

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

GEOTECNICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE TRATTA DA KM 8+920 A KM 22+800

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 78 RH GE0006 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	S. Gasperoni	12/2019	L.Fanelli C.M. Danisi	12/2019	F. Sparacino	12/2019	Tiberti 12/2019

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane
Direzione Infrastrutture Sud
UO Infrastrutture Sud
P.zza Lag. Doria Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10879

SOMMARIO

1	PREMESSA	6
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	9
4	INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE	13
4.1	CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2013	13
4.1.1	<i>Indagini sismiche</i>	14
4.1.2	<i>Prove di permeabilità</i>	15
4.1.3	<i>Prove di laboratorio</i>	16
4.2	CAMPAGNA GEOGNOSTICA A BASE DEL P.D. DI FASE I DEL 2015	19
4.2.1	<i>Indagini sismiche</i>	20
4.2.2	<i>Prove di permeabilità</i>	21
4.2.3	<i>Prove pressiometriche in foro tipo Menard</i>	21
4.2.4	<i>Prove di laboratorio</i>	22
4.3	CAMPAGNA GEOGNOSTICA A BASE DEL P.D. DI FASE II DEL 2015	33
4.3.1	<i>Indagini sismiche</i>	34
4.3.2	<i>Prove di permeabilità</i>	36
4.3.3	<i>Prove pressiometriche in foro tipo Menard</i>	37
4.3.4	<i>Prove di laboratorio</i>	38
4.4	CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2018	54
4.4.1	<i>Indagini sismiche</i>	56
4.4.2	<i>Prove di permeabilità</i>	57

4.4.3	Prove dilatometriche in foro	59
4.4.4	Prove di laboratorio.....	59
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	66
5.1	DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE.....	66
5.2	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	68
5.3	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	68
5.3.1	Premessa	68
5.3.2	Depositi incoerenti	69
5.3.3	Depositi coesivi	75
5.4	UNITÀ B2 – DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI	80
5.5	UNITÀ BA – DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI.....	81
5.6	UNITÀ BB – DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI.....	82
5.7	UNITÀ BN – DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI.....	85
5.8	UNITÀ TRV / TRVA – FORMAZIONE DI TERRAVECCHIA.....	88
5.9	UNITÀ AAC – ARGILLE MARNOSE GRIGIE DI CATENANUOVA	91
5.10	UNITÀ FYN – ARGILLE LIMOSA, MARNOSA (FLYSCH NUMIDICO).....	93
5.11	UNITÀ GTLA – FORMAZIONE DI CATTOLICA	95
5.12	SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	96
5.13	FALDA	159
6	CLASSIFICAZIONE SISMICA E STABILITÀ DEL SITO.....	168
6.1	RISPOSTA SISMICA.....	168
6.1.1	Categoria di sottosuolo	169
6.1.2	Azioni sismiche di progetto	171
6.2	LIQUEFAZIONE	173
7	OPERE D'ARTE MAGGIORI.....	174



