limoso	0-1.5	n.a.	n.a.
3	ba2	Depositi alluvionali attuali e recenti ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi	5.6-8	3-8	3-6
4	ba1	Depositi alluvionali attuali e recenti ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi	1-3	3-8	0-8
5	bn1	Depositi alluvionali terrazzati in prevalenza ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da poco a moderatamente cementata, che si colloca al di sotto delle alluvioni recenti.	n.a.	n.a.	0-14.5
6	MDL1	Unità di Maddaloni: ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa debolmente limosa.	9-12.5	5-12	3.5-9.5
7	MDL3	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate e locali intercalazioni di lenti sabbiose e sabbioso limose (MDL2).	6-7.5	5-7	>1.5

Lungo la tratta di interesse, la distribuzione dei sondaggi e delle prove geotecniche disponibili, non permette affinamenti od ottimizzazioni dei parametri geotecnici rispetto a quelli della caratterizzazione generale delle unità alla quale si rimanda per la definizione degli intervalli caratteristici.

Per l'unità ba2 è possibile contestualizzare alla tratta in esame il limite inferiore dell'intervallo generale dei valori di  $\phi'$ , in base ai valori ottenuti per correlazione con le SPT dei sondaggi S-PE24 e IF15R55 (**Figura 25**).

Per quanto riguarda la MDL1, la quasi totalità delle prove penetrometriche indicano il rifiuto strumentale, pertanto la caratterizzazione dei parametri di resistenza meccanica riprende quella generale. La prova down-hole S-PE24 ha

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">72 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	72 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	72 di 129								

intercettato questa unità ed indica valori di  $E'_{op}$  all'interno del range caratteristico generale ( $E'_{op} = 100-110\text{MPa}$ ) che si assume come caratteristico della tratta in esame.

Per l'unità MDL3, il valor di  $E'_{op}$  da SPT e da prova DH (**Figura 26**), confermano gli estremi dell'intervallo generale, che quindi si adotta di seguito.

UG	$\gamma$	$\phi'$	$c'$	cu	$E'_{op}$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]
Ra	20	35	0		35
b2	19	23-25	0-5		
ba1	20-24	38-42	0		50-170
ba2	17-21	<b>33-35</b>	0		25-55
ba3	19-20	24-27	0-5	50-215	20-90
bn1	20-22	35-40	0		200-750*
MDL1	18-22	38-41	0		105-420
MDL2	18.5-20.5	31-37	0		60-220
MDL3	18-21	<b>19-24</b>	10-40	120-300	60-200

\*  $E'_{op}$  assunto pari a  $E_0$ , per formazione lapidea

**Tabella 22– Sintesi dei parametri geotecnici operativi della Tratta 5**



Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	73 di 129

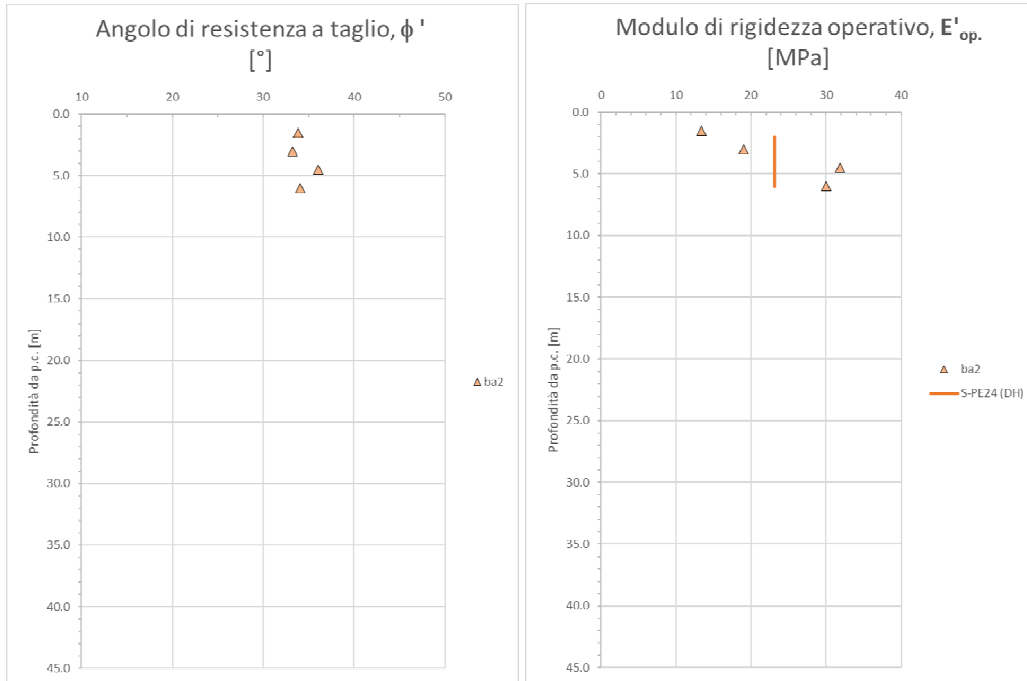


Figura 25 – Tratta5, unità ba2:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT e DH

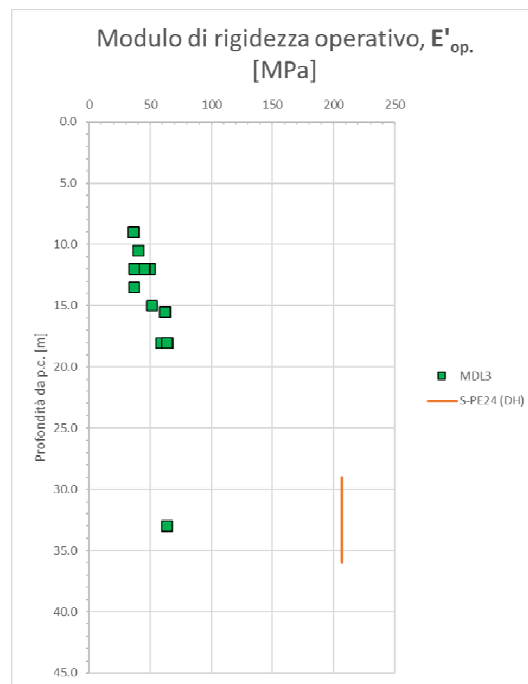


Figura 26 - Tratta5, unità MDL3:  $E'_{op}$  da SPT e DH

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">74 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	74 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	74 di 129								

## 8.8 TRATTA 6 DA PK 26+150 A 27+700

La tratta in esame si estende per circa 1,550m dalla progressiva 26+150 fino alla pk 27+700, è questo un settore caratterizzato per un contesto geologico - geotecnico locale ben definito, relativamente omogeneo, e per questo considerato rappresentativo delle opere principali che ricadono in questa tratta.

Il solo rilevato in questa tratta, RI17, è la parte terminale di quello che si sviluppa nel lotto precedente, ed occupa una lunghezza di solo 153m. Per il resto, la tratta in esame si sviluppa principalmente in trincea per un totale di circa 1383m. All'interno della tratta si trova anche il sottovia SL05 (profondità di circa 3.5m) ed opere minori quali sottopassi ciclo pedonali e tombino, rispettivamente IN07 e IN08 e una serie di barriere foniche, sia in destra che in sinistra, per un totale circa di 2415m. Elemento chiave all'interno di questa tratta è la stazione ferroviaria di Telese (FV02) alla progressiva 26400.

WBS	PK DI RIFERIMENTO		L [m]	OPERA	H <sub>max</sub> rilevato/trincea
	da[km]	a[km]			[m]
RI17	26150	26303	153	rilevato	<1m
SL05	26315			Sottovia+Tombino	
TR06	26321	27028	707	trincea	<1m
FV02	26400			Stazione di Telese	
TR07	27028	27142	114	trincea	<1m
TR08	27142	27704	562	trincea	<1m

**Tabella 23– Principali WBS incluse nella Tratta 6**

### 8.8.1 - INDAGINI DI RIFERIMENTO

Le indagini di riferimento per l'area in esame includono i seguenti sondaggi e prove in situ

Tipo di indagine	Codici
<i>Sondaggi a carotaggio continuo</i>	S-PE20, S-PE34, S-PE21, S-PE25, IF15S09, IF15R10
<i>Piezometri</i>	S-PE20, S-PE34, S-PE21, S-PE25, IF15S09, IF15R10
<i>Prove penetrometriche statiche</i>	CPTU-PE09, CPTU-PE10 ( <i>rifiuto strumentale nel primo metro di prova</i> )
<i>Indagini geofisiche (MASW, Rifrazione, Down Hole (DH))</i>	MASW-PE20, ERT01

**Tabella 24 – Indagini di riferimento per la Tratta 6**

Lungo le verticali di sondaggio sono state realizzate prove SPT ogni 3m di perforazione, prove di permeabilità di tipo Lefranc, il prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati per le prove di classificazione e resistenza meccanica.

Nella tratta ricadono anche i sondaggi di PD S130, S131 dei quali però non si dispone delle stratigrafie e dei certificati delle prove.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 75 di 129

## 8.8.2 DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

La stratigrafia tipo di questa ultima tratta prevede la presenza di una coltre superficiale di depositi eluvio-colluviali (b2), con spessori mediamente compresi tra 0,5 e 1,5 m, parzialmente ricoperti da lembi di limitato spessore di depositi antropici (Ra). Tali depositi sono posti in copertura dei depositi alluvionali antichi in facies sabbioso-limosa, limoso-argillosa e travertinosa (bc2, bc3 e bc4), parzialmente eteropici tra loro. Verso il basso si passa in contatto discordante ai terreni ghiaioso-sabbiosi dei depositi alluvionali terrazzati (bn1) in appoggio sui terreni limoso-argillosi e ghiaioso-sabbiosi dell'Unità di Maddaloni (MDL3-MDL1).

Le letture piezometriche disponibili attestano la presenza di una falda freatica interna ai depositi alluvionali antichi compresa tra le quote di circa 46,5 e 52 m s.l.m.. Le letture dei piezometri installati nella presente fase di PE (n.2-4 per verticale) si riferiscono principalmente al periodo dicembre 2019 – gennaio 2020. Le letture dei piezometri di PD riferiscono al periodo di monitoraggio aprile 2017 -agosto 2017 (n.5 letture lungo IF15R10) e al periodo marzo 2017- gennaio 2020 (n.19 letture lungo IF15S09).

I dati strumentali delle letture sono riassunti nella tabella a seguire.

Piezometro	H <sub>max</sub> [m s.l.m..]	h <sub>min</sub> [m s.l.m..]	Differenza H <sub>max</sub> -h <sub>min</sub> [m]
S-PE20	46,40	46,05	0,35
IF15S09	46,65	45,63	1,02
S-PE34	46,94	46,94	
S-PE21	48,32	48,22	0,10
S-PE25	51,89	51,59	0,30
IF15R10	51,01	50,49	0,52

**Tabella 25 - Letture massime e minime in quota assoluta (m.s.l.m.) dei livelli di falda nei piezometri di riferimento delle Tratta 6**

La quota di riferimento della falda a breve termine (fase provvisoria) è stata assunta pari al livello massimo. La quota di riferimento della falda a breve termine (fase provvisoria) è stata assunta pari al livello massimo misurato nei piezometri di riferimento per la tratta. Per la falda a lungo termine (falda di progetto) si rimanda alle relazioni geotecniche specifiche delle singole opere.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">76 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	76 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	76 di 129								

### 8.8.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA TRATTA 6

All'interno della tratta in oggetto si possono identificare le seguenti stratigrafie di riferimento.

TRATTA 6 Schema stratigrafico per la tratta da PK 26+150 A 27+700			Spessore di riferimento [m] per WBS		
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	RI17	SL05	TR06
1	Ra	Depositi antropici / rinterro superficiali	1-3	0.5-1	n.a.
2	b2	Depositi eluvio-colluviali di coltre superficiale	n.a.	n.a.	0,5-1,5
3	bc2	Depositi alluvionali antichi in facies sabbioso-limosa con lenti di materiale più grossolano (bc1)	2.5-3.5	3.5	2.5-9
4	bc4	Depositi alluvionali antiche in facies travertinosa	0.5-3.5	0.7	0-4
5	bc3	Depositi alluvionali antiche in facies limosa-argillosa	0-3.5	3-3.5	0-3.5
6	bn1	Depositi alluvionali terrazzati in prevalenza ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da poco a moderatamente cementata, che si colloca al di sotto delle alluvioni recenti.	14.5-16.5	15-17	2-17
7	MDL3	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate e locali intercalazioni di lenti sabbiose e sabbioso ghiaiose (MDL1).	>20	>6	>20

TRATTA 6 Schema stratigrafico per la tratta da PK 26+150 A 27+700			Spessore di riferimento [m] per WBS		
Strato	Unità Geotecnica	Descrizione dei litotipi	FV02	TR07	TR08
1	Ra	Depositi antropici / rinterro superficiali	1	n.a.	0-1.5
2	b2	Depositi eluvio-colluviali di coltre superficiale	0,5-1	1-1.5	0.5-1
3	bc2	Depositi alluvionali antichi in facies sabbioso-limosa con lenti di materiale più grossolano (bc1)	0-5	3.5-7.5	0.5-6
4	bc4	Depositi alluvionali antiche in facies travertinosa	2-4	1-3	0-1
5	bc3	Depositi alluvionali antiche in facies limosa-argillosa	1-2	0-3	0-4
6	bn1	Depositi alluvionali terrazzati in prevalenza ghiaie in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da poco a moderatamente cementata, con lenti sabbioso limose (bn2).	15-17	10-11	7-14
7	MDL3	Unità di Maddaloni: argille limose e limi argillosi con subordinate e locali intercalazioni di lenti sabbiose e sabbioso ghiaiose (MDL1).	>6	>6	>6

Le unità Ra, del riporto antropico e l'unità b2 della coltre eluvio-colluviale non sono state oggetto di indagine specifica, pertanto, sono caratterizzata dai parametri generali definiti al paragrafo 7.1 e 7.2.

L'unità bc1 è stata intercettata in lenti di spessore non superiore ai 2.00m in corrispondenza dei sondaggi IF15S09 e S-PE25. Mancano, tuttavia, dati sperimentali, per cui si fa riferimento agli intervalli di valori di resistenza e rigidezza definiti nella caratterizzazione generale.

**Relazione geotecnica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	77 di 129

L'unità bc2 è individuata dai sondaggi S-PE22, S-PE21, S-PE25, S-PE34 e IF15S09, e dalla CPTU09. Si dispone di 7 valori di  $N_{SPT}$ , di cui n.1 a rifiuto, indicanti un intervallo  $\phi' = 31-35^\circ$ . L'unico campione indisturbato, prelevato nel sondaggio pregresso IF15S09 e sottoposto a prova di taglio diretto, indica  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 20\text{kPa}$ . L'elaborazione della CPTU-PE9, invece, indica un valore medio  $\phi' = 40^\circ$  (paragrafo 7.7). Considerata l'ampiezza dell'intervallo di valori di resistenza individuati, per la tratta in esame si ritiene valido l'intervallo della caratterizzazione generale, limitato superiormente al valore  $\phi'=35^\circ$ . La stima della rigidezza operativa si basa sul confronto tra l'interpretazione dei dati penetrometrici, in prova statica e dinamica, e i valori di  $E'_{op}$  ottenuti dai valori di  $V_s$  della MASW-PE03. Nel confronto, in Figura, si osserva che  $E'_{op}$  da SPT varia tra 15 e 30MPa. L'elaborazione della CPT-PE9 (ref. paragrafo 7.7) indica un modulo operativo maggiore di 35-40MPa. Pertanto, si ritiene valido, per la tratta in esame, l'intervallo operativo  $E'_{op} = 30-40\text{MPa}$ .

L'unità argillosa bc3 è stata intercettata dai sondaggi S-PE20, S-PE25 ed S-PE34. Non sono stati prelevati campioni indisturbati, pertanto, i valori di resistenza a cui si fa riferimento sono definiti dagli intervalli della caratterizzazione generale.

Per l'unità litoide bc4, rinvenuta nel sondaggio S-PE20, non si dispone di misure di resistenza al di fuori dei 3 valori di  $N_{SPT}$  associati ai sondaggi S130 e S131. Si fa riferimento, quindi, alla caratterizzazione generale.

I valori di  $N_{SPT}$  per l'unità ghiaiosa bn1 indicano sistematicamente il rifiuto strumentale. La rigidezza ottenuta dall'elaborazione delle misure di VS della MASW-PE03 indica  $E'_{op}=242\text{MPa}$ . Si fa riferimento, di conseguenza alla caratterizzazione generale, ma data l'ampiezza dell'intervallo, si specifica un valore di riferimento per il modulo elastico operativo  $E'_{op}$ .

L'unità bn2, rinvenuta nei sondaggi S-PE34 e IF15R10, è caratterizzata da soli 2 valori di resistenza SPT, per cui si fa riferimento ai valori della caratterizzazione generale.

Le unità MDL1 ed MDL4 sono rinvenute, localmente, in lenti (rispettivamente nel sondaggio IF15S09 e S-PE21). Per esse si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

Nella tratta specifica, l'unità MDL3 è stata rinvenuta a profondità maggiori di 17 – 20m dal p.c. Per essa si assumono i valori della caratterizzazione generale, tenendo conto della profondità di rinvenimento.

UG	$\gamma$	$\phi'$	$c'$	cu	$E'_{op}$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[ ° ]	[kPa]	[kPa]	[MPa]
Ra	20	35	0		35
b2	19	23-25	0-5		24-60
bc1	19	38-42	0		60-154
bc2	18-19.5	<b>31-35</b>	0		<b>30-40</b>
bc3	18-20	19-24	13-28	50-120	30-70
bc4	20-22	39-41	0		200-500*
bn1	20	35-40	0		200-750*
bn2	20	31-32	0		200*
MDL1	18-22	38-41	0		105-420
MDL3	18-21	19-27	10-40	120-300	60-200

\*  $E'_{op}$  assunto pari a E0

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	78 di 129

Tabella 26 - Sintesi dei parametri geotecnici operativi

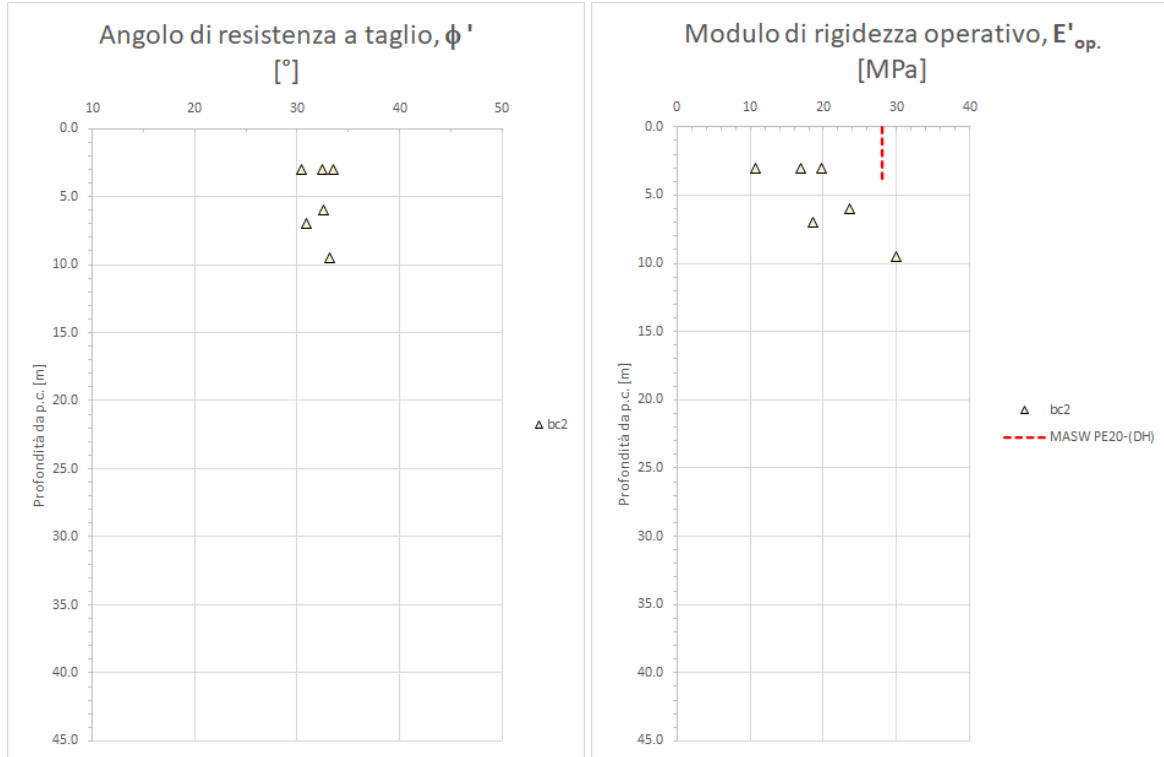


Figura 27 – Tratta 6, unità bc2:  $\phi'$  da SPT e  $E'_{op}$  da SPT e MASW.

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	79 di 129

## 9. PIANO DI POSA DEI RILEVATI

Le indagini geotecniche realizzate lungo tracciato ed in corrispondenza delle opere adiacenti principali (sondaggi e pozzetti esplorativi) hanno permesso di determinare le caratteristiche dei terreni superficiali interessati dal piano di posa di rilevati e trincee.

Dalle stratigrafie è stato identificato lo spessore caratteristico della coltre vegetale che mediamente lungo tracciato si attesta sui 50cm. Questo valore è stato assunto come lo spessore minimo dello scotico da rimuovere per la formazione del rilevato ferroviario. In coerenza con quanto prescritto dal capitolato si dovrà comunque asportare tutto lo spessore di terreno vegetale. Qualora, raggiunto il piano di posa previsto, si rinvenisse ancora coltre vegetale o comunque terreno rammollito, non idoneo ai requisiti progettuali quale piano di posa, si dovrà provvedere a bonifica e sostituzione con materiale idoneo.

Al fine di indagare le caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali affioranti al di sotto dello scotico, in fase di PE sono stati realizzate indagini geotecniche integrative in posizioni prossime al tracciato ferroviario di progetto e alle nuove viabilità stradali, in funzione dello stato dei luoghi e delle condizioni di accesso. Le indagini includono l'esecuzione di pozzetti esplorativi, prove in situ di carico su piastra e analisi granulometriche su campioni rimaneggiati prelevati nei pozzetti tra le profondità di 0,5 e 1,5m da p.c. Come verrà presentato nelle tabelle e figure a seguire, sono stati completati un totale di 22 pozzetti geognostici, realizzando circa 30 prove statiche di carico su piastra ad una profondità variabile tra 0.5 e 1.2m dal piano di campagna. Sui campioni rimaneggiati prelevati sono state eseguite le analisi granulometriche con relativa classificazione CNR-UNI (2006).

I terreni rinvenuti ed indagati sono ascrivibili alle facies sabbioso limose e limoso argillose delle coltri eluvio colluviali (b2), delle alluvioni attuali e recenti (ba), delle alluvioni antiche (bc) e dei depositi piroclastici del Tufo Grigio Campano (TGC).