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	4 di 322

7.1	VIADOTTO VI10	175
7.2	VIADOTTO VI11 DAL KM 9+896.3 AL KM 9+996.5	185
7.3	VIADOTTO VI12 DAL KM 10+454.3 AL KM 12+443.6	195
7.4	VIADOTTO VI13 DAL KM 13+261.8 AL KM 13+352.4	210
7.5	VIADOTTO VI14 DAL KM 13+658.6 AL KM 13+713.8	219
7.6	VIADOTTO VI15 DAL KM 13+924 AL KM 14+724 E CAVALCAFERROVIA IV02	230
7.7	VIADOTTO VI16 DAL KM 16+563.3 AL KM 16+673.4	238
7.8	VIADOTTO VI17 DAL KM 18+519.4 AL KM 18+584.95, VI23 SU DEVIATA DEFINITIVA LINEA STORICA E IV05	248
7.9	VIADOTTO VI18 DAL KM 20+719.1 AL KM 20+759.1 E VIADOTTO VI21 DEVIATA PROVVISORIA ALLA LINEA FERROVIARIA STORICA	256
7.10	VIADOTTO VI20 DAL KM 22+183.9 AL KM 22+201.3	266
7.11	VIADOTTO VI19 DAL KM 21+958.3 AL KM 21+975.3	275
7.12	CAVALCAFERROVIA IV03 AL KM 13+053	281
7.13	SOTTOVIA SL01 AL KM 18+150	290
7.14	CAVALCAFERROVIA IV04 VIA DEI CADUTI IN GUERRA, AL KM 22+082	298
7.15	NUOVA STAZIONE DI CATENANUOVA	300
8	METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI	305
8.1	PREMESSA	305
8.2	ANALISI AGLI STATI LIMITE	305
8.3	METODOLOGIA DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE AI CARICHI VERTICALI	307
8.4	<i>DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO A TRAZIONE</i>	310
9	PIANO DI POSA RILEVATI E TRINCEE	311
10	RIUTILIZZO DEI TERRENI DA SCAVO	312
10.1	UNITÀ GEOTECNICA RV – TERRENO VEGETALE, RA – RIPORTO ANTROPICO	312
10.2	UNITÀ GEOTECNICA BA – DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI	313
10.3	UNITÀ GEOTECNICA BB – DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI	313



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	5 di 322

10.4	UNITÀ GEOTECNICA BN – DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI	313
10.5	UNITÀ GEOTECNICHE AAC, TRV, FYN	313
11	TRATTAMENTO A CALCE	318
11.1	PROVE DI IDENTIFICAZIONE DELLA TERRA DA TRATTARE	319
11.2	STUDIO IN LABORATORIO DELLA MISCELA TERRENO-ACQUA-CALCE.....	320
11.3	REALIZZAZIONE DEL CAMPO PROVA.....	321



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	6 di 322

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo relativo alla tratta a semplice binario Dittaino – Catenanuova del Nuovo Collegamento Palermo – Catania.

L'intera tratta Dittaino – Catenanuova ha uno sviluppo complessivo di circa 22,8 km, in particolare, le analisi riportate di seguito, si riferiscono alla tratta compresa tra il km 8+920 e il km 22+800.

La caratterizzazione geotecnica generale della tratta in oggetto, viene svolta sulla base:

- di un'elaborazione ed interpretazione dei risultati di indagini in sito e laboratorio ad oggi disponibili sull'intera tratta in esame eseguite per il progetto preliminare del 2013 e per il progetto definitivo del 2015 per il raddoppio della tratta Catenanuova-Raddusa Agira e Bicocca-Catenanuova;
- degli studi di carattere geologico ed idrogeologico disponibili, relativamente ai progetti sopra citati.

In particolare nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- breve inquadramento geologico, morfologico e idrogeologico;
- descrizione delle indagini geotecniche eseguite in sito ed in laboratorio;
- rilievo del livello di falda;
- descrizione dei criteri in base ai quali sono stati interpretati i risultati delle indagini geotecniche effettuate;
- interpretazione dei risultati delle indagini geotecniche e definizione dei parametri geotecnici, in termini di proprietà fisiche e meccaniche (resistenza al taglio e deformabilità), per le unità geotecniche intercettate lungo la viabilità;
- classificazione sismica del sito;
- caratterizzazione geotecnica in corrispondenza delle opere d'arte maggiori: stratigrafia, definizione dei parametri geotecnici di progetto, individuazione livello di falda;
- metodologie di calcolo generali per la capacità portante dei pali;
- piani di posa rilevati e trincee;
- riutilizzo delle terre da scavo.

Per quanto riguarda l'analisi dei cedimenti dei rilevati e loro decorso nel tempo e la verifica di stabilità delle scarpate (rilevati e trincee), si rimanda ad apposito documento.

Le analisi del rischio di potenziale liquefazione sono oggetto di apposito elaborato.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	7 di 322

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

La presente relazione è stata redatta in conformità alla seguente normativa:

- N.1. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- N.2. RFI DTC SICS MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili- sezione 3.
- N.3. RFI DTC SICS SP IFS 004 B del 22-12-17 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili
- N.4. Specifica RFI DTC INC SP IFS 008A Trattamento delle terre con calce.

2.2 Documenti di riferimento

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti documenti.

- D.1. RS3E 50 D69 RG GE0001 001 A – Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta PM Palomba - Catenanuova. Progetto Definitivo. Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica.
- D.2. RS3E 50 D69 L5 GE0001 001÷ RS3E 52 D69 L5 GE0001 004 – Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta PM Palomba - Catenanuova. Progetto Definitivo. Carta geologica e progilo geologico.
- D.3. RSJ1 02 R69 SG GE0005 001 A – Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa Agira. Progetto Preliminare 2013. Indagini geognostiche. Stratigrafie e prove in foro. Documentazione fotografica.
- D.4. RSJ1 02 R69 PR GE0005 001 A – Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa Agira. Progetto Preliminare 2013. Prove di laboratorio.
- D.5. RSJ1 02 R69 IG GE0005 001 A – Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa Agira. Progetto Preliminare 2013. Indagini geofisiche.
- D.6. RS0L 00 D69 PR GE0005 001 A – Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa Agira. Progetto Definitivo 2015. Prove geotecniche di laboratorio. Campagna geognostica di prima fase.
- D.7. RS0L 00 D69 PR GE0005 002 A – Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa Agira. Progetto Definitivo 2015. Prove geotecniche di laboratorio. Campagna geognostica di seconda fase.
- D.8. RS0L 00 D69 IG GE0005 001 A ÷ RS0L 00 D69 IG GE0005 002 A – Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa Agira. Progetto Definitivo 2015. Indagini geofisiche. Prospezioni sismiche a rifrazione tomografica. Prospezioni tomografiche elettriche di resistività. Prove Down Hole. Prima e seconda fase.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	8 di 322

- D.9. RS0L 00 D69 RH GE0002 001 A - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa Agira. Progetto Definitivo 2015. Monitoraggio piezometrico . novembre 2014-maggio 2015.
- D.10. RS0K 00 D69 SG GE0005 001 A ÷ RS0K 00 D69 SG GE0001 002 A. - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Bicocca - Catenanuova. Progetto Definitivo 2015. Indagini geognostiche.prima e seconda fase.
- D.11. RS0K 00 D69 PR GE0001 001 A. - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Bicocca - Catenanuova. Progetto Definitivo 2015. Prove di laboratorio.
- D.12. RS0S 00 E69 IG GE0005 001 A. - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa Agira . Progetto Esecutivo 2015. Indagini geofisiche.
- D.13. RS3E 50 D69 SG GE0005 001 A. - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta PM Palomba-Catenanuova. Progetto Definitivo 2018. Indagini geofisiche. Sondaggi, stratigrafie e prove in sito.
- D.14. RS3E 50 D69 PR GE0005 001 A. - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta PM Palomba-Catenanuova. Progetto Definitivo 2018. Prove geotecniche di laboratorio.
- D.15. RS3E 50 D69 IG GE0005 001 A÷ RS3E 52 D69 IG GE0005 004 A - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa. Progetto Definitivo 2018. Indagini sismiche.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	9 di 322

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'area in oggetto ricade nella porzione centro-orientale della regione Sicilia; il tracciato si sviluppa per circa 14 chilometri in direzione circa Ovest-Est tra Catenanuova e Raddusa Agira, interessando i comuni di Agira, Catenanuova, Regalbuto in provincia di Enna ed il comune di Ramacca in provincia di Catania.

Dal punto di vista morfologico, tale area si sviluppa a quote comprese tra 230 m s.l.m. e 135 m s.l.m., con ampi settori pianeggianti o sub-pianeggianti, riconducibili alla piana alluvionale della media valle del fiume Dittaino, con versanti poco acclivi ed estesi corrispondenti ai settori di affioramento di terreni a dominante formazione pelitica.

I principali corsi d'acqua sono il fiume Dittaino ed i suoi affluenti, a carattere stagionale e/o torrentizio.