**Tabella 27 - Sommario dei pozzetti investigativi e delle prove su piastra realizzate nei settori prossimi al tracciato.**

WBS	UG	Indagine rif.	profondità [m PC.]	Modulo Md [MPa]	Descrizione materiale	Descrizione Granulometrica G=ghiaie; S=sabbie; L=limi; A=argille	CNR-UNI (2006)
NV02	TGC2	VB-PT01	0,5	13	sabbia con limo de ghiaioso	G 9%; S 61%; L 28%; A 2%	A2-4
NV02	TGC2	VB-PT01	1,1	39	sabbia con limo deb ghiaioso	G 10%; S 61%; L 27%; A 2%	A2-4
NV01b	TGC2	VB-PT02	0,5	8	limo sabbioso	G 1%; S 20%; L 75%; A 4%	A4
NV01b	TGC2	VB-PT02	1,1	10	limo con sabbia	G 2%; S 40%; L 55%; A 3%	A4
NV02	ba3	VB-PT03	0,5	10	limo sabbioso argilloso	G 3%; S 17%; L 63%; A 17%	A6
NV02	ba2	VB-PT03	1	16	limo con sabbia argilloso	G 3%; S 34%; L 45%; A 15%	A6
NV03	ba3	VB-PT04	0,5	9	limo argilloso deb sabbioso	G 0%; S 8%; L 71%; A 21%	A7-6
NV03	ba3	VB-PT04	1	14	limo con argilla	G 0%; S 2%; L 60%; A 38%	A7-6
NV03	TCG2	VB-PT05	0,5	13	limo con sabbia	G 4%; S 45%; L 50%; A 1%	A4
NV03	TCG2	VB-PT05	1	16	limo con sabbia	G 3%; S 36%; L 59%; A 2%	A4
NV04	ba2	VB-PT06	0,5	7	sabbia con limo deb argillo	G 7%; S 50%; L 35%; A 8%	A4

**Relazione geotecnica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	80 di 129

WBS	UG	Indagine rif.	profondità [m PC.]	Modulo Md [MPa]	Descrizione materiale	Descrizione Granulometrica G=ghiaie; S=sabbie; L=limi; A=argille	CNR-UNI (2006)
NV04	ba2	VB-PT06	1	10	sabbia limosa ghiaiosa	G 11%; S 56%; L 24%; A 9%	A6
NV04	TCG2	VB-PT07	0,6	7	sabbia con limo	G 1%; S 64%; L 34%; A 1%	A4
NV04	TCG2	VB-PT07	1	13	limo con sabbia deb ghiaiosa	G 8%; S 42%; L 45%; A 5%	A6
NV06A	TGC2	VB-PT08	0,5	16	limo con sabbia argilloso	G 4%; S 33%; L 47%; A 16%	A6
NV06A	TGC2	VB-PT08	0,8	31	limo con sabbia argilloso	G 6%; S 39%; L 45%; A 10%	A6
NV06A	TGC2	VB-PT09	0,9	24	limo con sabbia argilloso	G 7%; S 32%; L 46%; A 15%	A6
NV06A	TGC2	VB-PT09	2-2,1		sabbia con limo argilloso	G 2%; S 51%; L 34%; A 13%	A6
NV06 B	bc3	VB-PT10	0,6	13	limo con argilla, sabbioso	G 0%; S 10%; L 62%; A 28%	A7-6
NV06 B	bc3	VB-PT10	1	9	limo con argilla, deb sabbioso	G 0%; S 7%; L 60%; A 33%	A7-6
NV06A	bc3	VB-PT11	0,7	20	limo argilloso sabbioso	G 0%; S 12%; L 68%; A 20%	A6
NV06A	bc3	VB-PT11	2-2,1		limo con argilla	G 0%; S 3%; L 70%; A 27%	A6
NV07	TGC3	VB-PT12	0,9	13	limo sabbioso argilloso	G 0%; S 16%; L 70%; A 14%	A6
NV07	TGC3	VB-PT12	1,5-1,6		limo argilloso sabbioso	G 0%; S 15%; L 67%; A 18%	A7-6
NV09b	b2	VB-PT13	1	13	limo con sabbia argilloso	G 1%; S 29%; L 51%; A 19%	A6
NV09b	TGC3	VB-PT13	1,6-1,7		limo argilloso sabbioso	G 1%; S 18%; L 61%; A 20%	A6
NV09b	ra	VB-PT14	1		ghiaia con limo sabbiosa	G 36%; S 22%; L 29%; A 13%	A6
NV09b	ra	VB-PT14	2		ghiaia con limo sabbiosa	G 41%; S 31%; L 19%; A 9%	A2-4
NV09b	b2	VB-PT15	0,9	10	limo argilloso sabbioso	G 17%; S 21%; L 39%; A 23%	A7-6
NV09b	ba2	VB-PT15	2		sabbia con limo argillosa	G 6%; S 52%; L 27%; A 15%	A7-6
NV09b	ba2	VB-PT16	0,6	13	limo sabbioso deb argilloso	G 1%; S 22%; L 68%; A 9%	A7-6
NV09b	ba2	VB-PT16	1,1	12	limo con sabbia argilloso	G 0%; S 26%; L 57%; A 17%	A6
NV09b	ba3	VB-PT17	0,6	8	limo argilloso sabbioso	G 1%; S 16%; L 63%; A 20%	A6
NV09b	ba2	VB-PT17	1,2	10	limo con sabbia argilloso	G 0%; S 28%; L 54%; A 18%	A6
NV09a	TGC3	VB-PT18bis	0,6-0,7		limo con argilla, sabbioso	G 0%; S 16%; L 45%; A 39%	A7-6
NV09a	TGC3	VB-PT18bis	1-1,1		limo con argilla, sabbioso	G 0%; S 17%; L 47%; A 36%	A7-6



**Relazione geotecnica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	81 di 129

WBS	UG	Indagine rif.	profondità [m PC.]	Modulo Md [MPa]	Descrizione materiale	Descrizione Granulometrica G=ghiaie; S=sabbie; L=limi; A=argille	CNR-UNI (2006)
NV09a	TGC3	VB-PT19bis	0,5-0,6		limo con argilla, sabbioso	G 4%; S 20%; L 49%; A 27%	A7-6
NV09a	TGC3	VB-PT19bis	1-1,1		limo con argilla, sabbioso	G 2%; S 18%; L 55%; A 25%	A6
NV10	ba2	VB-PT20	0,6	14	limo con sabbia argilloso	G 1%; S 31%; L 51%; A 17%	A6
NV10	ba3	VB-PT20	1,1	15	limo con sabbia e argilla	G 0%; S 31%; L 43%; A 26%	A6
NV10	ba2	VB-PT21	0,7	9	limo con sabbia e argilla	G 4%; S 32%; L 39%; A 25%	A7-6
NV10	ba2	VB-PT21	1-1,1		limo con sabbia argilloso	G 0%; S 39%; L 43%; A 18%	A6
NV10	ba2	VB-PT22	0,5-0,6		sabbia con limo ghiaiosa	G 24%; S 29%; L 28%; A 19%	A7-6
NV10	ba2	VB-PT22	1-1,1		sabbia con limo argilloso	G 7%; S 47%; L 36%; A 10%	A4

I risultati ottenuti evidenziano che la maggior parte dei terreni testati dalle prove su piastra tra le profondità di 0,5 e 1,5 appartengono alle unità ba2 (n°8 prove totali), ba3 (n°5 prove totali), TGC2 (n°11 prove), b2 (n°5 prove), bc3 (n°3 prove) e TGC3 (n° 1 prova) di cui a seguire si riporta una breve descrizione delle caratteristiche litologiche:

- **b2** (coltri eluvio-colluviali): si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi con talvolta resti vegetali, sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie.
- **ba2** (depositi alluvionali attuali e recenti): unità granulometricamente compresa tra sabbia con limo e limo con sabbia debolmente argilloso si trova generalmente al di sotto del terreno di riporto e/o delle coltri eluvio colluviali.
- **ba3** (depositi alluvionali attuali e recenti): si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie.
- **bc3** (depositi alluvionali antichi): si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie, affiorante o al di sotto del terreno di riporto e delle coltri eluvio colluviali.
- **TGC2** (Tufo Grigio Campano): si tratta di ceneri con granulometria compresa tra sabbia con limo debolmente argillosa e limo con sabbia debolmente argillosa con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e rare ghiaie.
- **TGC3** (Tufo Grigio Campano): unità granulometricamente definita come argille limose e limi argillosi con scorie e pomici.

I risultati ottenuti dalle prove di carico su piastra indicano che la maggior parte delle prove condotte su terreno naturale non soddisfa il criterio di rigidità richiesto dal capitolato di 20MPa in termini di modulo di deformazione [Md]; solo 4 prove hanno dato come risultato valori uguali o maggiori di 20MPa, mentre la maggioranza delle prove (19 test) hanno restituito valori di modulo di deformazione compresi nel range 10-20MPa.

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	82 di 129

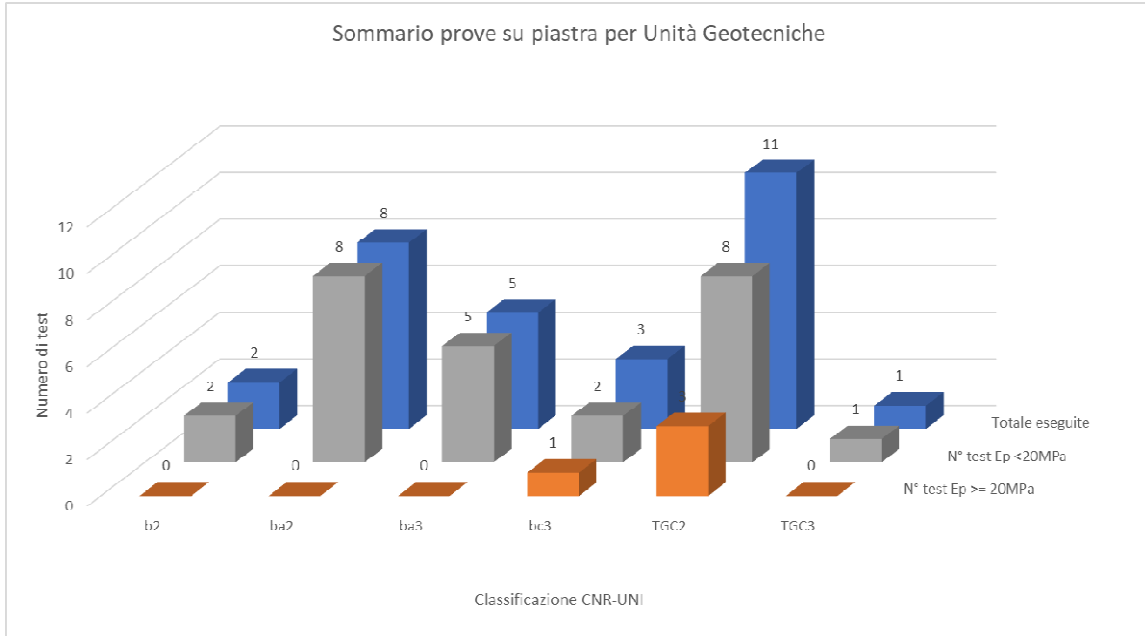


Figura 28– Sintesi delle prove su piastra organizzate per Unità Geotecnica

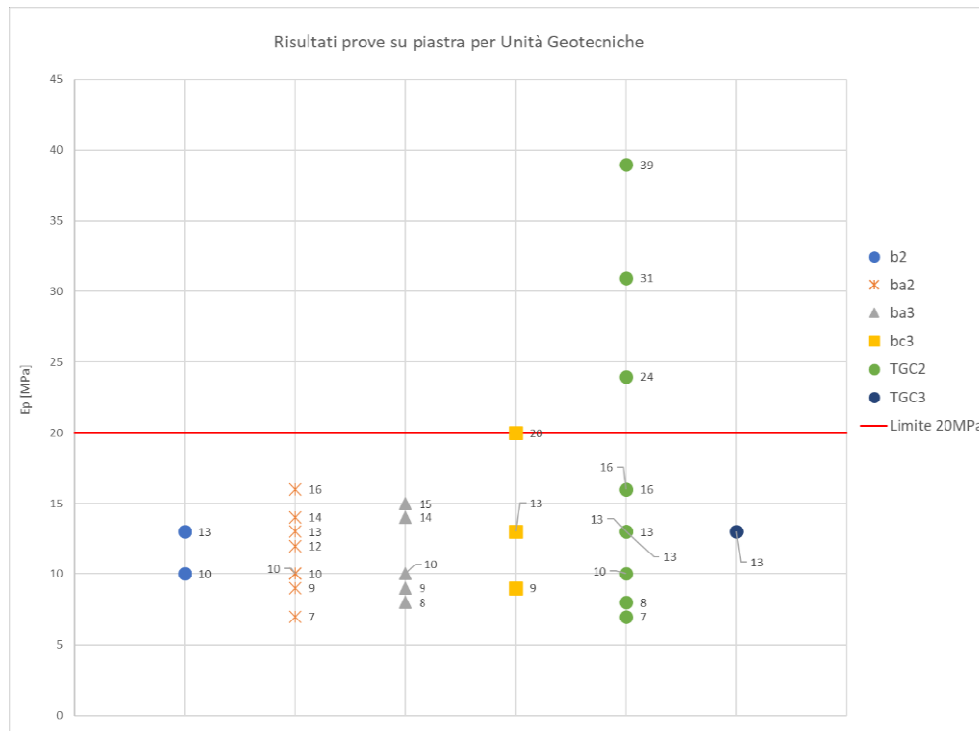


Figura 29 - Risultati delle prove su piastra per Unità Geotecnica. Per ogni prova sono indicati i valori di modulo di deformazione in MPa. La linea rossa indica il limite di modulo di deformabilità di 20MPa imposto da capitolato

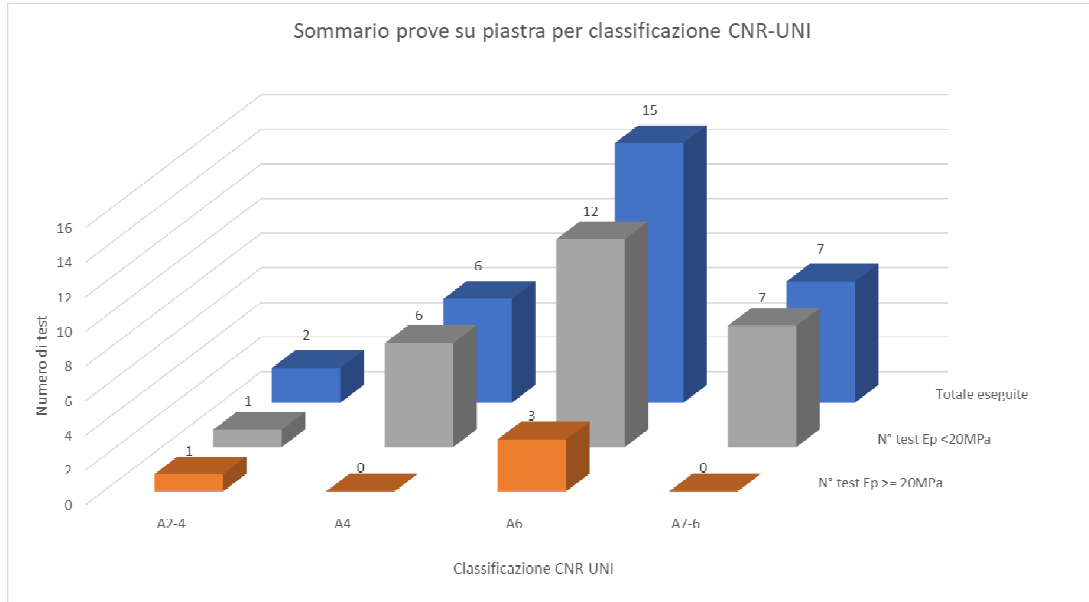


Figura 30 - Sommario delle prove su piastra organizzate seguendo la classificazione CNR-UNI del materiale di posa.

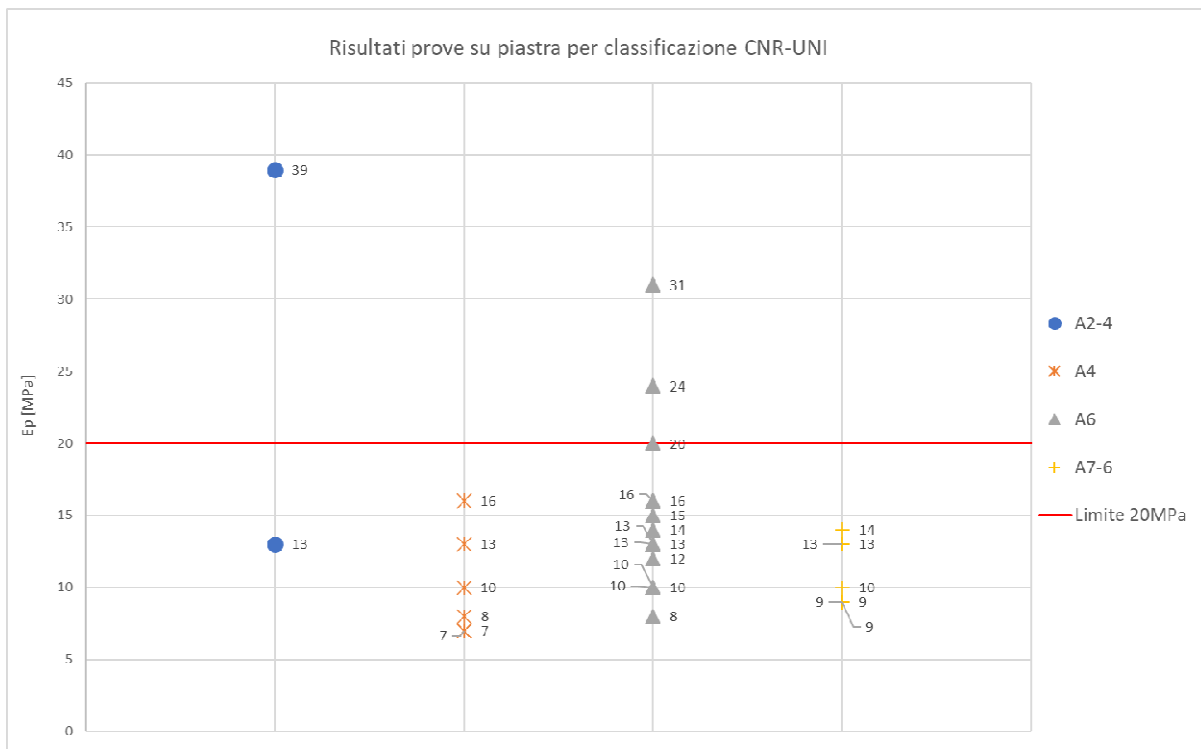


Figura 31 - Risultati delle prove su piastra organizzate seguendo la classificazione CNR-UNI del materiale di posa. Per ogni prova sono indicati anche i valori di modulo di deformazione in MPa. La linea rossa indica il limite di modulo di deformabilità  $[M_d]$  di 20MPa imposto da capitolato.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Relazione geotecnica generale</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 84 di 129

Il capitolato RFI nelle sezioni relative ai rinterrati e ai rilevati (stradali e ferroviari) descrive accuratamente le procedure da adottare per la preparazione del piano di posa.

Ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare zone di terreno non idoneo alle caratteristiche richieste dal capitolato (i.e terreno compressibile, non compatto, di scadenti caratteristiche meccaniche,...), non si potrà utilizzare il terreno tal quale ma dovrà essere bonificato mediante:

- sostituzione del terreno naturale con materiale selezionato (A1, A2, A3, A4) proveniente dagli scavi o dalle cave di prestito.
- Trattamento a calce del terreno naturale

La verifica dell'idoneità del piano di posa una volta conformato e costipato prevede inoltre la realizzazione di prove di carico su piastra. Nello specifico, il modulo di deformazione, misurato sul piano di posa mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15MPa-0.25MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n.146).

Dal punto di vista granulometrico, i terreni limoso argillosi delle unità b2, ba3, bc3, TGC3 ricadono prevalentemente nelle categorie A6 - A7-6 secondo la classificazione CNR UNI, mentre le unità sabbioso-limosa con subordinata componente ghiaiosa ricadono tra le classi A4 e A6-A7 in funzione della quantità della frazione fina argillosa presente nella matrice. Ai terreni limoso argillosi delle unità sopracitate classificati in classe A6 A7-6 corrispondono i valori più bassi ottenuti dalle prove di carico su piastra.

Sulla base dei risultati delle indagini sono state identificate lungo le viabilità stradali ed il rilevato ferroviario in progetto, zone di affioramento dei terreni coesivi argillosi limosi afferenti all'unità b2, ba3, bc3, TGC3, considerati non idonei e che pertanto dovranno essere bonificati. In continuità con quanto previsto dal Progetto Definitivo (PD) si conferma in questa fase l'intervento di sostituzione di questi terreni con materiale selezionato secondo quanto descritto in precedenza e prescritto dal capitolato.

Si valuterà eventualmente durante il corso d'opera la possibilità di trattare il terreno naturale con calce in accordo a quanto previsto dal capitolato.

Nella tabella a seguire sono riassunte le WBS relative al corpo ferroviario e le relative tratte oggetto di bonifica. Per gli interventi di bonifica previsti lungo le nuove viabilità si faccia riferimento alle relazioni geotecniche specifiche.

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	85 di 129

WBS	Progressive bonifica		Spessore bonifica
	da [m]	a [m]	[m]
TR01	-	-	-
RI01	16600	16700	0,5
TR02	16757	17000	0,5
RI02	17250	17391	0,5
RI03	17430	17450	0,5
	17600	17634	0,5
RI04	17656	17700	0,5
RI05	17700	18350	0,5
RI06	18750	19160	0,5
TR03	-	-	-
TR04	19600	19671	0,5
RI07	19671	19741	0,5
RI08	19775	19815	0,5
TR05	-	-	-
RI09	20090	20140	0,5
RI10	20150	20474	0,5
RI11	21240	21890	0,5
RI12	21900	22142	0,5
RI13	22167	22267	0,5
RI14	25200	25374	0,5
RI15	-	-	-
RI16	25594	25786	0,5
RI17	26150	26306	0,5
TR06	26321	27028	0,5
TR07	-	-	-
TR08	27142	27700	0,5

Tabella 28 - Tratte in bonifica lungo la linea ferroviaria

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	86 di 129

## 10. RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Secondo la recente normativa in materia ambientale, le terre e le rocce provenienti da attività di scavo (TRS) non sono classificate come rifiuti e pertanto, a seguito di determinate verifiche condotte in seno al piano di gestione e riutilizzo delle TRS, possono essere reimpiegate quali materiali da costruzione per rilevati, trincee, riempimenti.

I requisiti fisico-meccanici dei terreni richiesti per la costruzione delle varie tipologie di opere in terra sono forniti dalla classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006), in conformità della quale sono stati identificati alcuni campioni di terreno prelevati dalle cassette dei sondaggi/pozzetti esplorativi.

Le risultanze delle prove di laboratorio eseguite (in fase di PD e PE) permettono di delineare, per ogni Unità Geotecnica (UG) individuata lungo il tracciato, le percentuali relative di ciascuna classe HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006).

In questo modo si può valutare la possibilità del reimpiego, da un punto di vista geotecnico, dei terreni appartenenti alle singole Unità Geotecniche quale materiale da costruzione e la destinazione più appropriata.

Nella seguente tabella si riporta la sintesi dei risultati delle analisi di classificazione dei materiali dei campioni di laboratorio, da cui si delinea per ogni singola unità la classe prevalente ai fini di un recupero delle terre.

Successivamente, in base alle specifiche RFI, è stata attribuita la quota parte di classe CNR UNI 10006 a ciascuna classe di utilizzo prevista, secondo quanto riportato nelle tabelle a seguire.

Unità Geotecnica	CLASSE CNR UNI 10006 (% da analisi di frequenza)												
	Terre ghiaio-sabbiose							Terre limo-argillose					Torbe
	A1-a	A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A3	A4	A5	A6	A7-5	A7-6	A8
ghiaia, ghiaia sabbiosa	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa						Sabbia fina	Limo poco compressibili	Limi molto compressibili	Argille poco compressibili	Argille molto compr. e mediam. plastiche	Argille molto compr. e molto plastiche	Torbe e detriti organici
ba1/bb1	59%	33%	7%										
ba2/bb2		13%	20%					13%	7%	33%	7%	7%	
ba3 (bb3)										43%		57%	
bc1	100%												
bc2			25%								25%	50%	
bc3										38%	8%	54%	
bc4								100%					
bn1	24%	35%	29%			6%		6%					
bn2		40%	20%			20%				20%			
bn3								14%		29%	14%	43%	
TGC2	4%	4%	17%					57%		9%	4%	4%	
TGC3		17%						17%		17%	17%	33%	
MDL1	52%	32%	8%					4%		4%			
MDL2		6%	35%		6%			24%		12%	3%	15%	
MDL3	2%	1%						6%		28%	11%	51%	
MDL4		75%										25%	

Tabella 29 - Attribuzione delle classi HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) a ciascuna Unità Geotecnica

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Relazione geotecnica generale</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RB</td> <td style="text-align: center;">GE0005 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">87 di 129</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	87 di 129
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	87 di 129								

classi di utilizzo			
Inerti per cls/anticapillare	Rilevati/super- compattato	Rinterri/ ritombamenti sottoposti ad azioni ferroviarie e/o stradali	Rinterri/ ritombamenti NON sottoposti ad azioni ferroviarie e/o stradali
A1	A2, A2-4, A3	A1,A2,A3,A4	frazioni restanti e quota parte di fine prodotto da frantumazione e vagliatura delle altre classi
40%A1-a;20%A1-b			

**Tabella 30 - Attribuzione delle classi HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) a ciascuna classe di utilizzo**

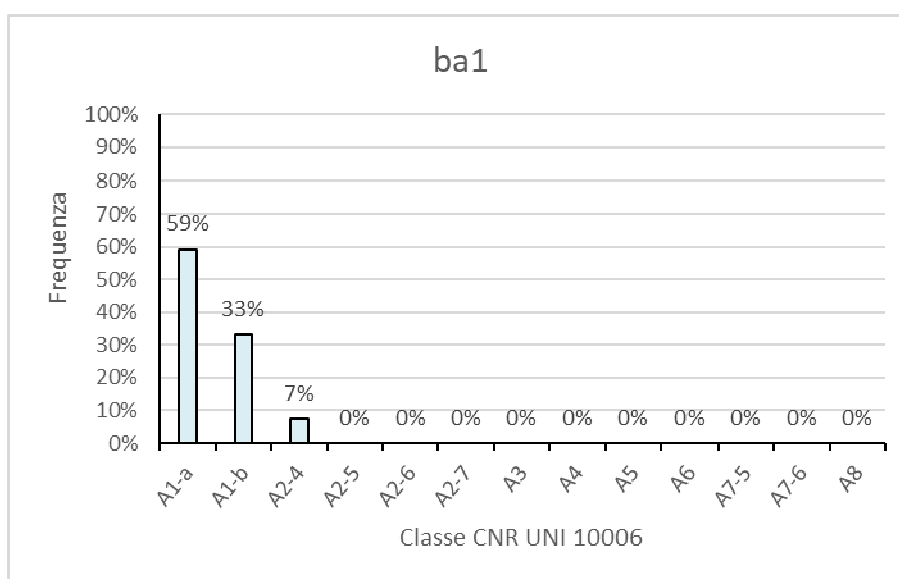
Nelle successive figure si riporta una sintesi dei risultati delle analisi di classificazione dei materiali dei campioni di laboratorio, da cui si delinea per ogni singola unità la classe prevalente ai fini di un recupero delle terre.

Le unità ba1, bc1, bn1, MDL1 sono principalmente costituite da terreni A1-a, A1-b, A2-4, solo occasionalmente presentano maggiori percentuali di frazione fine passando a terreni di tipo A2-7, A4 e A6.

Le unità ba2, bc2, bn2, MDL2 sono più variabili granulometricamente ed in base al contenuto di fine passano da classi A1-b e A2-4 fino a classi A6 e A7-6

Le unità bc4 e TGC2 sono principalmente costituite da terreni tipo A4.

Le unità ba3, bc3, bn3, MDL3, TGC3 sono generalmente costituite da terreni A6, A7-6, A7-5, in sub-ordine A4 e per tanto non riutilizzabili tal quali.