Dal punto di vista geologico le unità del substrato appartengono alla Catena Appenninico-Maghrebide costituita da sequenze meso-cenozoiche sia di piattaforma che di bacino con le relative coperture flyscoidi mioceniche. I depositi di copertura, sono rappresentati da sedimenti quaternari ed attuali di generi detritica ed alluvionale. In particolare, nell'area si distinguono le seguenti unità geologiche.

➤ **Depositi continentali quaternari**, a loro volta distinti in:

- **Depositi di versante (Olocene) – b2.** Si tratta di depositi continentali di versante e alterazione del substrato; generalmente si intercettano alla base dei rilievi collinari più acclivi ed estesi. Sono costituiti da limi argillosi a struttura caotica con abbondanti resti vegetali e ghiaie e ciottoli.
- **Depositi Alluvionali Attuali (Olocene) - ba.** Si tratta di depositi in evoluzione in alveo, rimodellati dalle piane dei corsi d'acqua a regime prevalentemente torrentizio e fortemente influenzati dagli interventi antropici; sono presenti lungo l'asse dei principali fiumi e valloni e sono rappresentati da sabbie ghiaioso limose.
- **Depositi Alluvionali Recenti (Olocene) - bb.** Sono depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile. Si tratta di limi argillosi, limi ed in subordine limi sabbiosi con ciottoli quarzarenitici; lo spessore varia da pochi metri fino ad un massimo di 25 m, talvolta alternati da strati di sabbie limose e sabbie ghiaiose.
- **Depositi alluvionali Terrazzati (Pleistocene superiore-Olocene) - bn:** Si tratta di depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, piana inondabile, lago di meandro e canale in abbandono, costituito da ghiaie sabbiose, sabbie limose e limi sabbiosi.

- **Unità Sicilidi**, formano l'unità tettonica di:
 - **Flysch Numidico** (età Burdigaliano – Langhiano – Serravalliano) – **FYN/FYNa**. Si tratta di argille marnose a struttura prevalentemente indistinta scagliettata (FYN) e argilliti. Talvolta si hanno quarzareniti in grossi banchi con intercalazioni di argille marnose (FYNa).

- **Unità Ionidi**, sono racchiusi nella seguente unità tettonica:
 - **Argille ed Arenarie Glauconitiche di Catenanuova** (Oligocene Superiore – Serravaliano) – **AAC/AACa**: costituite da argille, argille marnose di colore bruno o grigio-verde a struttura scagliosa e con frequenti livelli di sabbie limose e locali intercalazioni di arenarie giallo verdastre in strati da molto sottili a spessi. **AACa**: arenarie glauconitiche.

- **Depositi di bacini satellite del miocene medio e superiore**:
 - **Formazione di Terravecchia** (Tortoniano Superiore) – **TRV/TRVa**. La litofacies argilloso-marnosa è formata da argille limose da debolmente marnose a marnose di colore grigio, grigio-azzurro e grigio-verdastro (**TRV**), marrone per alterazione, a struttura scagliosa o sottilmente stratificata, con frequenti livelli millimetrici di sabbie e sabbie limose; talora sono presenti patine biancastre di decalcificazione, rare vene di calcite secondaria e lenti di conglomerati poligenici a clasti eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati. La litofacies argilloso-brecciata, invece, è costituita prevalentemente da argille, argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone (**TRVa**), a struttura o a blocchetti poliedrici, talora scagliosa o indistinta, con locali livelli di sabbie limose grigie e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose; a luoghi si rinvengono passaggi di argille marnose e argilliti di colore grigio-verdastro, a struttura brecciata o finemente scagliosa, e livelli litoidi arenitici.
 - **Formazione di Cattolica** (messiniano superiore) - **GTL**
Si tratta prevalentemente di depositi lagunari e di bacino evaporitico, costituiti da tre differenti litofacies a composizione gessoso-argillosa (**GTL1**), calcareo-gessosa (**GTL2**) e argilloso-brecciata (**GTLa**). Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulla Formazione Terravecchia e mostrano uno spessore massimo di circa 40 m.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	11 di 322

Inquadramento geomorfologico.