**Figura 32 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità ba1**

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	88 di 129

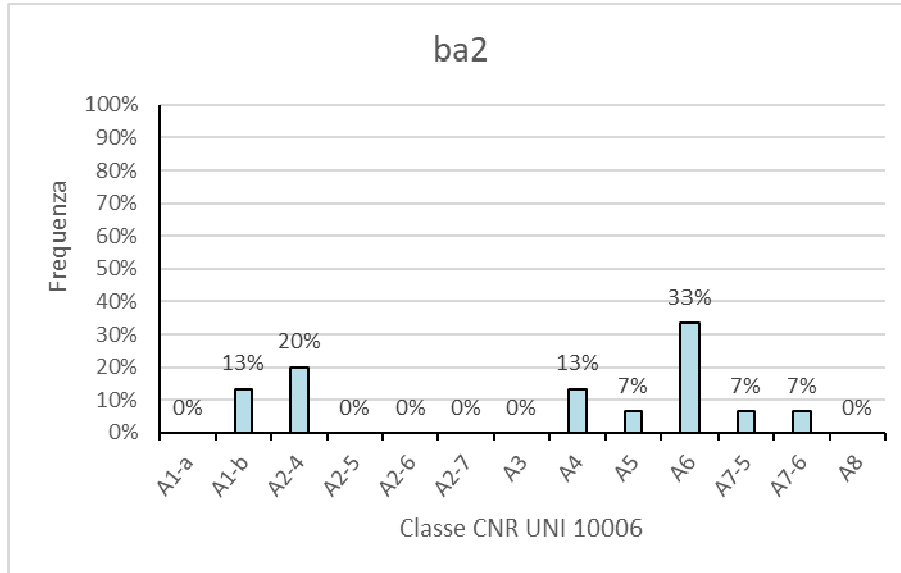


Figura 33 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità ba2

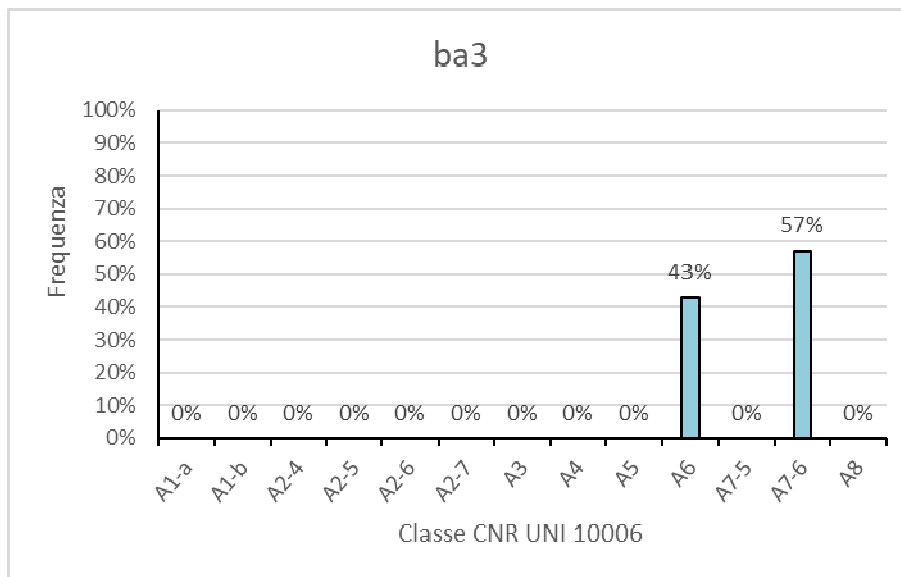


Figura 34 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità ba3



Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	89 di 129

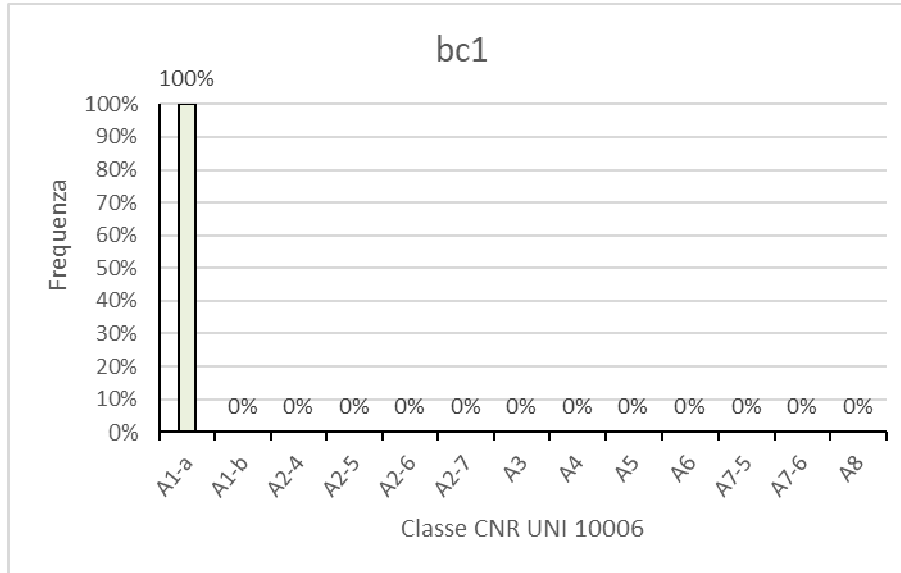


Figura 35 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità bc1

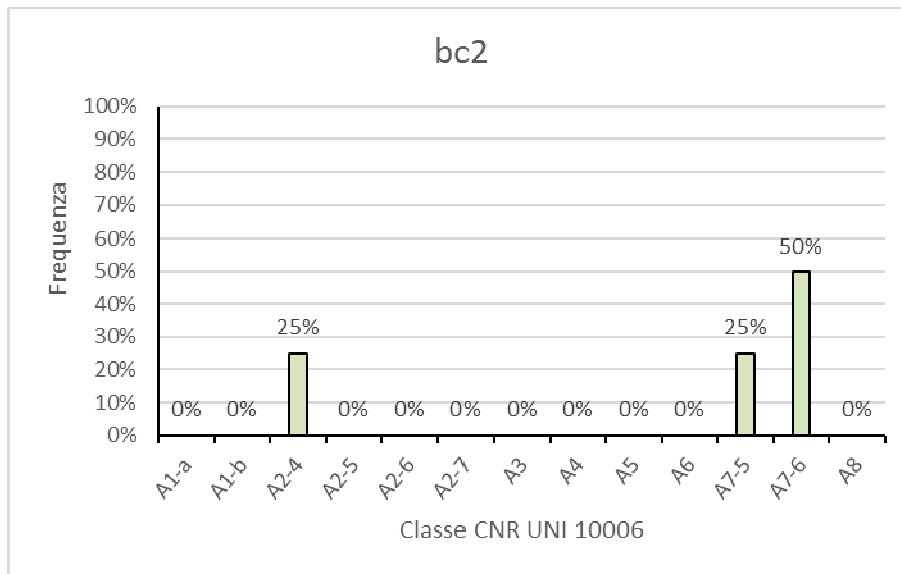


Figura 36 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità bc2

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	90 di 129

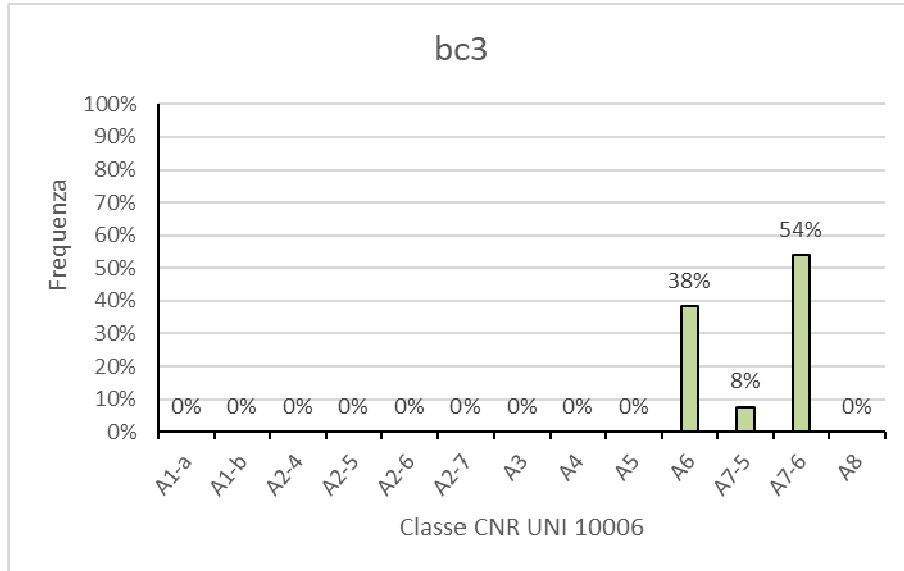


Figura 37 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità bc3

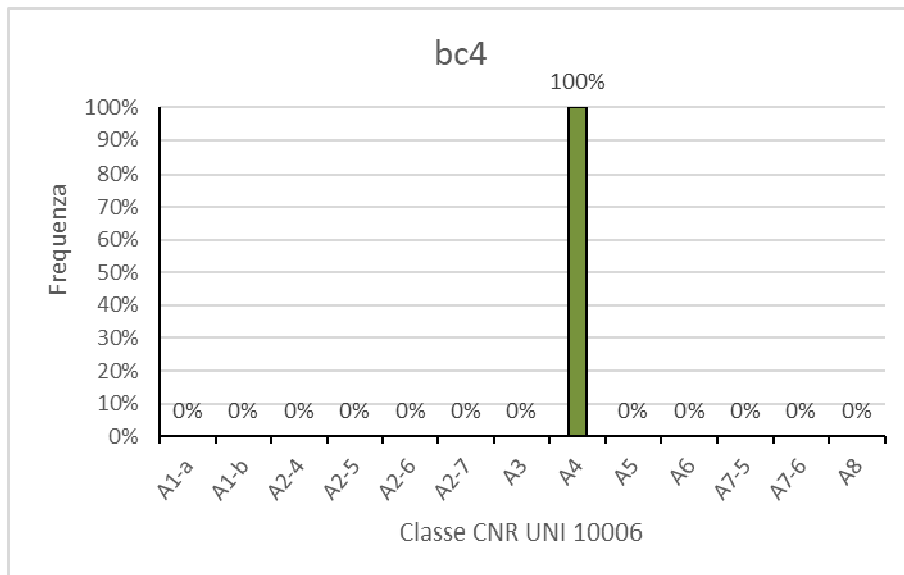


Figura 38 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità bc4

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	91 di 129

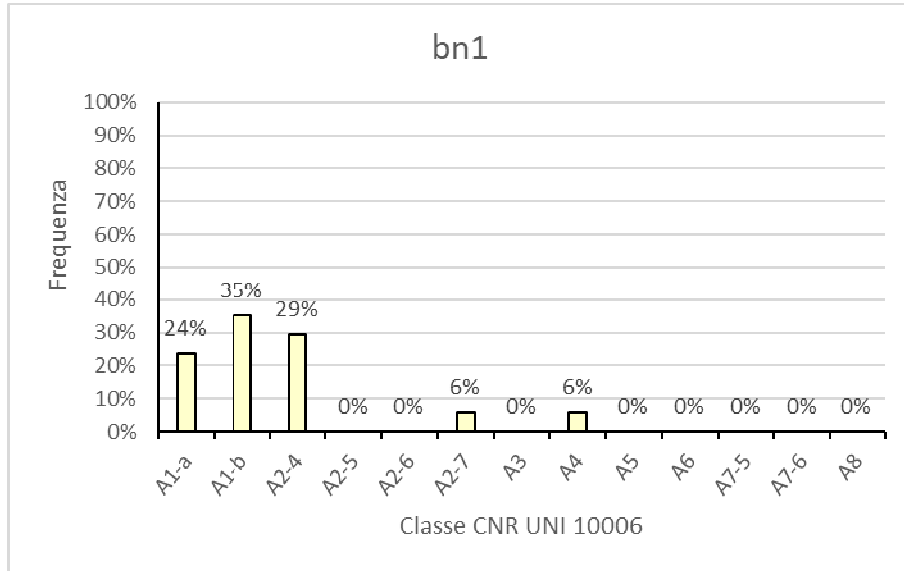


Figura 39 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità bn1

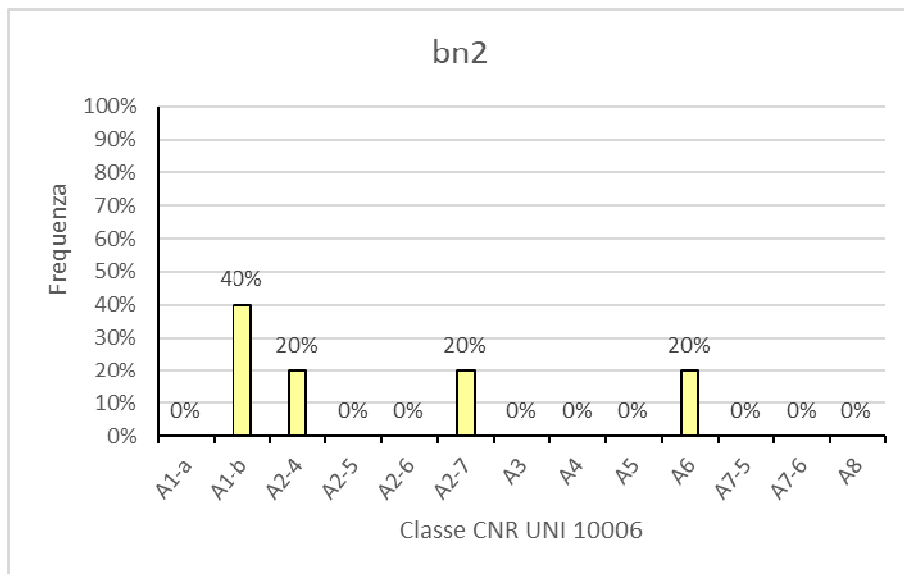


Figura 40 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità bn2

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	92 di 129

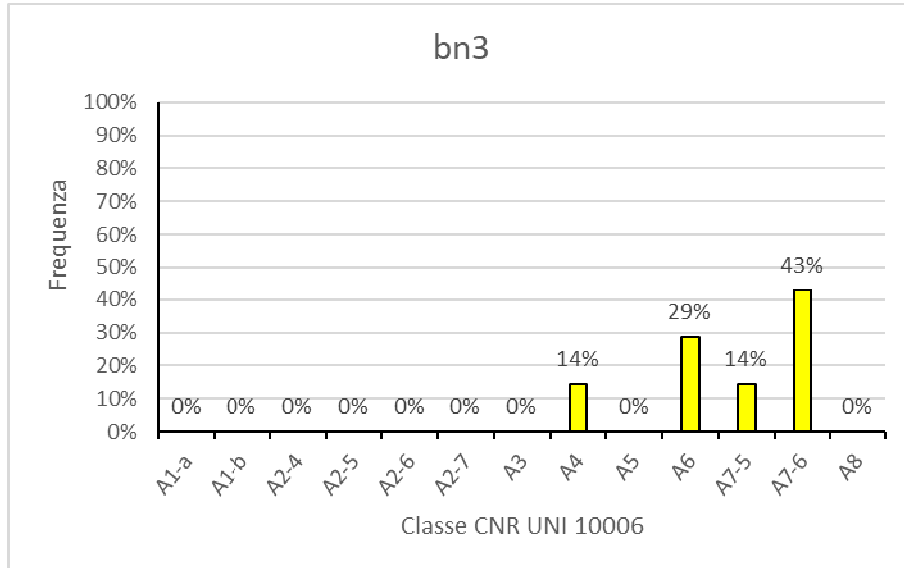


Figura 41 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità bn3

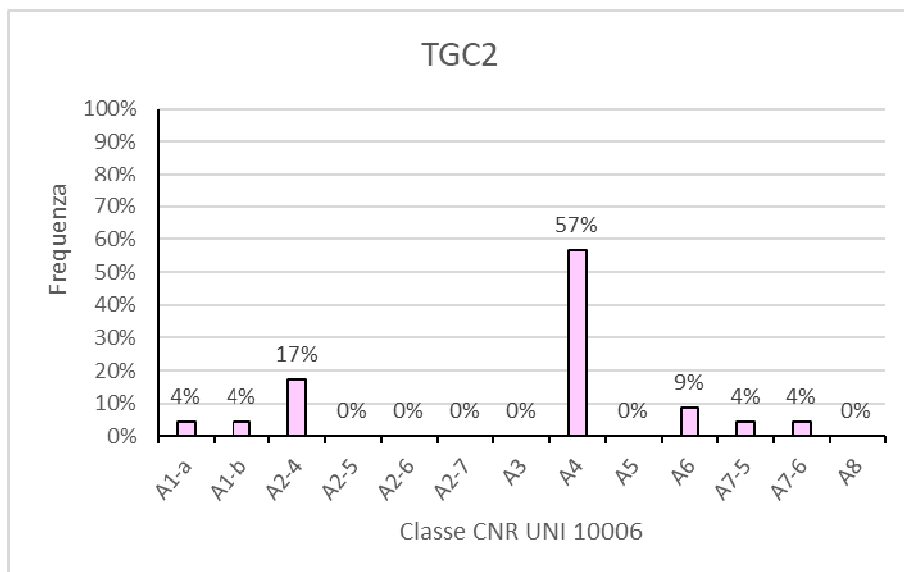


Figura 42 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità TGC2

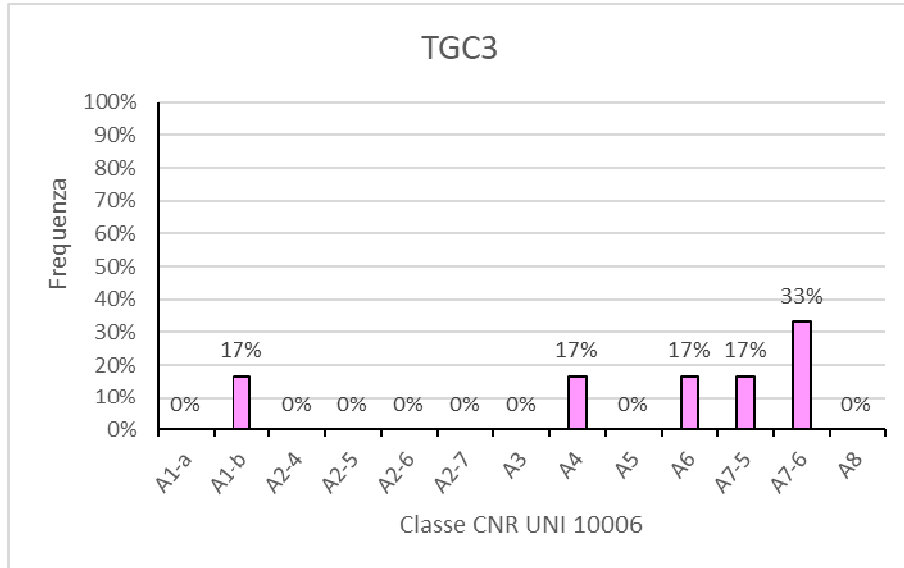


Figura 43 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità TGC3

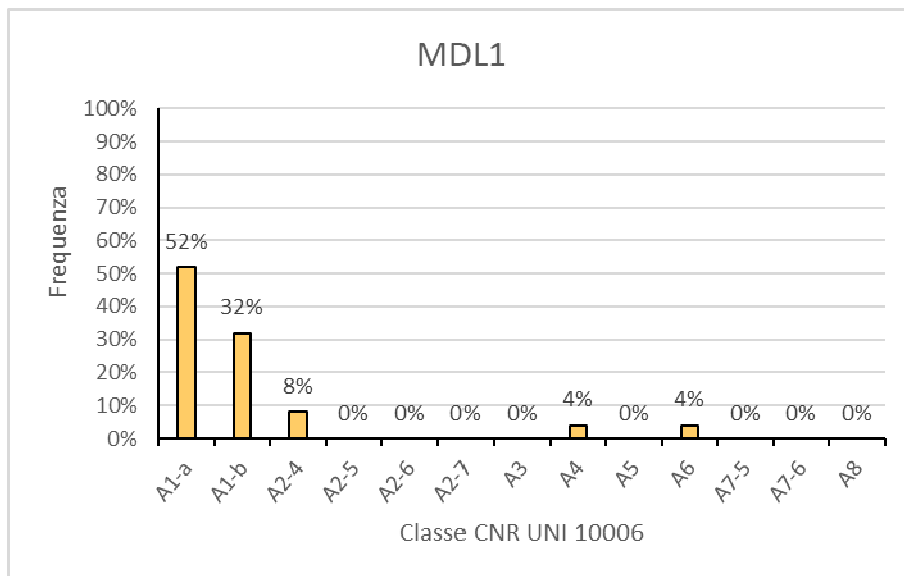


Figura 44 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità MDL1

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	94 di 129

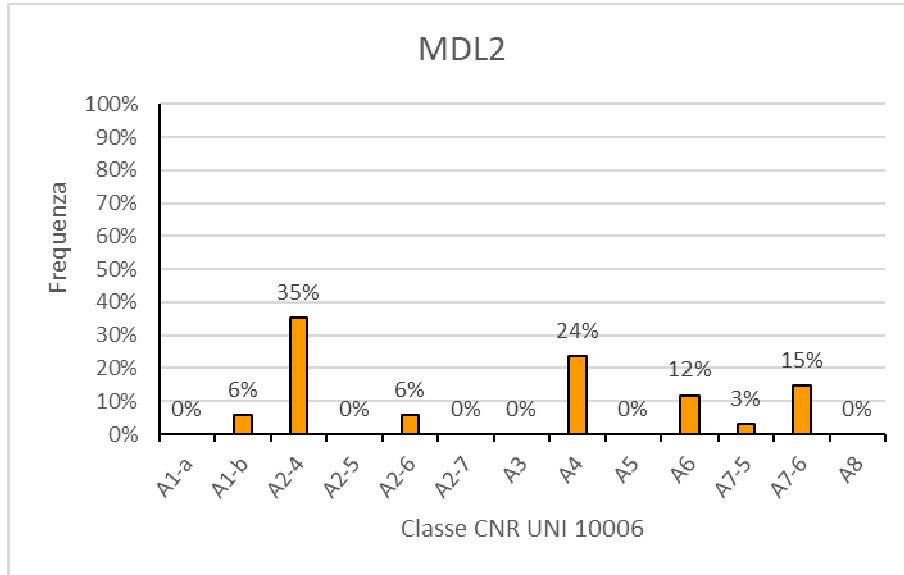


Figura 45 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità MDL2

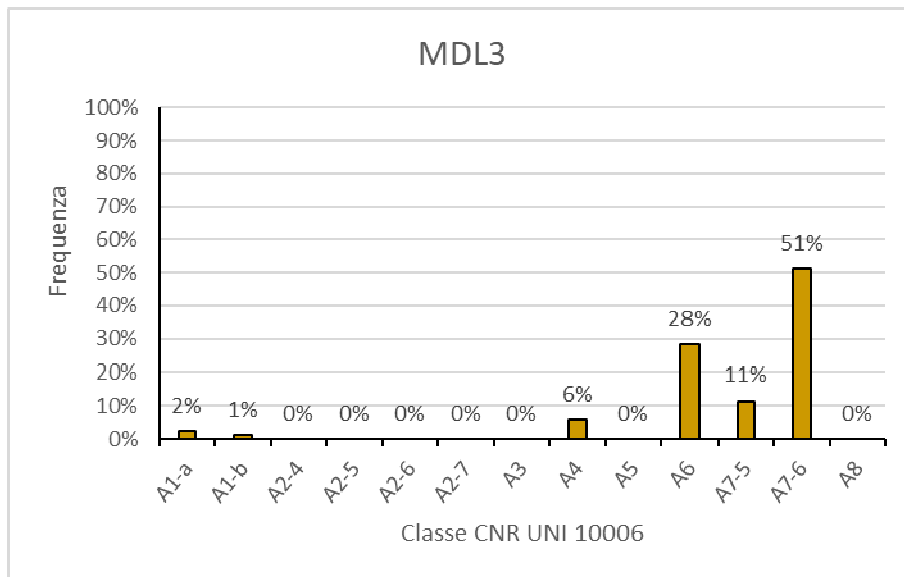


Figura 46 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità MDL3

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	95 di 129

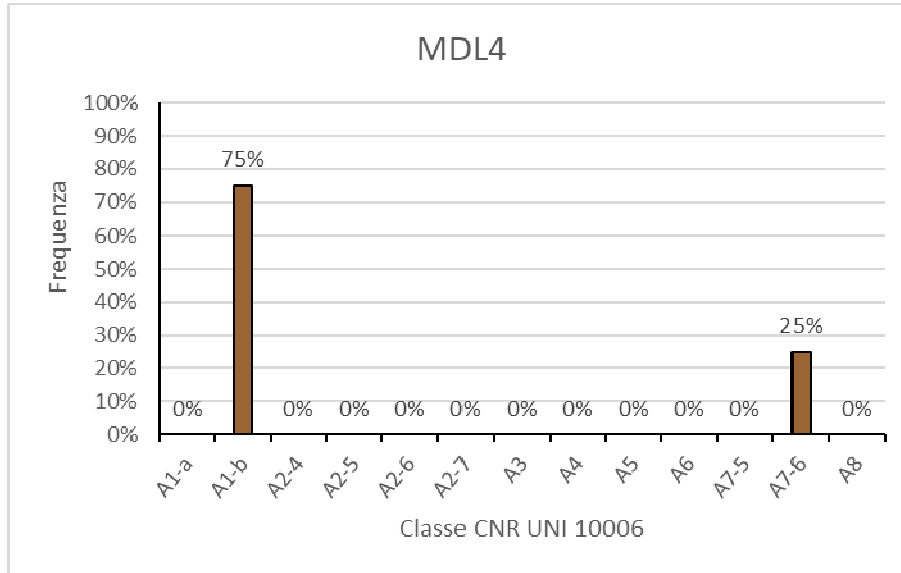


Figura 47 - Classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006) campioni terreno unità MDL4

## ALLEGATO A – GRAFICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

### UNITÀ INCOERENTI BA1, BA2

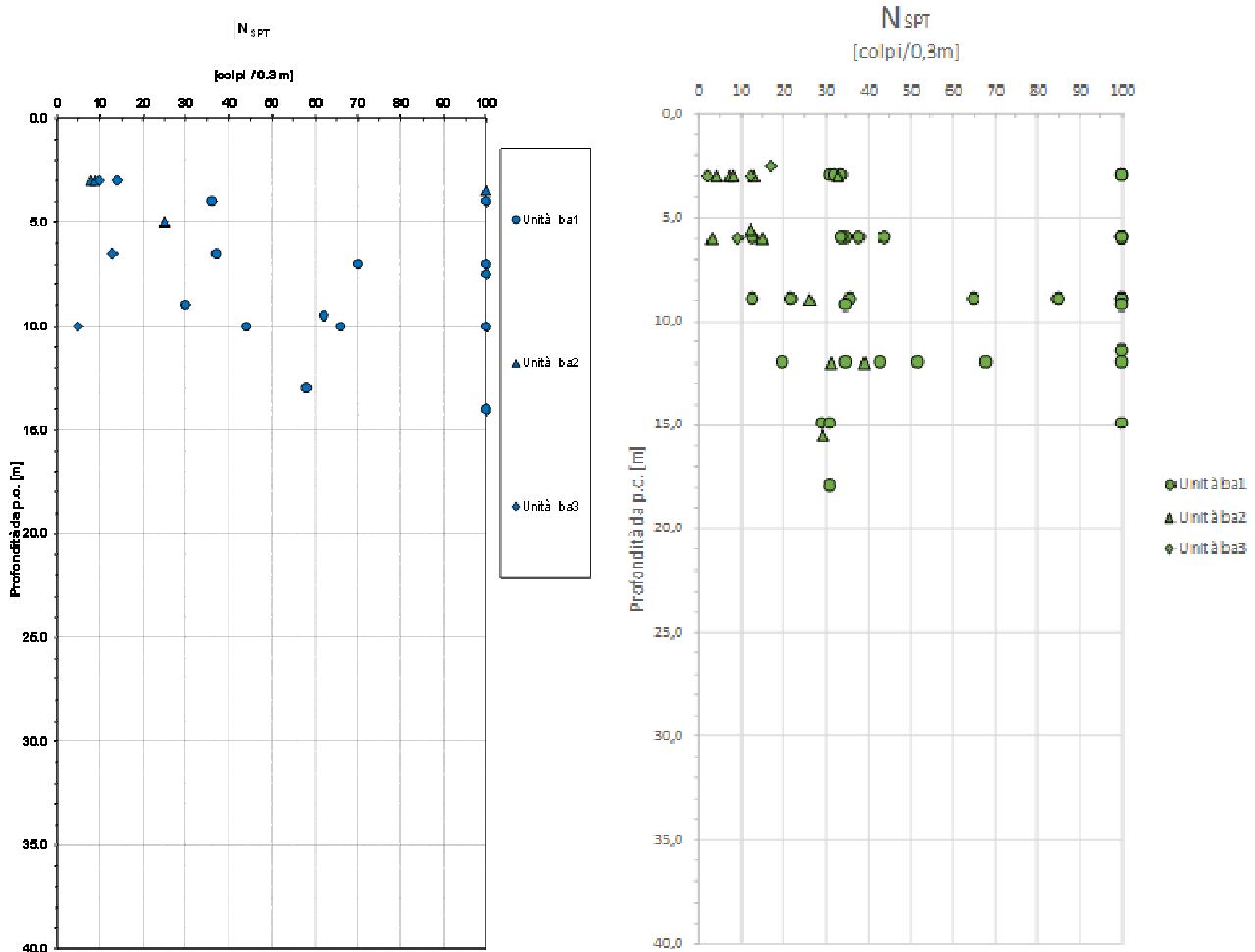


Figura 48 - Unità ba1 e ba2, valori di N<sub>SPT</sub> da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)



Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	97 di 129

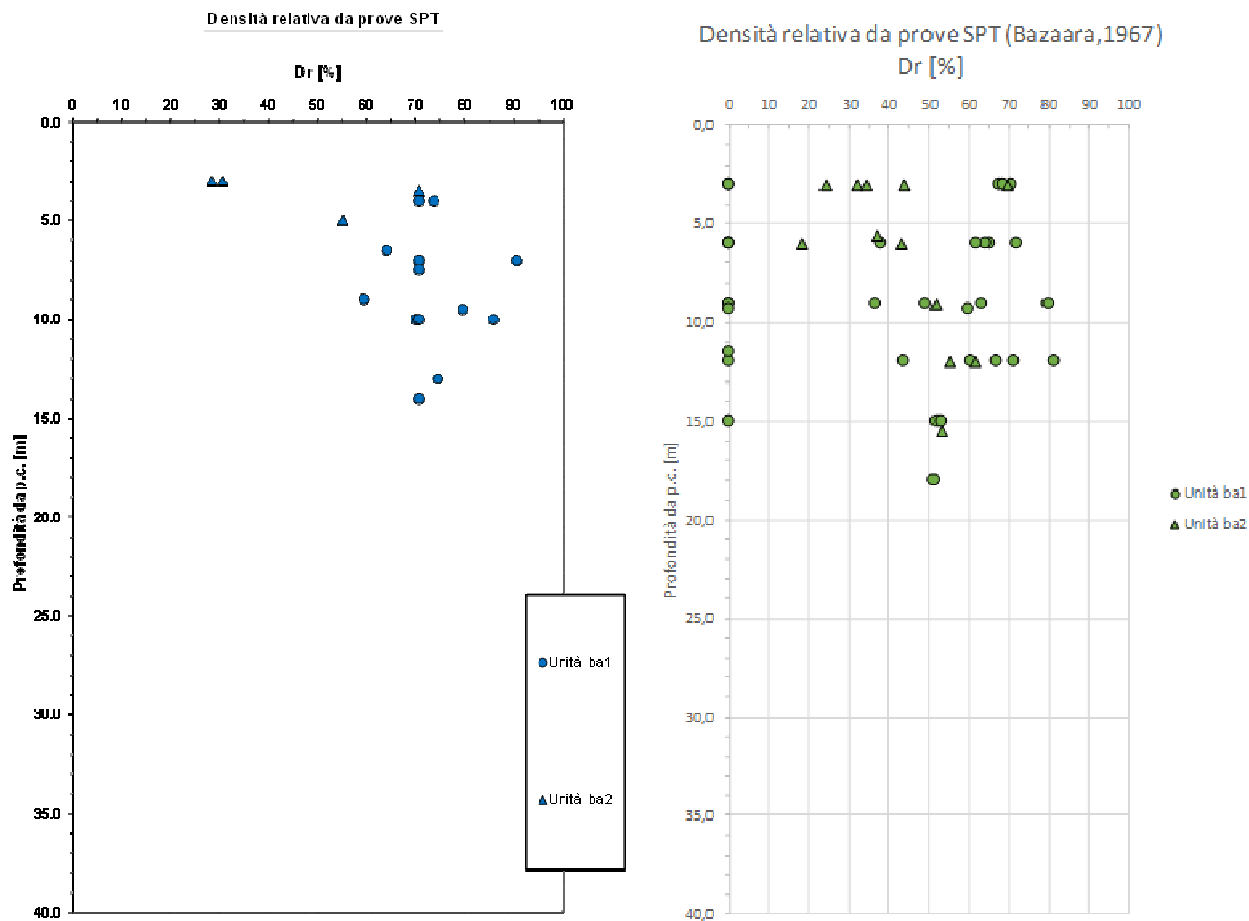


Figura 49 - Unità ba1 e ba2, valori di densità relativa, Dr, da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	98 di 129

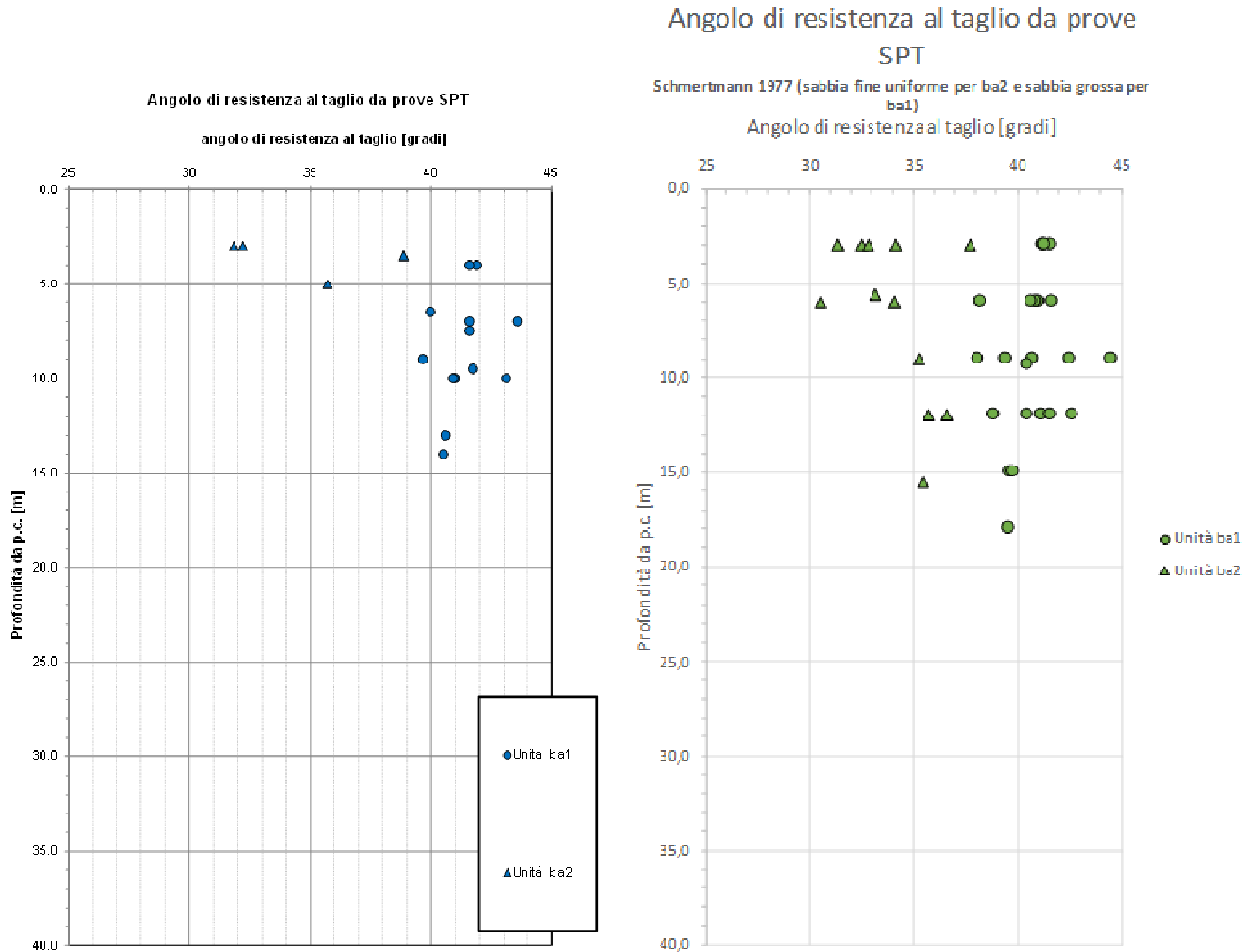


Figura 50 - Unità ba1 e ba2, angolo di resistenza a taglio,  $\phi'$ , da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	99 di 129

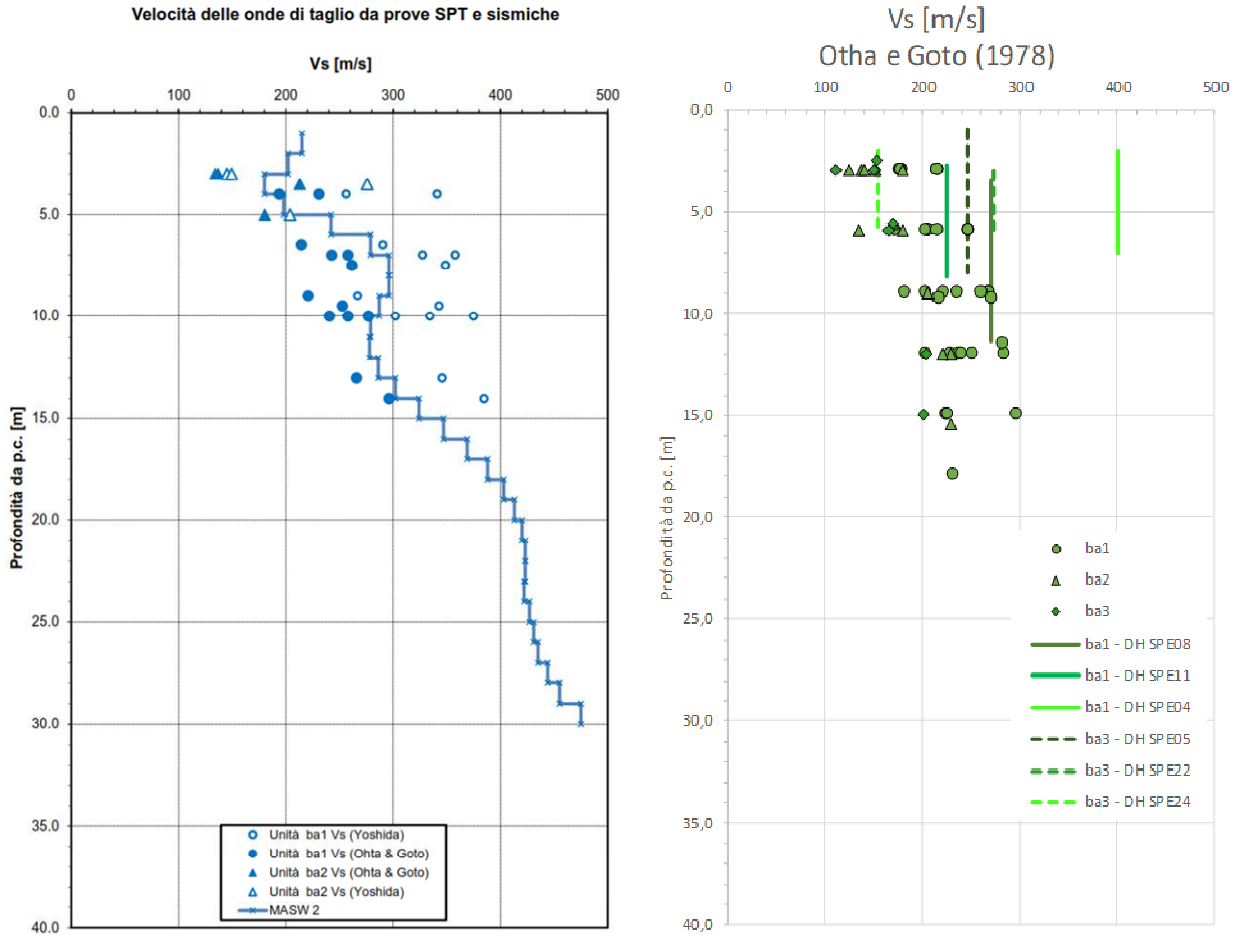


Figura 51 - Unità ba1 e ba2, velocità delle onde di taglio, Vs, da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)

## UNITÀ INCOERENTI BC1, BC2

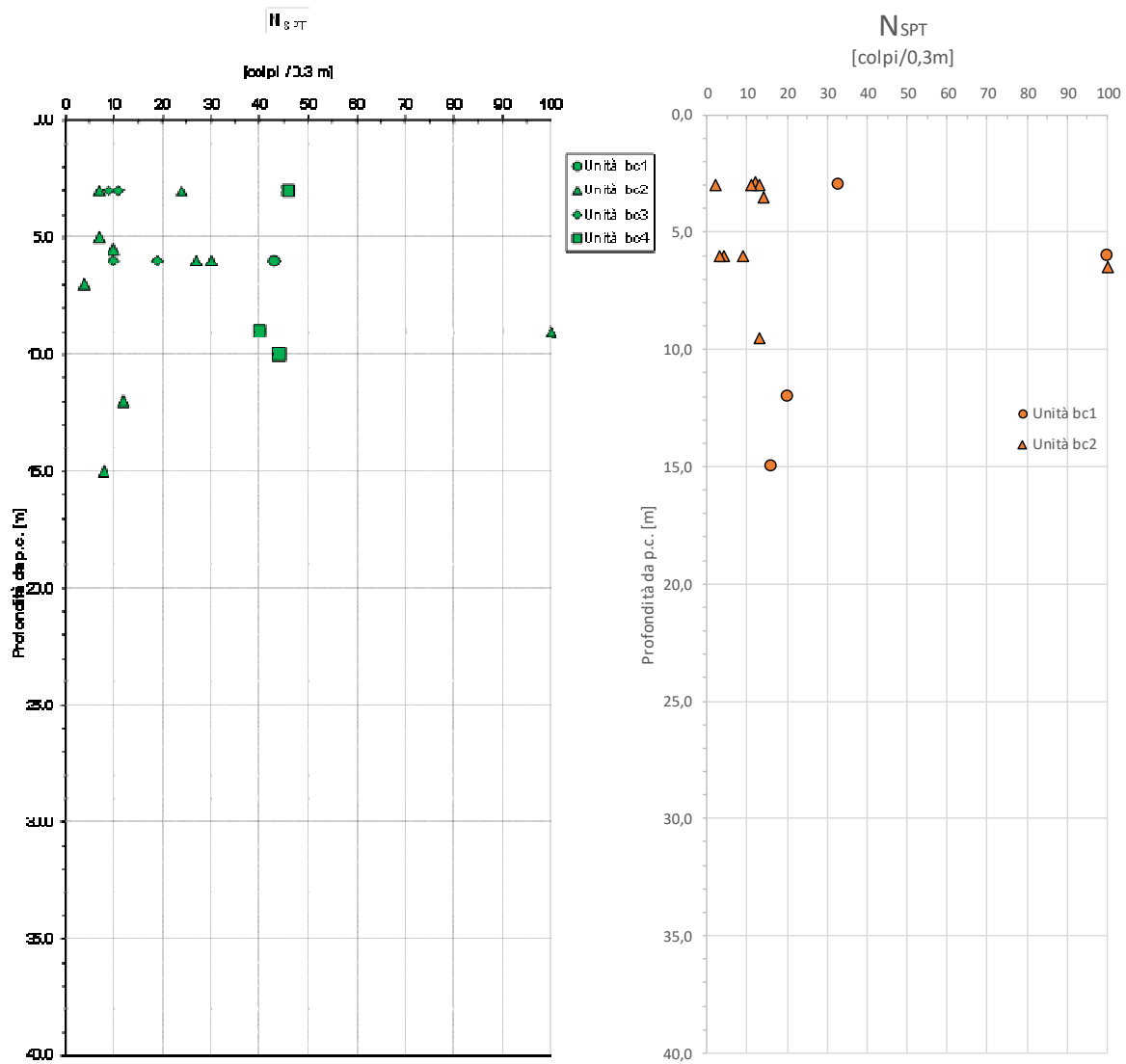


Figura 52 - Unità bc1 e bc2, valori di N<sub>SPT</sub> da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	101 di 129

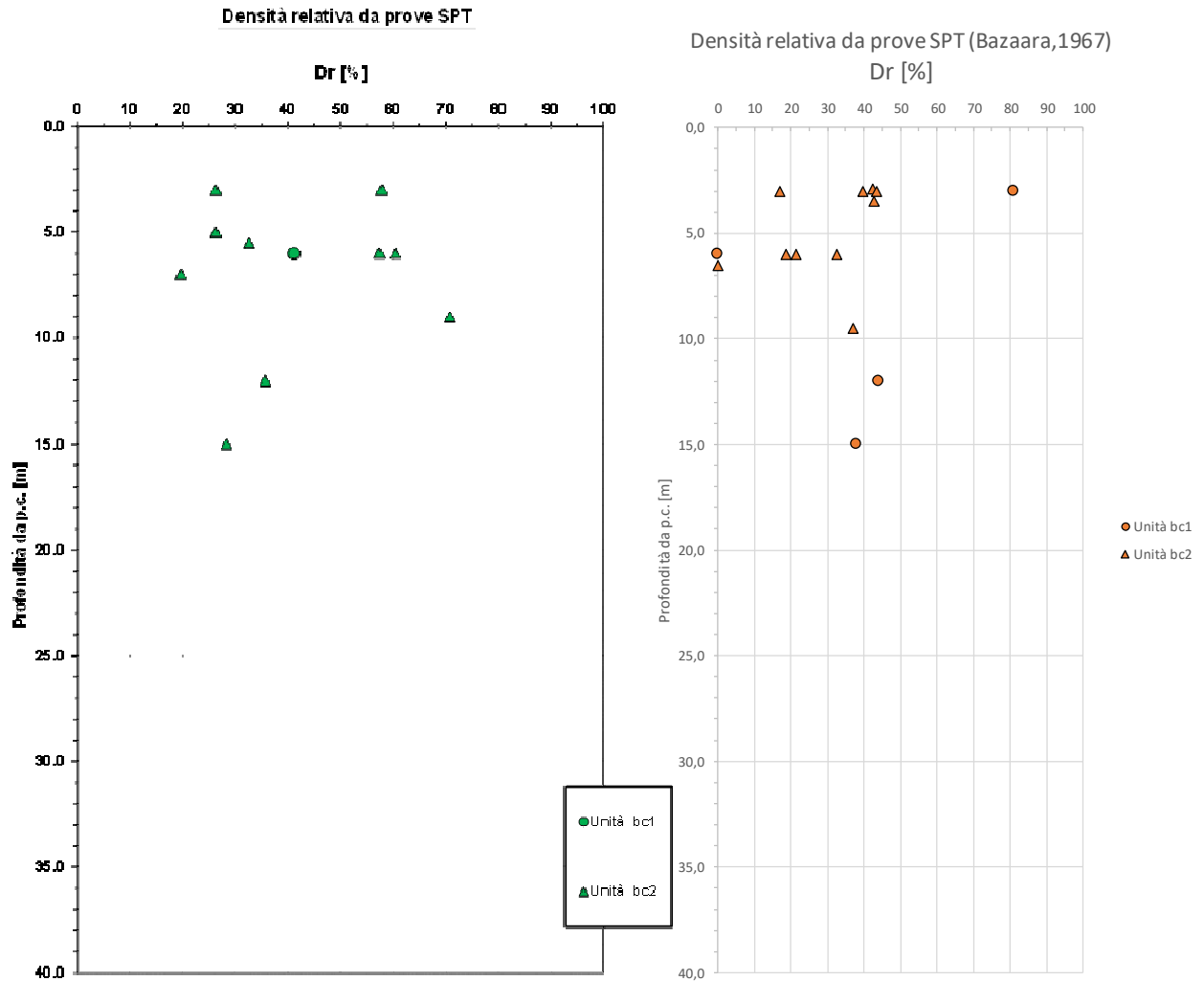


Figura 53 - Unità bc1 e bc2, valori di densità relativa, Dr, da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	102 di 129

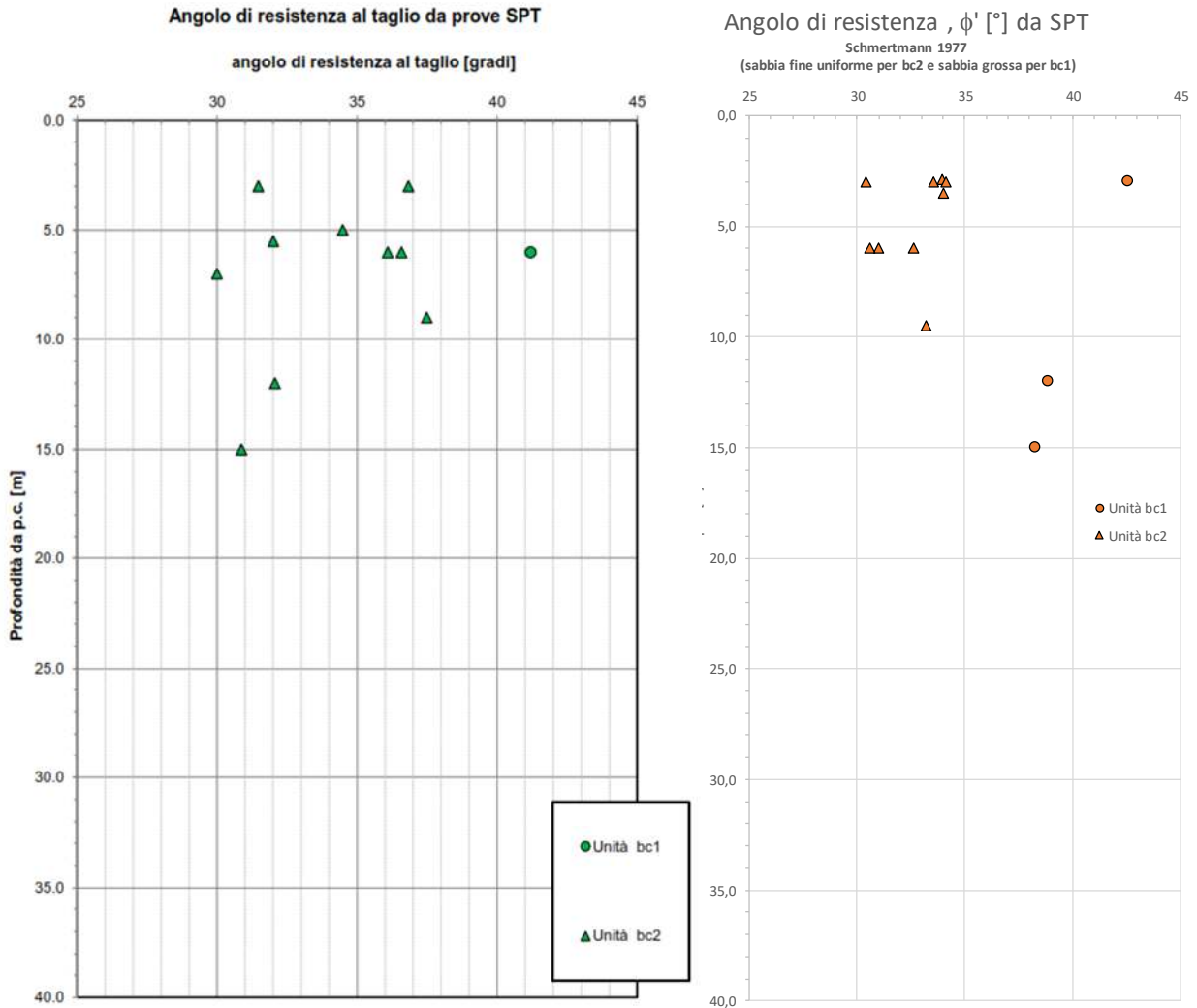


Figura 54 - Unità bc e bc2, angolo di resistenza a taglio,  $\phi'$ , da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)

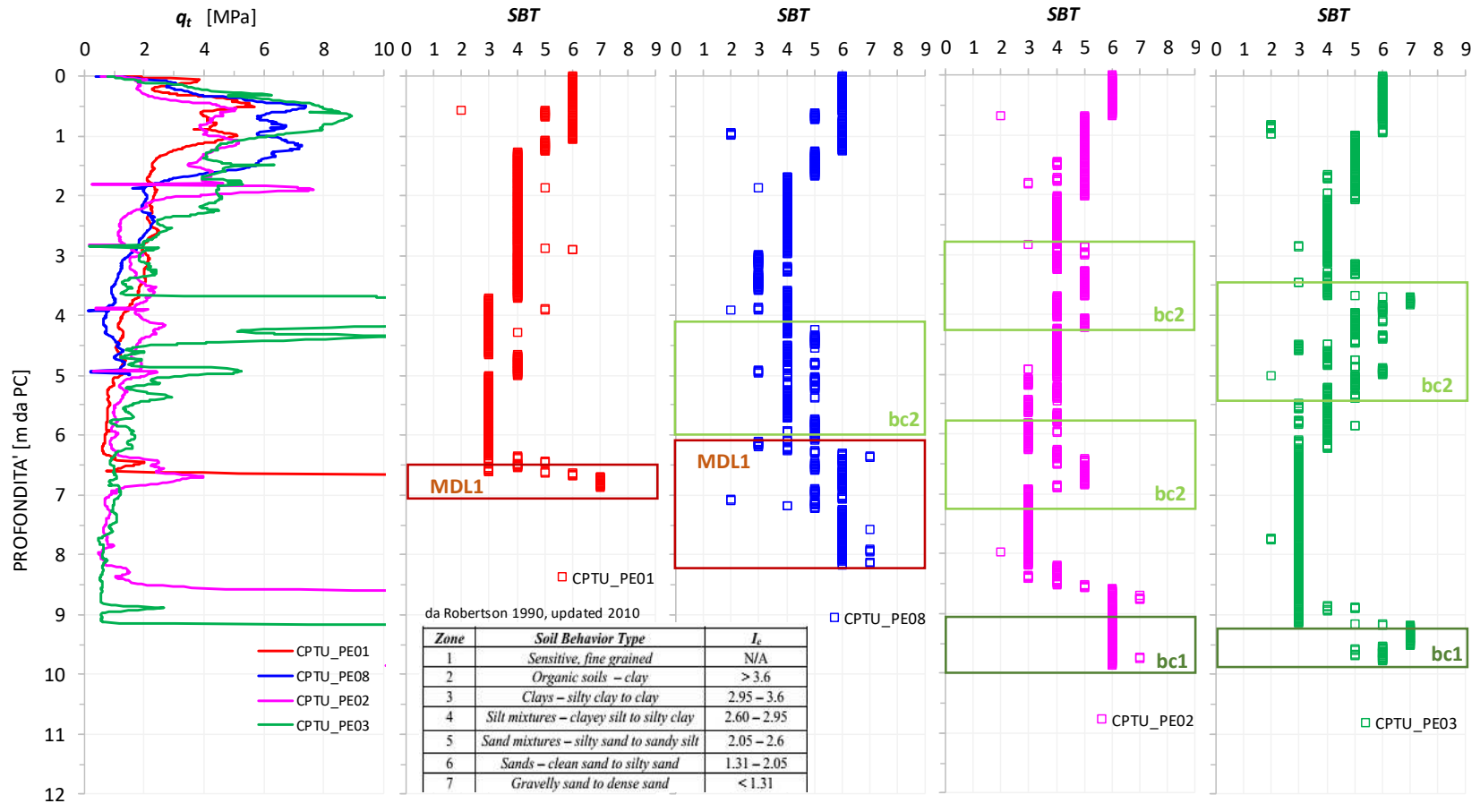


Figura 55 - Unità bc2, risultati CPTUPE01, 08, 02, 03: di resistenza alla punta, qc, classe di comportamento (SBT)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	104 di 129

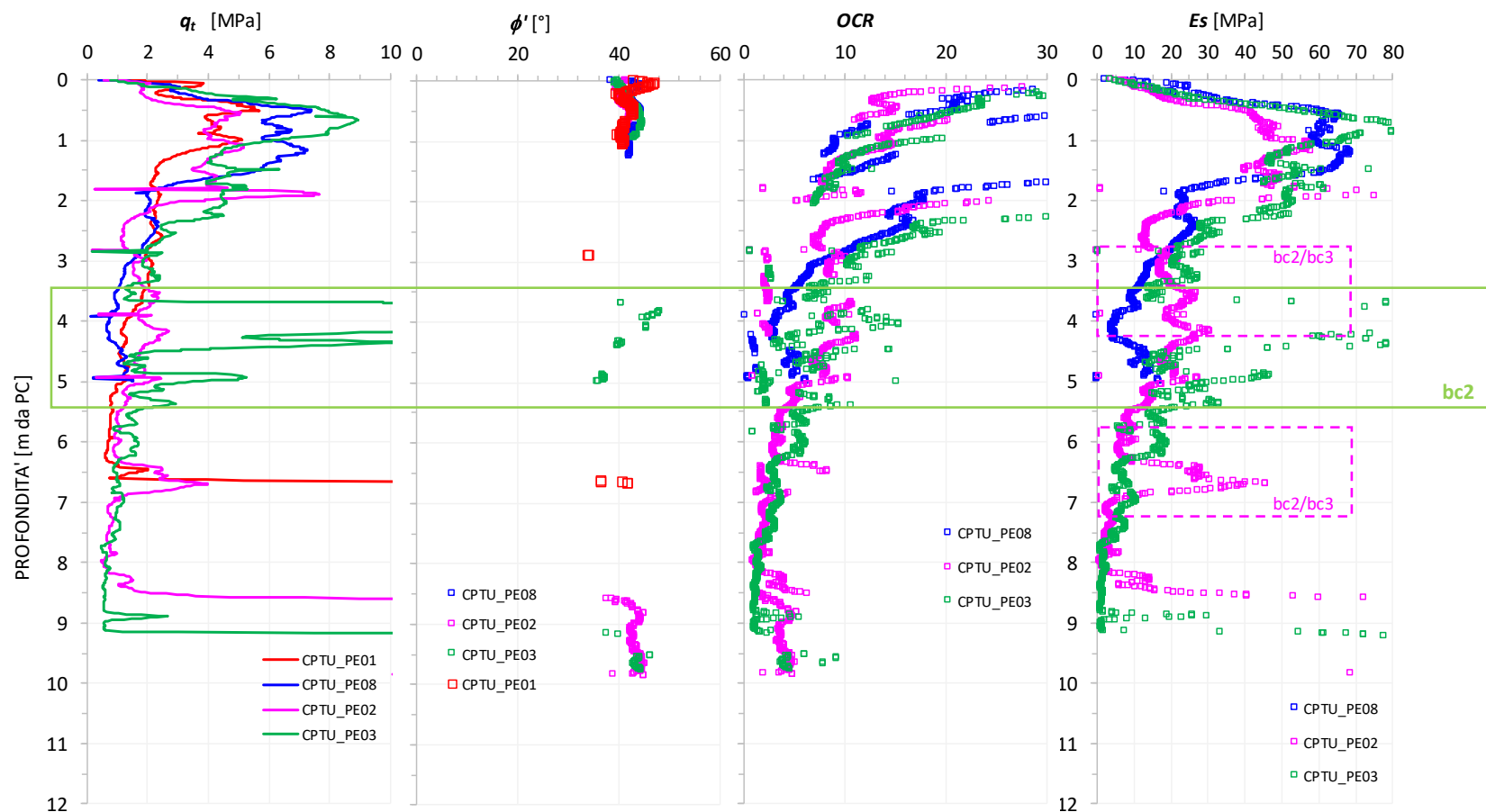


Figura 56 - Unità bc2, risultati CPTU: resistenza alla punta,  $q_c$ , angolo d'attrito,  $\phi'$ , OCR, modulo elastico,  $E_s$



Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	105 di 129

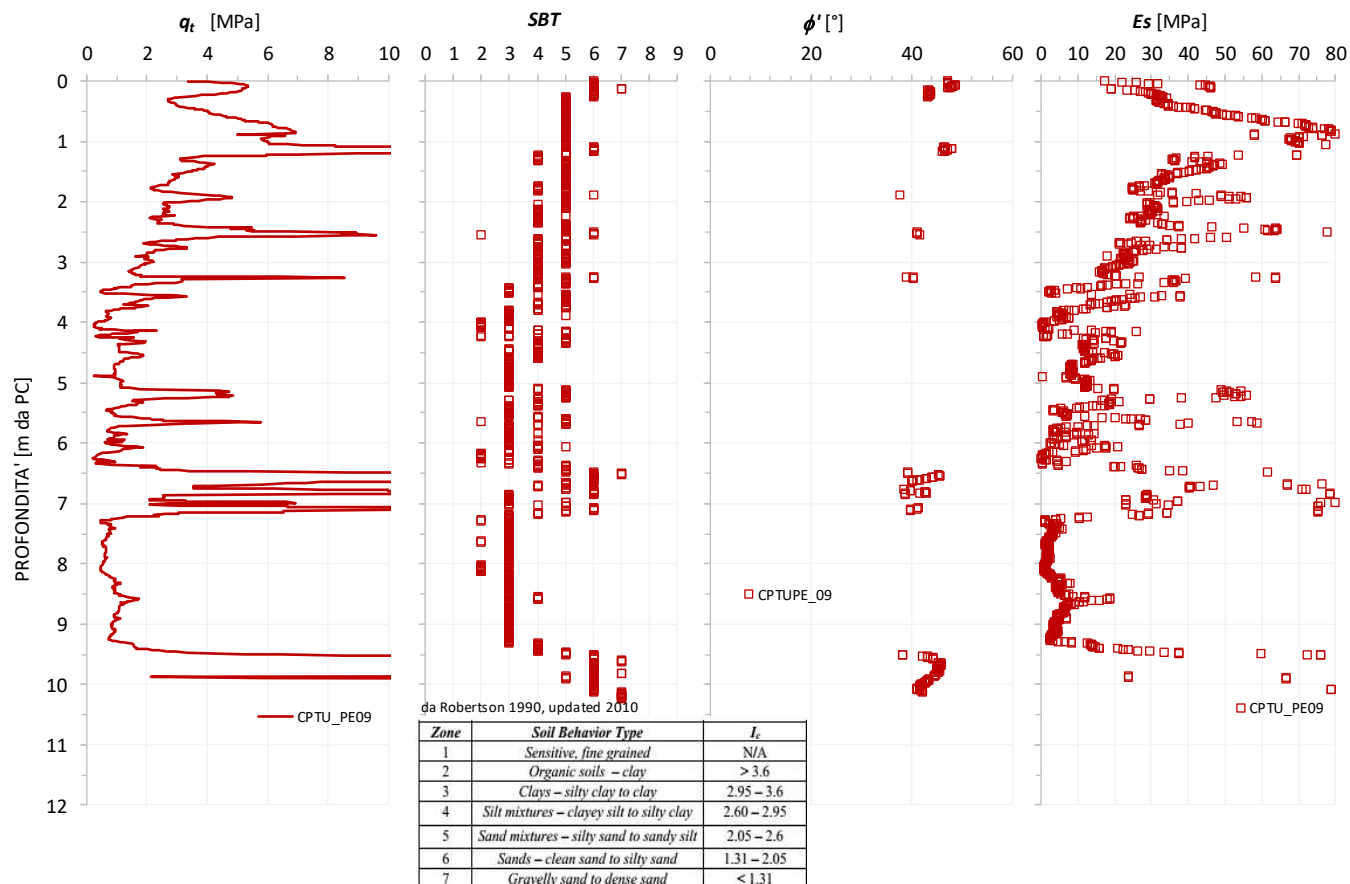


Figura 57 - Unità bc2, risultati CPTUPE09: resistenza alla punta, q<sub>c</sub>, angolo d'attrito, φ', OCR, modulo elastico, Es

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	106 di 129

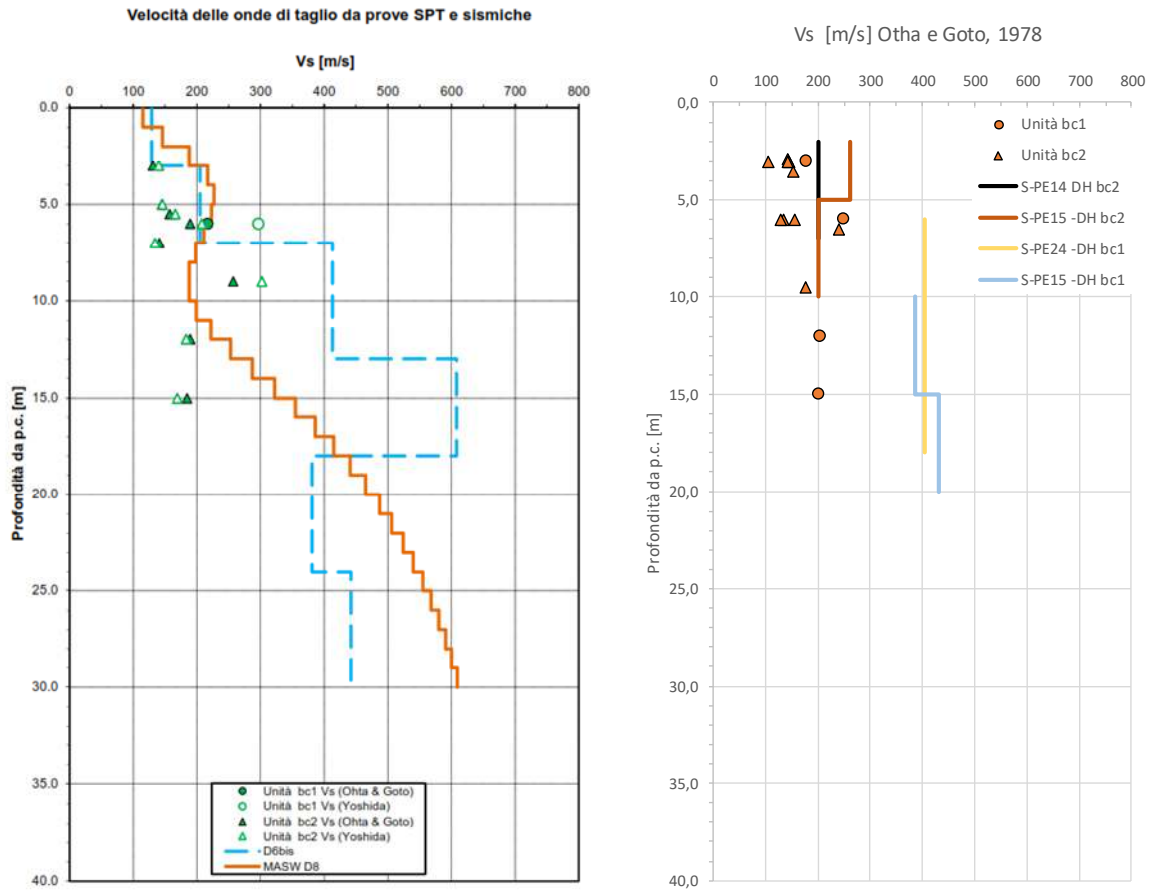


Figura 58 - Unità bc1 e bc2, valori di Vs, da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, Progetto Esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	107 di 129