Il principale corso d'acqua è il fiume Dittaino, affluente in destra idrografica del più importante fiume Simeto. I tributari minori sono torrenti a breve corso, caratterizzati da evidenti fenomeni erosivi e modeste coperture alluvionali. In genere sono corsi a regime torrentizio con elevato potere erosivo e di trasporto solido soprattutto in periodi di piena. Si aggiungono inoltre valloni e solchi di erosione concentrata, attivi solo in concomitanza di eventi meteorici particolarmente intensi.

I fenomeni gravitativi di versante sono più diffusi nei settori più occidentali dell'area in studio, in corrispondenza di rilievi collinari dove affiorano litotipi pelitici delle successioni marine del substrato.

Lungo i rilievi collinari che bordano il fondovalle del fiume Dittaino sono presenti dissesti riconducibili a movimenti franosi ed a fenomeni di deformazione viscosa delle coltri. Sono fenomeni poco estesi e di limitato spessore che coinvolgono le coltri di copertura eluvio-colluviali o le porzioni più superficiali ed alterate del substrato. Le principali cause di questi dissesti sono da ricercarsi sia nella tettonica, ma in particolar modo nei fenomeni erosivi connessi al deflusso delle acque superficiali.

Nelle aree dove affiorano i litotipi marini arenaceo-marnosi, i principali fenomeni di dissesto sono legati ai crolli e scivolamenti in roccia.

In generale, comunque per le opere all'aperto tali fenomeni di versante non rappresentano degli elementi di particolare criticità per le opere in progetto, in quanto ricadono ad una certa distanza dal tracciato. Nell'area della galleria più orientale, nei pressi di Catenanuova, gli imbocchi sono interessati da franosità diffusa; si tratta di fenomeni locali e di ridotto spessore e quindi non particolarmente critici per le opere che comunque andranno dimensionate tenendo conto dei fenomeni gravitativi.

Inquadramento idrogeologico.

Nell'area in studio l'acquifero alluvionale, costituito da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico, poggia sui terreni argilloso marnosi e arenaceo-marnosi della Catena Appennica Maghrebide. Tale acquifero risulta alimentato dagli apporti superficiali e profondi dei principali corsi d'acqua, anche se non mancano comunque scambi idrici con falde sotterranee.

La superficie piezometrica generalmente si colloca tra 3 e 9 m da p.c. anche se risente molto dell'assetto idrogeologico locale. I gradienti piezometrici in genere sono bassi, ma possono risentire di forti variazioni granulometriche locali. Le acque di falda tendono ad affluire verso la piana di Catania e in generale lungo il fondovalle del fiume Dittaino.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	12 di 322

Le alluvioni terrazzate generalmente sono interessate da falde di modesta importanza ed a carattere essenzialmente stagionale.

Nei litotipi del substrato marino non si evidenziano falde o corpi idrici di importanza. I litotipi arenaceo - marnosi e calcareo – marnosi rappresentano acquiferi di scarsa rilevanza dal punto di vista idrologico: sono sede di falde sotterranee a carattere stagionale.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

4 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

Al fine di caratterizzare i terreni presenti in tutta l'area di intervento sono state condotte le seguenti indagini:

- campagna geognostica eseguita tra maggio 2013 e luglio 2013 dall'impresa GEMERID s.r.l. di Melilli (SR) a base del Progetto Preliminare, che è consistita in indagini in sito e di laboratorio (vedasi D.1);
- campagna geognostica a base del Progetto Definitivo che si è succeduta in due distinte fasi:
 - indagini geognostiche di fase I: febbraio-aprile 2015, eseguite dalla ditta Vicenzetto S.r.l. di Villa Estense (PD), consistita in indagini in sito e prove di laboratorio (vedasi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**);
 - indagini geognostiche di fase II: maggio-agosto 2015, eseguite da Geogav S.r.l. di Favara (AG) (vedasi D.7).
- campagna geognostica eseguita nel 2018, che è consistita in indagini in sito e prove di laboratorio (vedasi D.13).

Nel seguito verranno meglio descritte le suddette campagne di indagine, per i dettagli si rimanda ai certificati stratigrafici.