UNITÀ COESIVA BC3

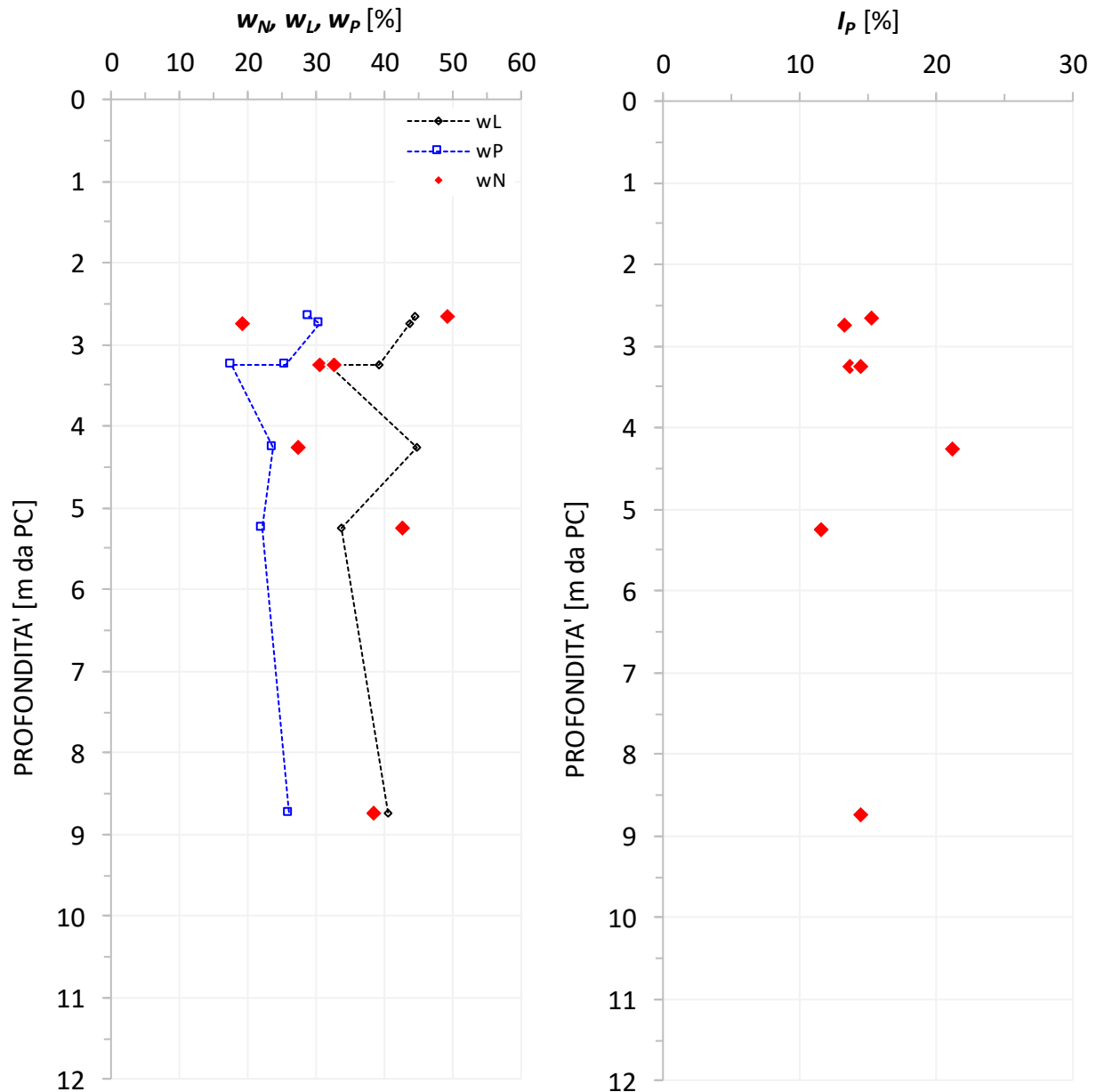


Figura 59 - Unità bc3, limite liquido (wL), plastico (wP), contenuto d'acqua naturale (wN), indice di plasticità (Ip)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	108 di 129

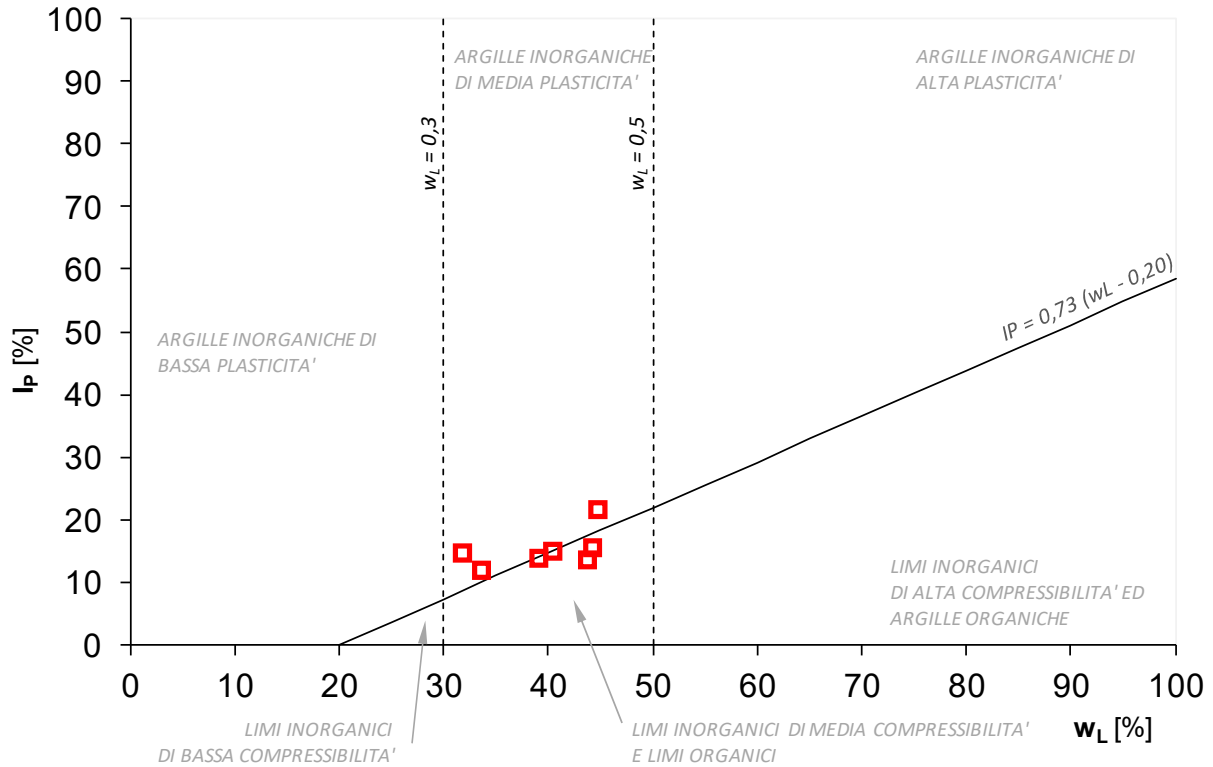


Figura 60 - Unità bc3, carta di plasticità di Casagrande

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	109 di 129

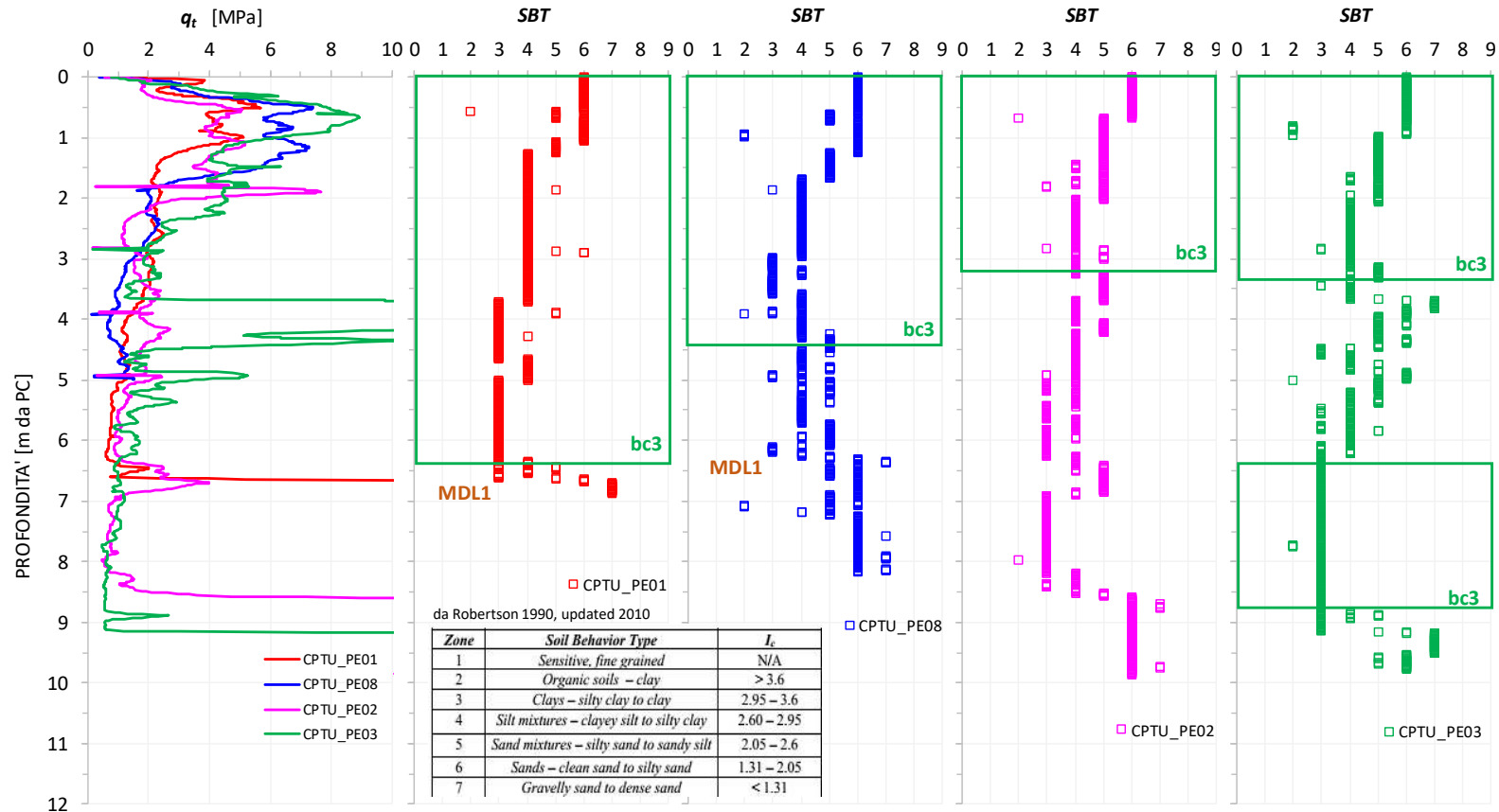


Figura 61 - Unità bc3, risultati CPTUPE01, 08, 02, 03: di resistenza alla punta, qc, classe di comportamento (SBT)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	110 di 129

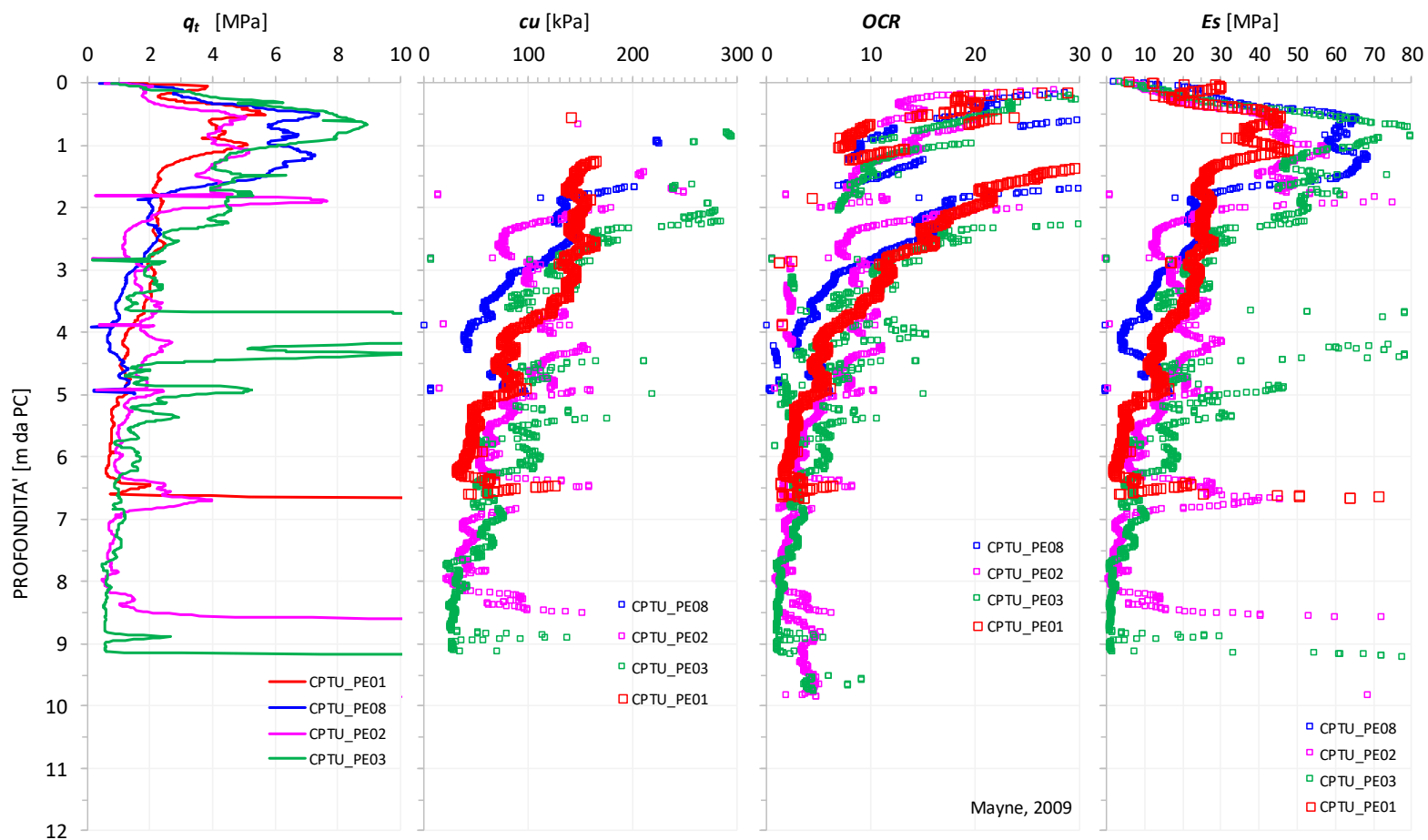


Figura 62 - Unità bc3, risultati CPTU: resistenza alla punta, qc, coesione non drenata, cu, OCR, modulo elastico, Es

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	111 di 129

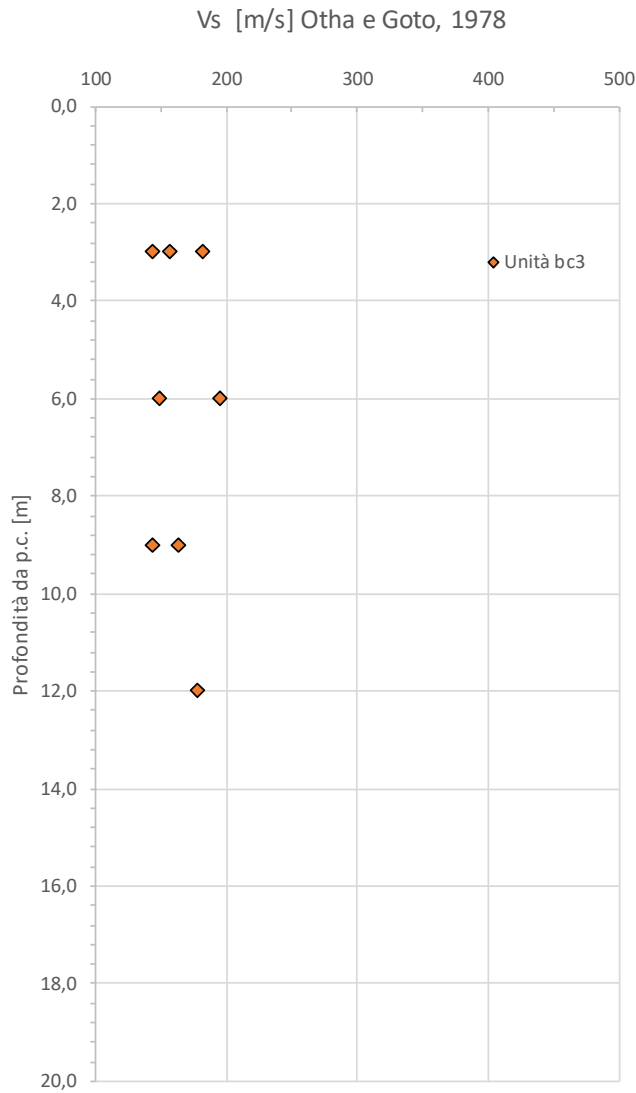


Figura 63 - Unità bc3, velocità delle onde di taglio, Vs, da indagine integrativa

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	112 di 129

UNITÀ INCOERENTI TGC1, TGC2

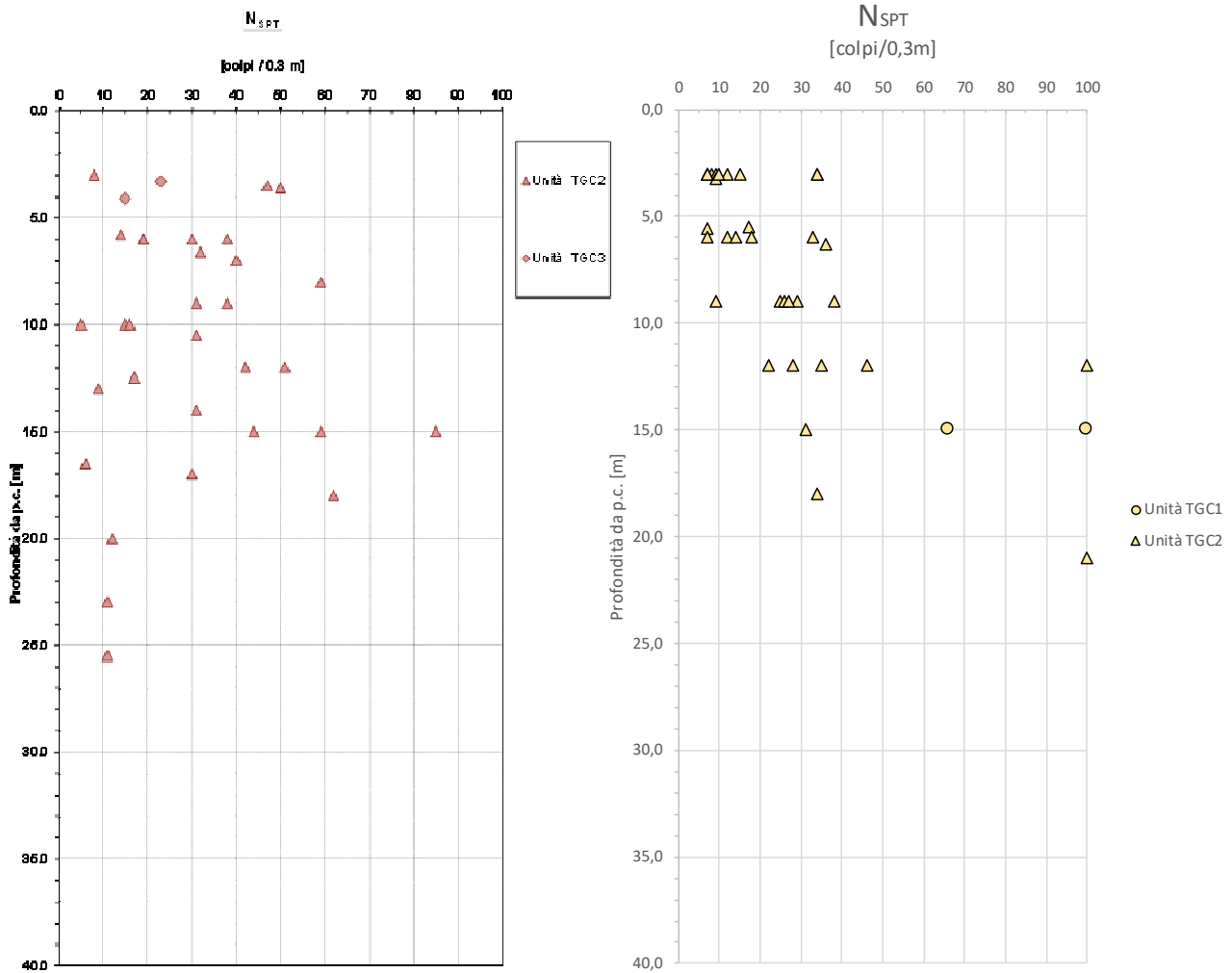
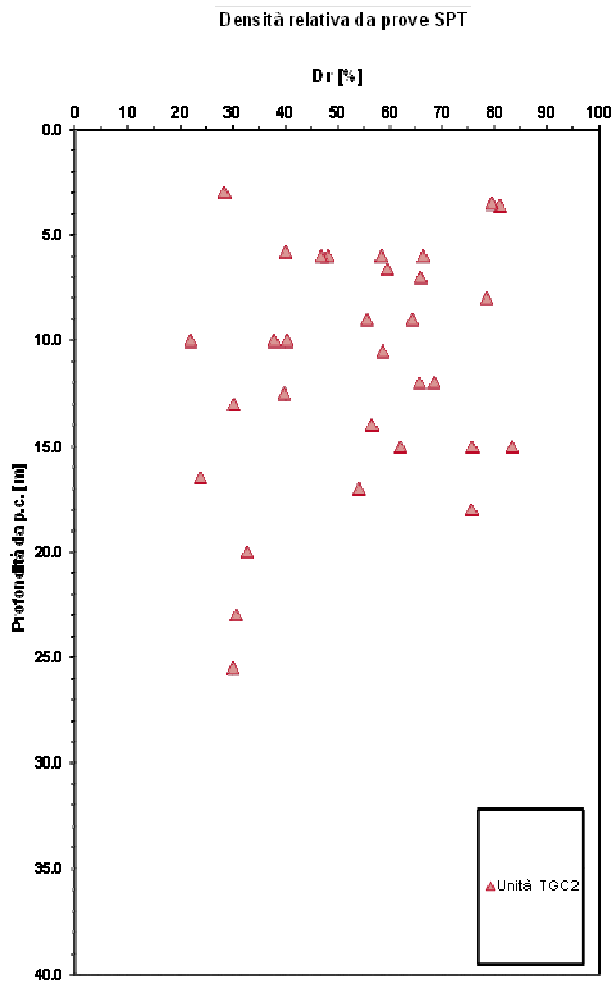


Figura 64 - Unità TGC1 e TGC22, valori di N<sub>SPT</sub> da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)



Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	113 di 129



Densità relativa da prove SPT (Bazaara, 1967)

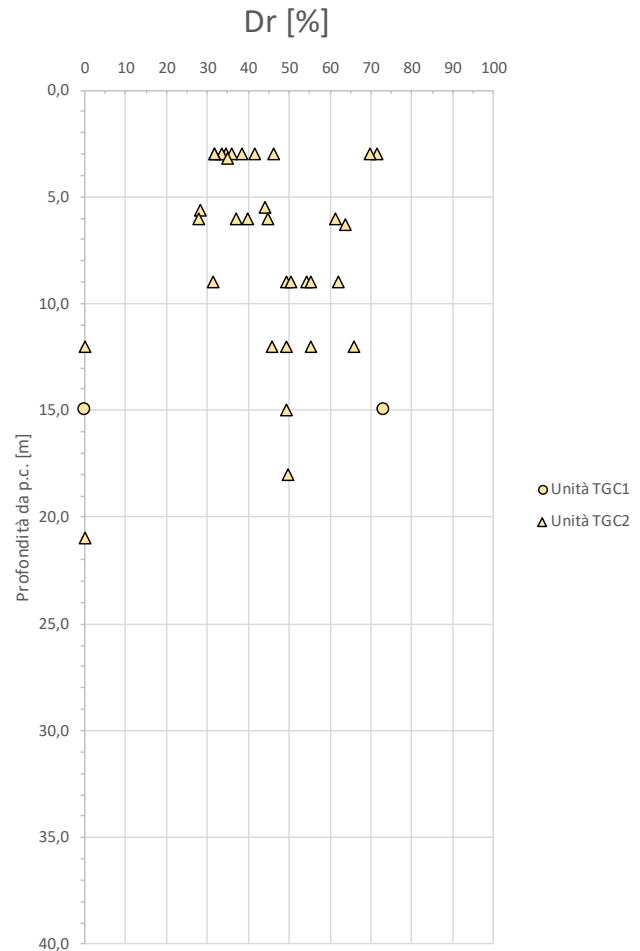


Figura 65 - Unità TGC1 e TGC22, valori di densità relativa,  $D_r$ , da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	114 di 129

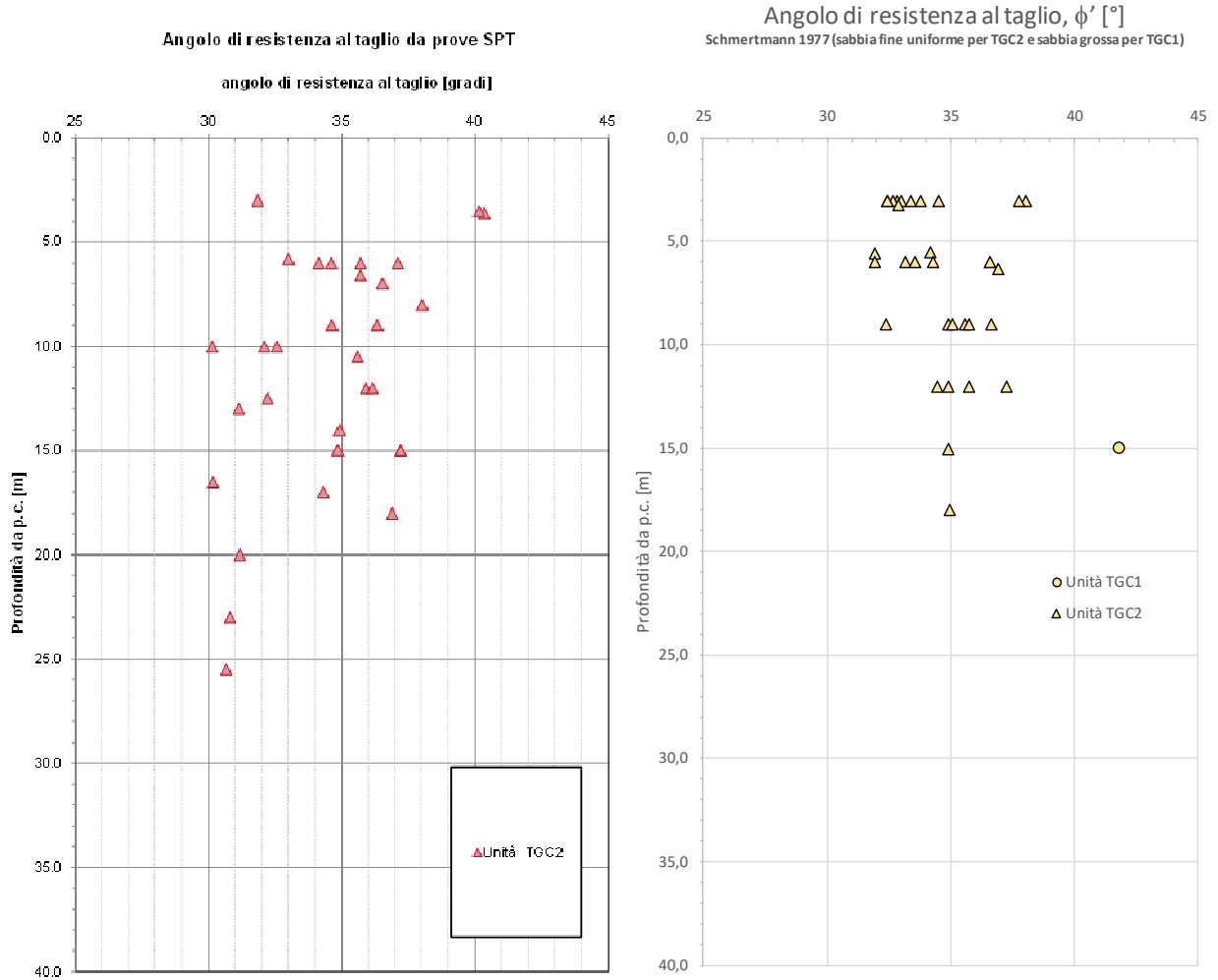


Figura 66 - Unità TGC1 e TGC2, angolo di resistenza a taglio,  $\phi'$  (da SPT), da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	115 di 129

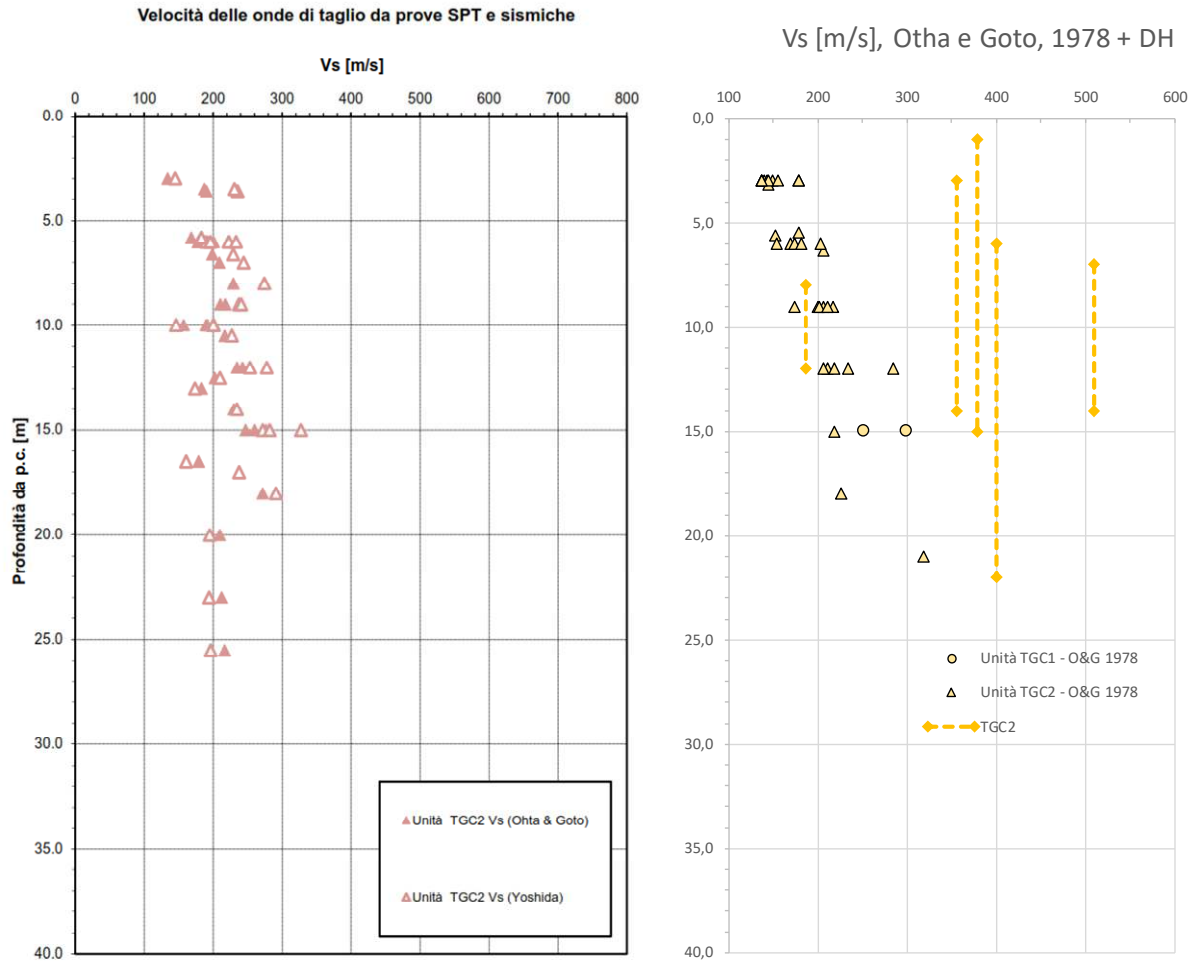


Figura 67 - Unità TGC1 e TGC22, valori di Vs, da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, progetto esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	116 di 129

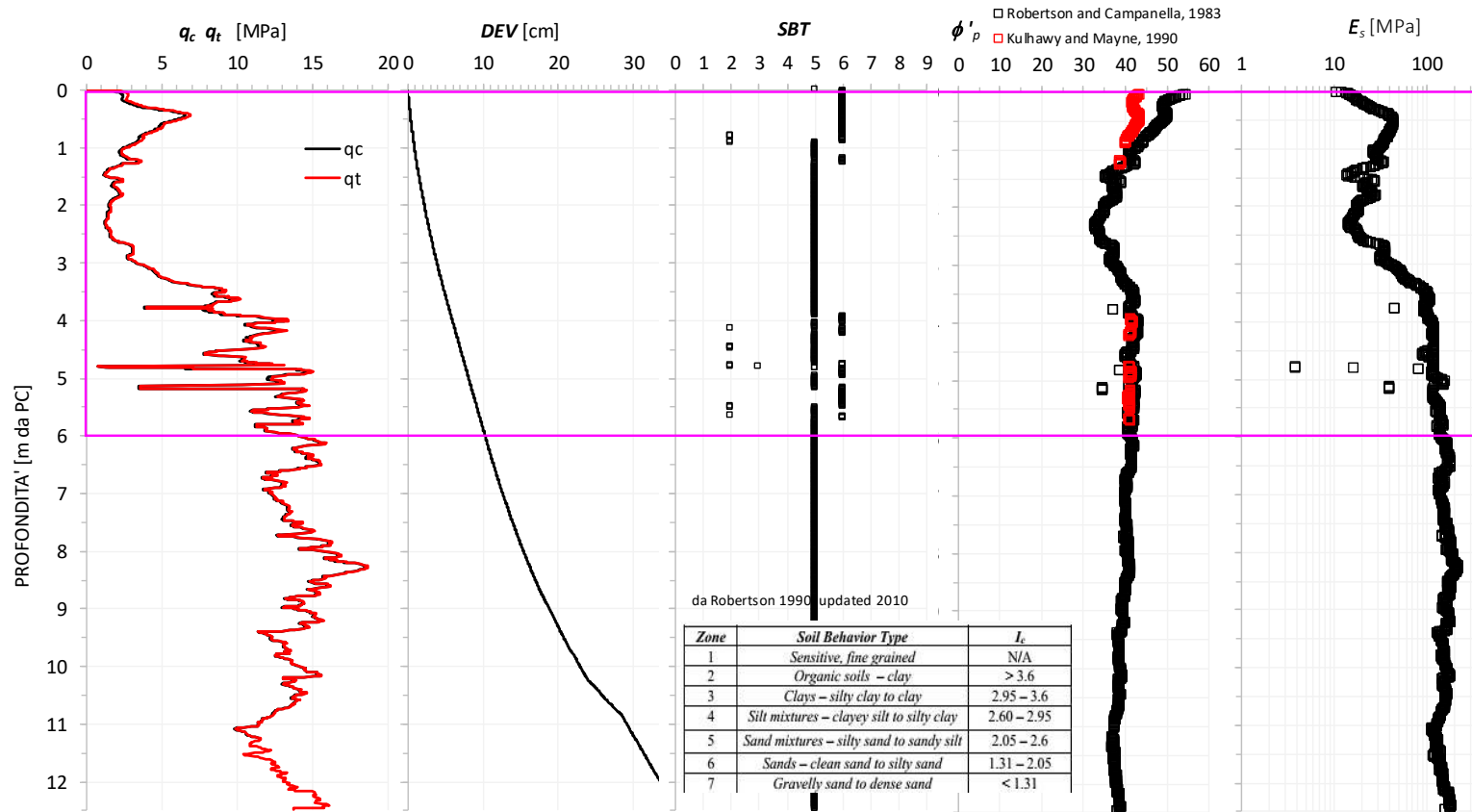


Figura 68 - Unità TGC2, risultati CPTUPE05: resistenza alla punta,  $q_c$ , fuori asse (DEV), SBT,  $\phi'$ , OCR, modulo elastico  $E_s$ , il dato è valido fino a -6.00m dal PC.

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	117 di 129

UNITA' INCOERENTI MDL1, MDL2

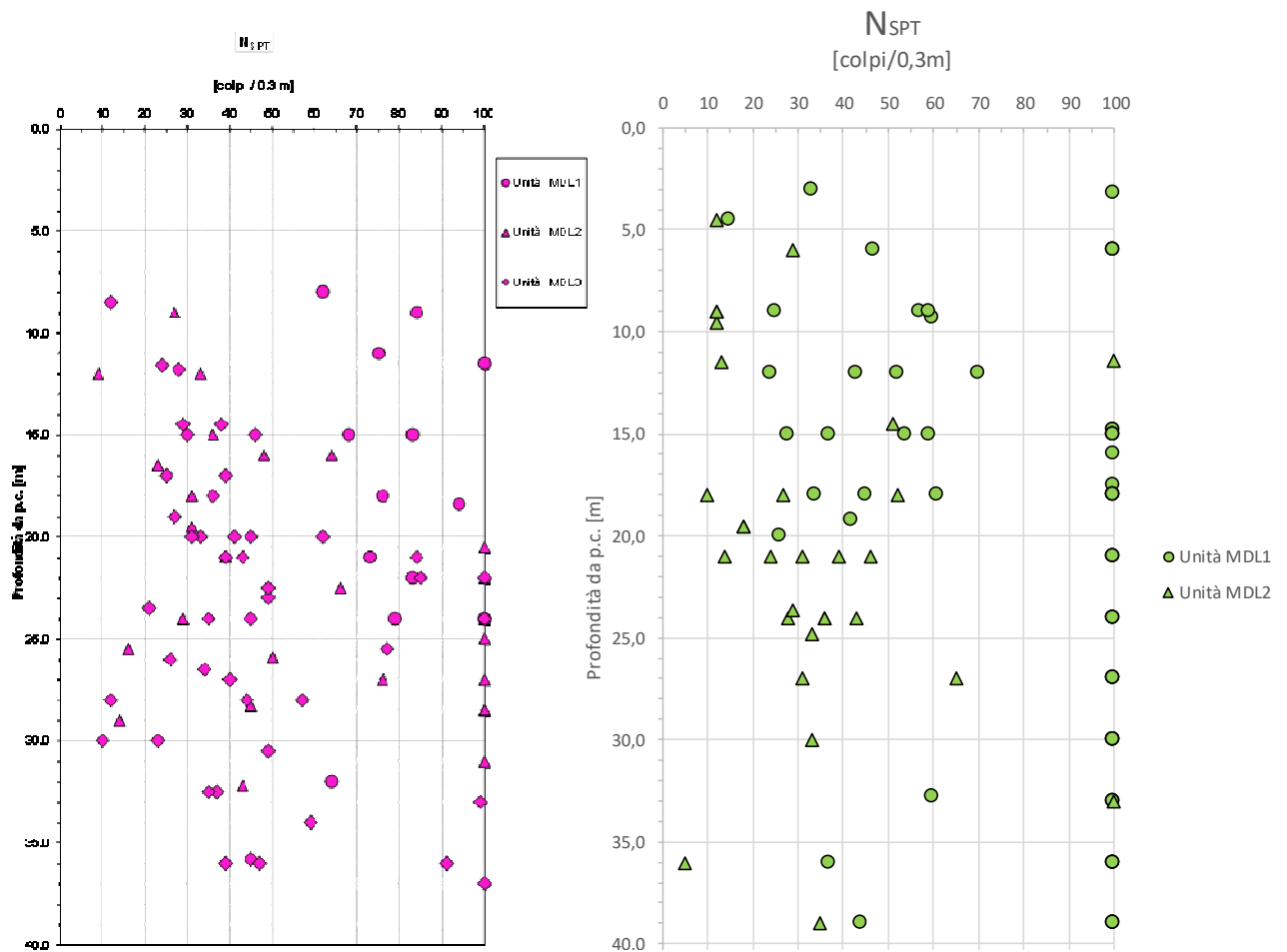


Figura 69 - Unità MDL1 ed MDL2, Valori di N<sub>SPT</sub> da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, Progetto Esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	118 di 129

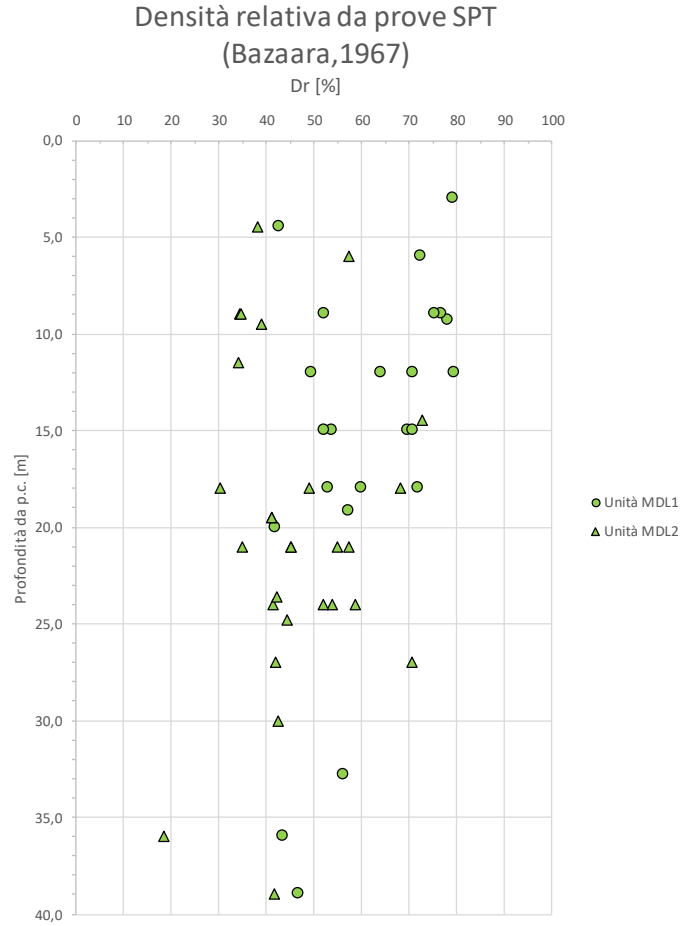
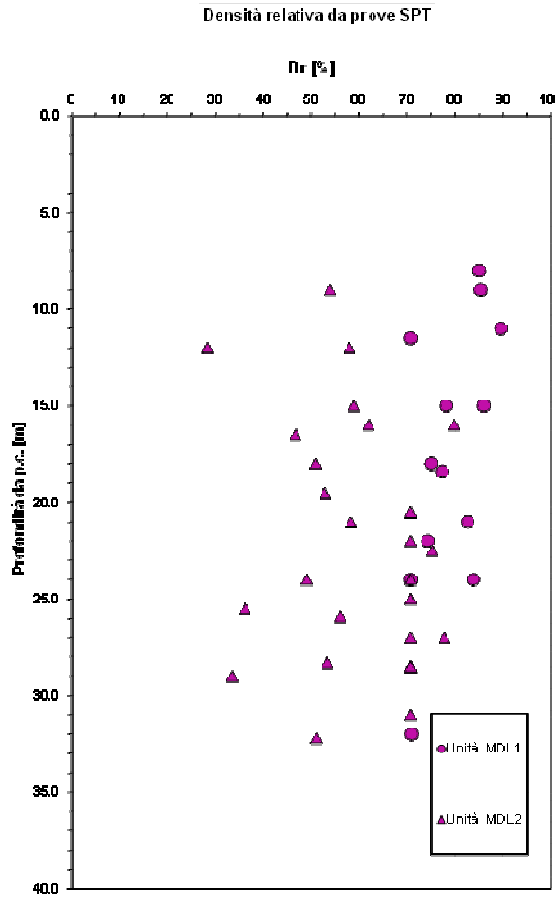


Figura 70 - Unità MDL1 ed MDL2, valori di densità relativa, Dr, da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, Progetto Esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	119 di 129

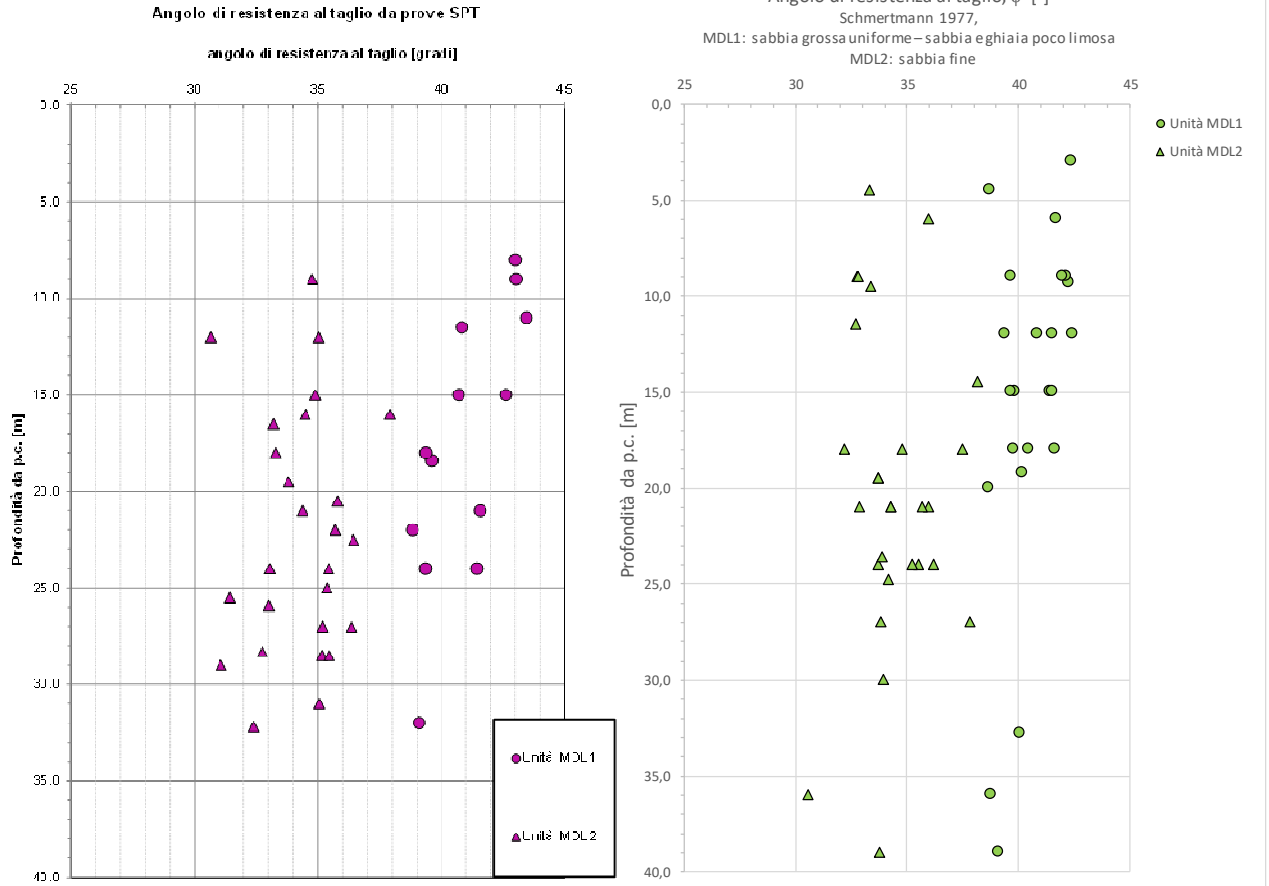


Figura 71 - Unità MDL1 ed MDL2, valori dell'angolo di resistenza a taglio,  $\phi'$ , da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, Progetto Esecutivo (destra)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	120 di 129