4.1 Campagna geognostica del 2013

La campagna geognostica a base del Progetto Preliminare è consistita in indagini in sito, in laboratorio e indagini geofisiche.

Per l'ubicazione planimetrica delle indagini disponibili si rimanda alla carta geologica.

Nell'ambito del presente studio, sono state realizzate le seguenti indagini in sito:

- n° 10 sondaggi geognostici a carotaggio per profondità comprese fra 30 m e 40 m, tutti strumentati con piezometri a tubo aperto;
- prove di permeabilità in foro di sondaggio Lefranc nei terreni e Lugeon in roccia;
- rilievo del livello di falda nei piezometri installati;
- n. 5 prospezioni sismiche MASW;
- n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione.

Durante le perforazioni dei sondaggi sono state eseguite le seguenti attività:

- riconoscimento stratigrafico e geotecnico;
- prelievo di n° 15 campioni indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prelievo di n° 58 campioni rimaneggiati per il riconoscimento geotecnico;

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	14 di 322

- prelievo di n.9 campioni litoidi;
- n° 67 prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT);
- rilievo del livello di falda;
- rilievo di valori di Pocket Penetrometer in corrispondenza dei livelli coesivi;
- n° 15 prove Lefranc;
- n° 1 prove Lugeon.

La tabella seguente riassume le principali caratteristiche dei sondaggi: profondità, prove geotecniche eseguite in foro e strumentazione installata.

Tabella 1 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove eseguite nella campagna geognostica del 2013

Sondaggi	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc / Lugeon	Piezometro TA
S1	30.0	148.5	2	5		8	1	[1÷9]
S2	30.0	160.0	1	6	1	7	1	[1÷15]
S3	30.0	150.4	-	2	6	3	2	[3÷30]
S4	40.0	154.0	1	8	-	10	2	[1÷15]
S5	40.0	163.7	3	4	-	10	2	[1÷9]
S6	40.0	171.9	2	7	-	7	2	[1÷15]
S7	40.0	149.0	2	4	2	10	2	[1÷9]
S8	30.0	185.3	1	7	-	4	1	[3÷12]
S9	30.0	198.8	1	6	-	4	1	[3÷12]
S11	40.0	204.0	2	9	-	4	2	[1÷12]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]

4.1.1 Indagini sismiche

L'indagine geofisica è consistita in due fasi: una prima fase di indagini elettromagnetiche al fine di scongiurare la presenza di residuati bellici nella zona in cui si dovevano realizzare i sondaggi geognostici ed una seconda fase di indagine più propriamente di carattere geotecnico consistente in:

- n° 5 indagini sismiche MASW
- due prospezioni di sismica a rifrazione tomografica (da 150 m cadauna).

In sintesi si riportano nella tabella seguente i risultati delle prove MASW.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001

Tabella 2 – Risultati indagini sismiche della campagna geognostica del 2013

Sigla	Tipologia indagine	V _{s30}	Categoria di sottosuolo	Assetto litostratigrafico
S4	Prova MASW	403	B	Depositi alluvionali terrazzati in appoggio sulle Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova
S6	Prova MASW	321	C	Depositi alluvionali recenti in appoggio sulla Formazione Terravecchia
S7	Prova MASW	447	B	Depositi alluvionali terrazzati in appoggio sulle Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova
S9	Prova MASW	367	B	Depositi alluvionali terrazzati in appoggio sulla Formazione Terravecchia
S10	Prova MASW	282	C	Depositi alluvionali recenti in appoggio sulla Formazione Terravecchia

Per i certificati di prova relativi alle indagini sismiche eseguite si rimanda ai documenti specifici.

4.1.2 Prove di permeabilità

Nella campagna del 2013 sono disponibili i risultati delle prove di permeabilità Lefranc a carico variabile e Lugeon, elencate nella seguente tabella.