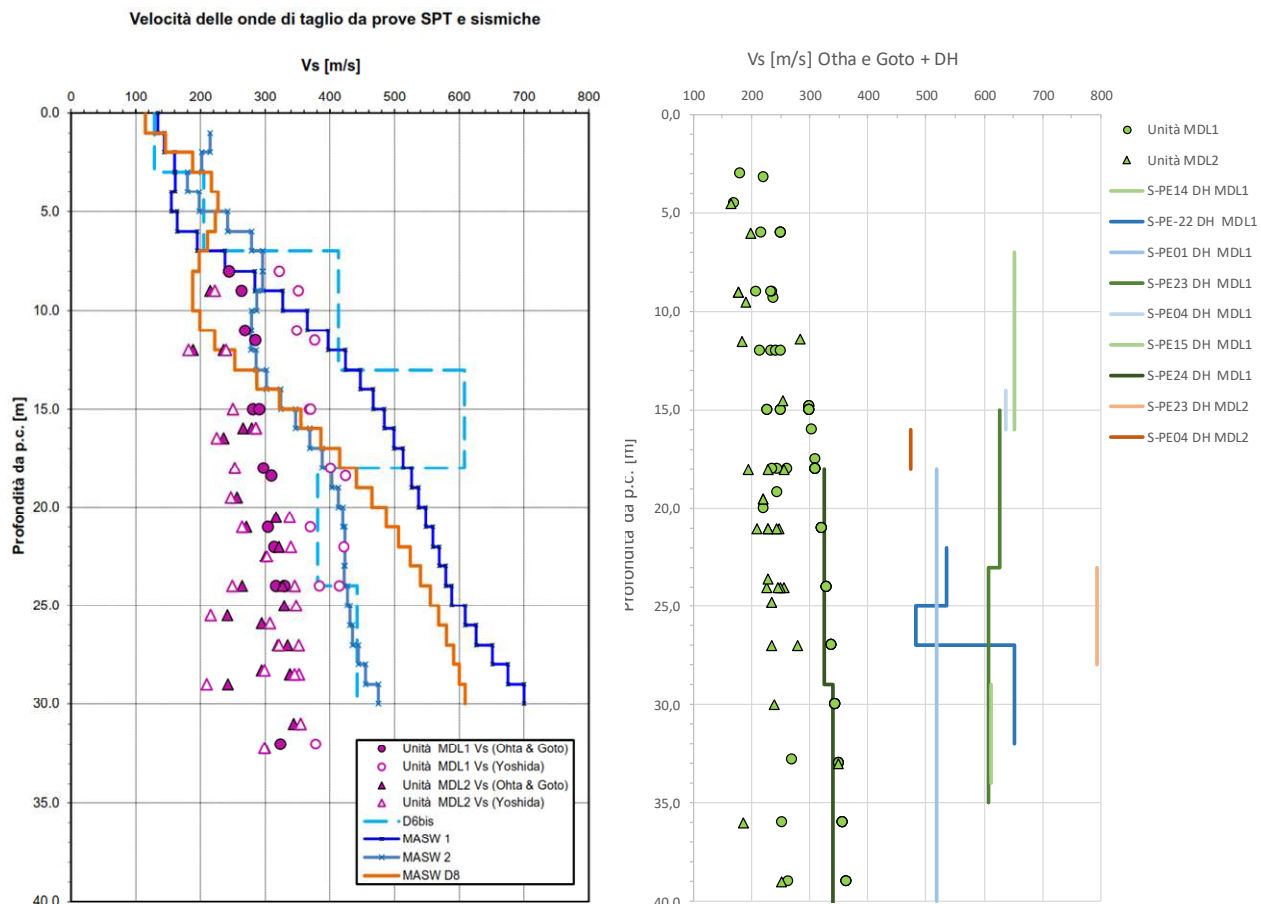


Figura 72 - Unità MDL1 ed MDL2, valori di Vs, da progetto definitivo (sinistra) e da indagine integrativa, Progetto Esecutivo (destra)



Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	121 di 129

UNITÀ COESIVA MDL3

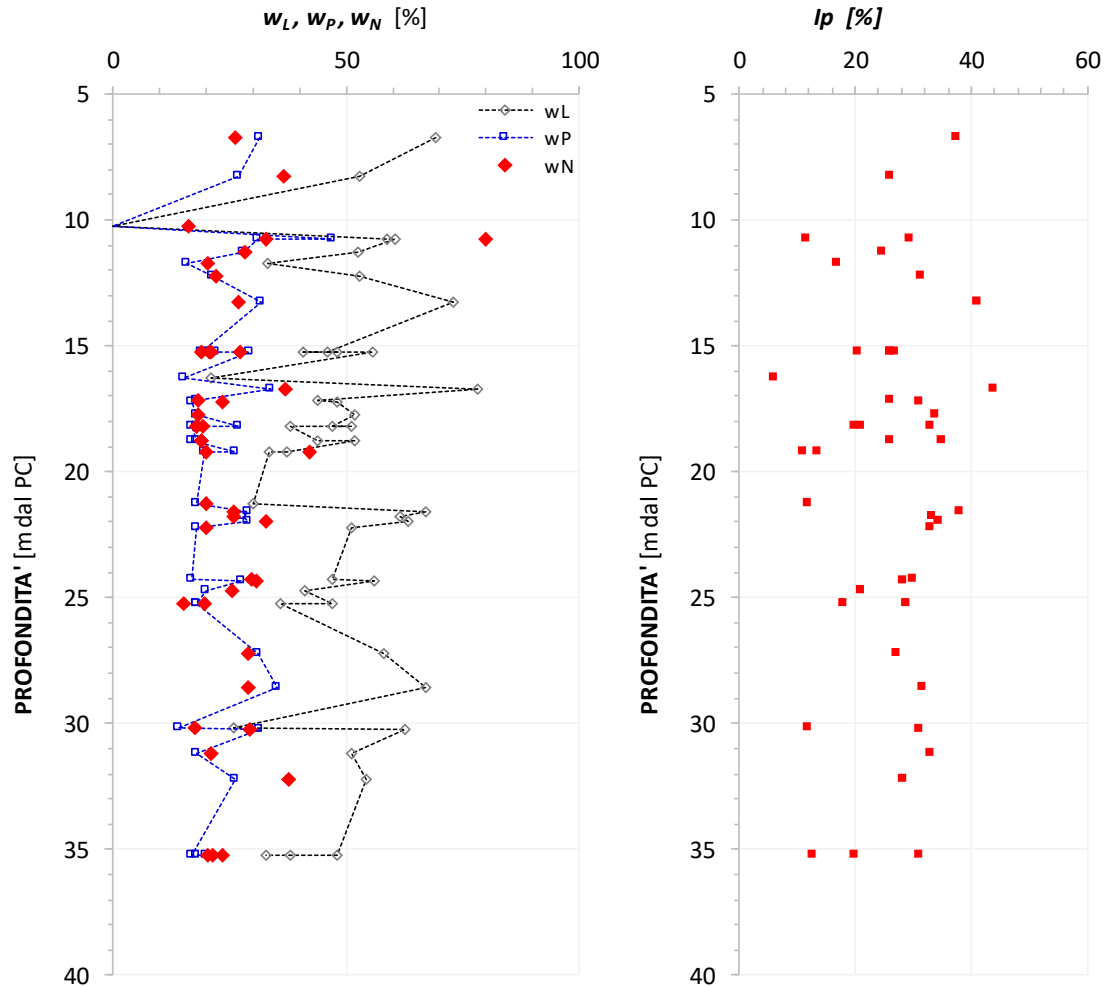


Figura 73 - Unità MDL3, limite liquido (wL), plastico (wP), contenuto d'acqua naturale (wN), indice di plasticità ( $I_p$ )

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	122 di 129

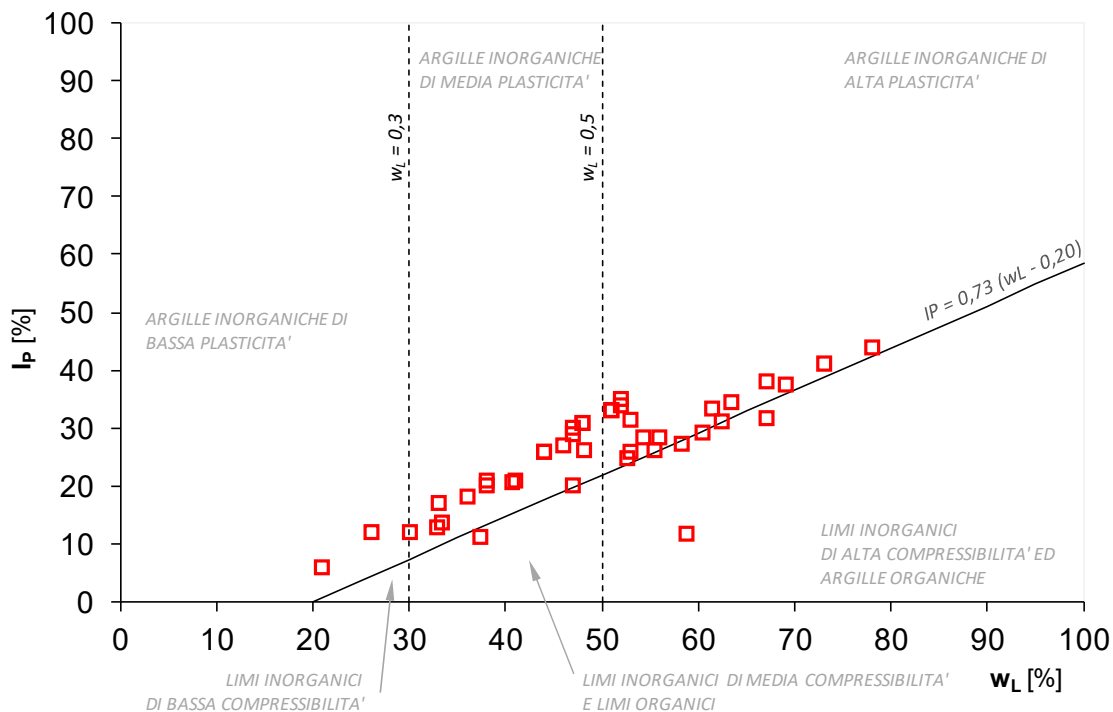


Figura 74 - Unità MDL3, carta di plasticità di Casagrande

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	123 di 129

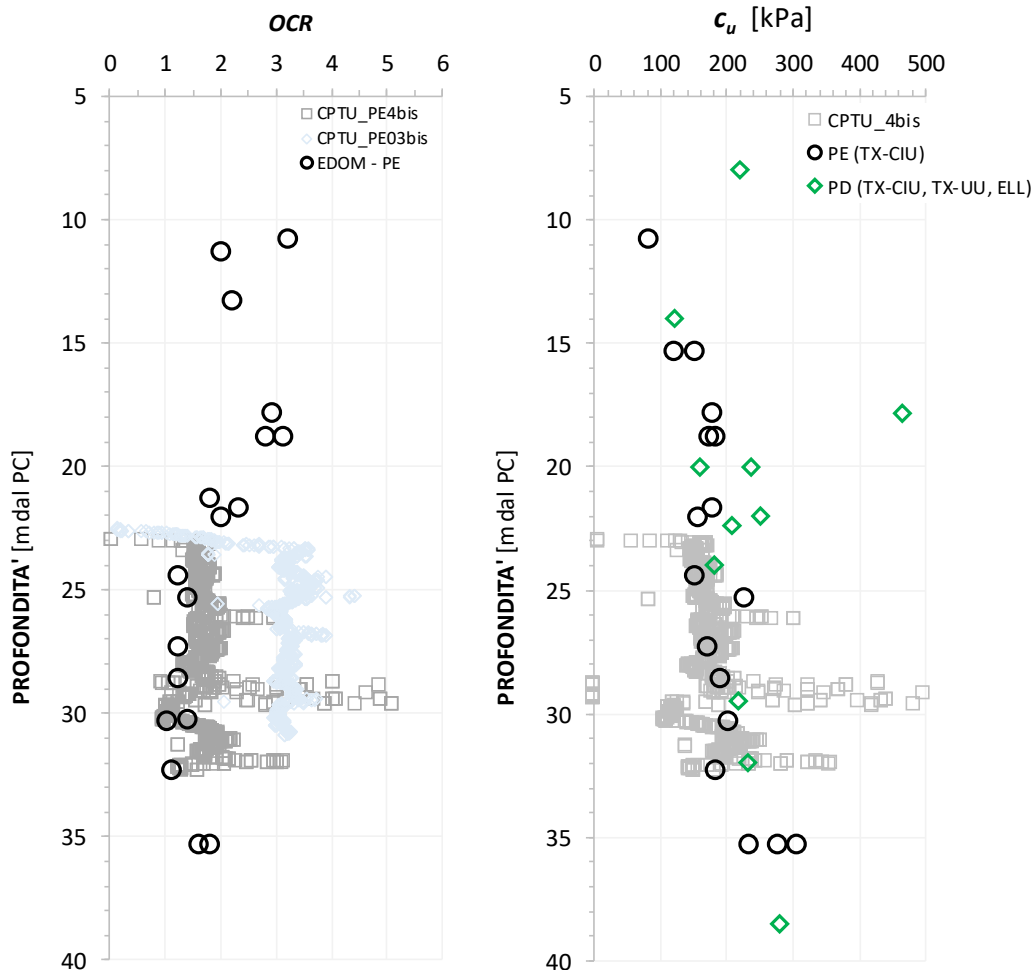


Figura 75 - Unità MDL3, valori di OCR con la profondità dal piano campagna. Valori di coesione non drenata,  $c_u$ , con la profondità.

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	124 di 129

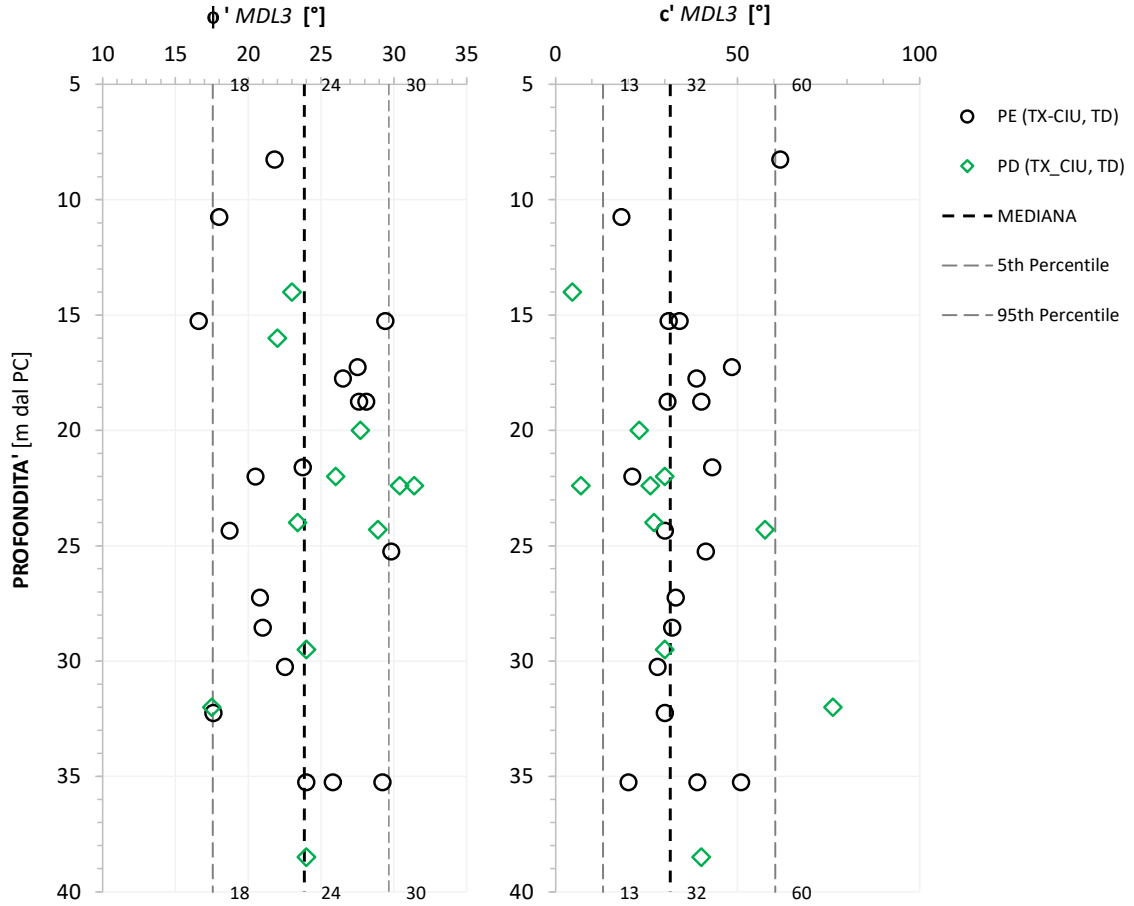


Figura 76 – Unità MDL3, angolo di resistenza a taglio,  $\phi'$  e coesione efficace,  $c'$

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	125 di 129

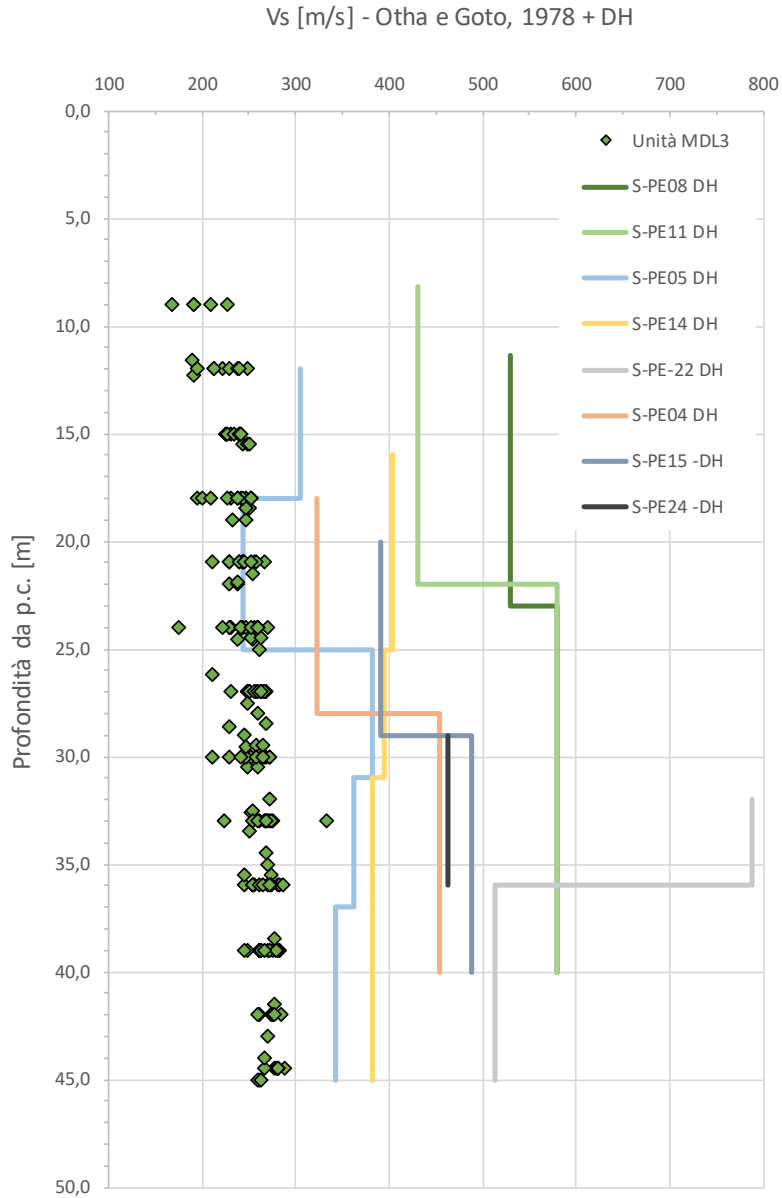


Figura 77 - Vs da correlazione con SPT (Otha e Goto,1978) e da prova sismica down-hole (DH)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RB	GE0005 001	B	126 di 129

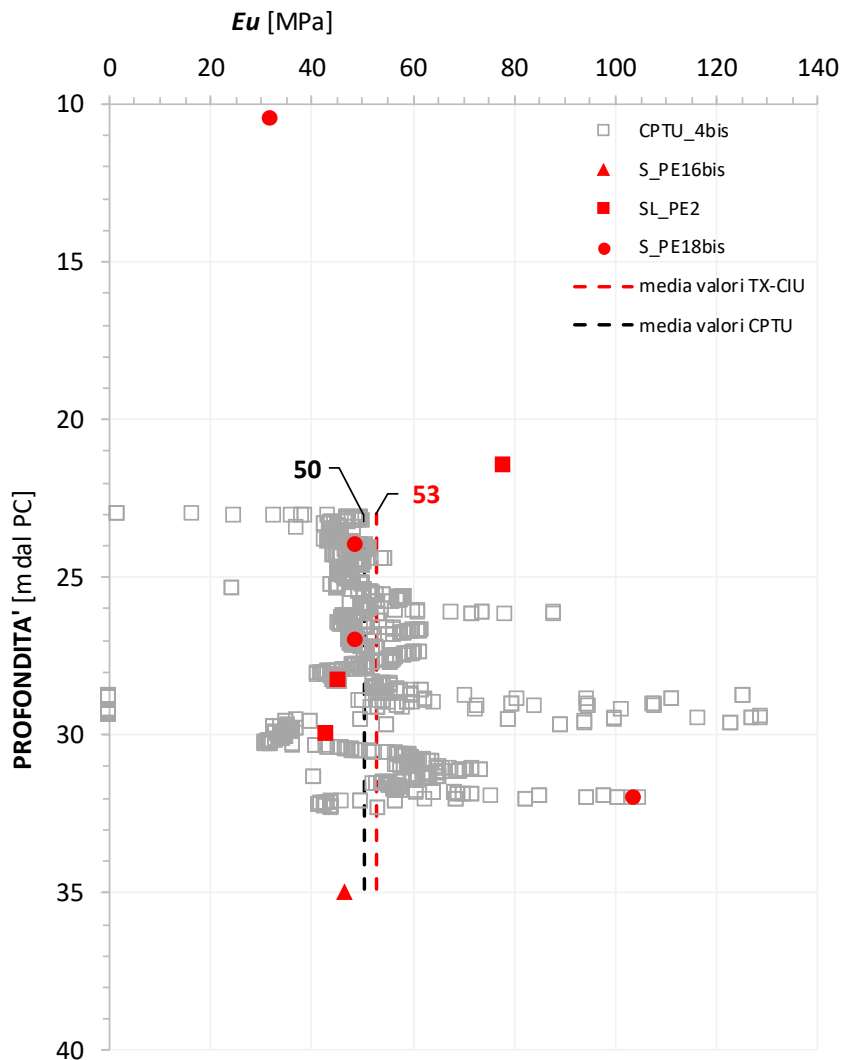


Figura 78 - Modulo non drenato,  $E_u$



ITINERARIO NAPOLI - BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IF26 12 E ZZ RB GE0005 001 B 128 di 129

Table with multiple columns: SIGLA SONDAGGIO, Fase di Progettazione, Anno di Realizzazione, TIPOLOGIA DI INDAGINI IN FORO, PROGRESSIVA [km], WBS, PROFONDITA' RICHIESTA [m], SPT (1 Test ogni 3.0m), SIGLA CAMPIONE, QUALITA' DEL CAMPIONE EFFETTIVA, UNITA' GEOTECHICA, Profondita' di prelievo del campione, Peso dell'unita' di volume naturale, Peso specifico della parte solida, Grado di saturazione, Descrizione granulometrica, CONTENUTO D'ACQUA NATURALE, LIMITE LIQUIDO, INDICE DI PLASTICITA', Indice dei vuoti iniziali, PROVA TRIASS. (TX-U), PROVA TRIASS. (TX-ELL), PROVA TRIASSIALE (TX-0ID), PROVA TRIASSIALE (TX-CIU), PROVA DI TAGLIO DIRETTO (TD), PROVA EDMETRICA (ED), COMPRESSIO NE NON CONF. U.C.S., CLASSIFICAZIONE CNR 10000.