Tabella 3 – Risultati prove di permeabilità Lefranc campagna d'indagine del 2013

Sondaggio	N. prova	Profondità prova [m]	Coefficiente di permeabilità media [m/s]	Unità geotecnica
S1	1	5.0	7.80E-06	bni
S2	1	8.0	2.37E-07	AAC
S3	1	5.0	1.06E-07	bbc
S3	2	11.8	3.34E-06	AACa
S4	1	4.5	8.80E-06	bni
S4	2	9.0	4.54E-08	AAC
S5	1	4.5	3.80E-06	bbc
S5	2	14.0	5.87E-09	FYN
S6	1	7.0	3.83E-07	bbc
S6	2	13.0	7.15E-09	TRV
S7	1	4.6	2.23E-06	bni
S7	2	14.5	4.55E-09	AAC
S8	1	10.5	4.99E-09	TRV
S9	1	9.0	6.46E-08	bnc
S11	1	5.0	1.46E-06	bni
S11	2	14.0	4.69E-09	TRV

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	16 di 322

4.1.3 Prove di laboratorio

Sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio sui campioni prelevati nei fori di sondaggio:

- analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione;
- determinazione del contenuto d'acqua naturale;
- determinazione dei limiti di consistenza di Atterberg;
- determinazione del peso dell'unità di volume γ_n ;
- determinazione del peso specifico dei grani G_s ;
- prove di taglio diretto (TD);
- prove di compressioni triassiale (del tipo CD, UU, CU);
- prove di compressione ad espansione laterale libera E.L.L.

Sui campioni litoidi inoltre sono state eseguite:

- determinazione del peso dell'unità di volume γ_n ;
- prove di compressione assiale semplice.

Nelle seguenti tabelle si riassumono i risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante questa campagna geognostica.

Per i certificati delle indagini si rimanda ai documenti specifici.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	18 di 322

Sondaggio	-	S5	S5	S5	S5	S5	S5	S5	S5	S6	S6	S6	S6	S6	S6	S6	S6	S6
Campione	-	Cl1	CR1	Cl2	CR2	Cl3	CR3	CR4	CR1	Cl1	CR2	CR3	Cl2	CR4	CR5	CR6	CR7	
Tipo	-	ind	rim	ind	rim	ind	rim	rim	rim	ind	rim	rim	ind	rim	rim	rim	rim	rim
Unità	-	bbc	bbc	FYN	FYN	FYN	FYN	FYN	bbc	bbc	bbc	bbc	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV
Prof.	m	3.00	4.60	6.70	9.00	14.00	15.10	27.30	2.00	4.00	5.00	7.50	8.90	10.00	13.00	21.00	25.30	

Granulometria																		
G	%	0.1				0.5			0.4					2.5		0.2	0.7	0.3
S	%	5.8		4.6		18.2			5.1		9.4			19.9		5.4	9.2	11.2
L+A	%	94.1		95.4		81.4			94.7		90.7			77.6		94.4	90.1	88.6
L	%	35.5		36.0		41.1			56.6		38.4			33.3		49.1	54.5	45.5
A	%	58.6		59.4		40.3			38.1		52.3			44.3		45.4	35.6	43.1

Limiti di Atterberg																		
W _L	%	52.0		47.0		57.0			53.0		54.0			45.0		44.0	40.0	39.0
W _p	%	31.0		29.0		37.0			25.0		25.0			23.0		26.0	24.0	23.0
I _c	-	1.33		1.55		1.80					1.18			1.20				
I _p	%	21.0		18.0		20.0			28.0		29.0			22.0		18.0	16.0	16.0

Caratteristiche fisiche																		
γ _N	kN/m ³	19.7		18.0		18.7					20.0			21.2				
w _N	%	24.2		19.1		21.0					19.7			18.5				

Resistenza a compressione monoassiale																		
σ _c	MPa																	

Resistenza non drenata																		
(TX-UU) c _u	kPa	42.0																
(TX-ELL) c _u	kPa					44.2										97.9	125.1	352.4

Resistenza drenata																		
(TD) c	kPa													39.3				
(TD) f	°													32.5				
(TX-CIU) c	kPa			18.0						3.0								
(TX-CIU) f	°			25.0						25.3								

Sondaggio	-	S7	S7	S7	S7	S7	S7	S7	S7	S8	S8	S8	S8	S8	S8	S8	S8	S8
Campione	-	CR1	CL1	CL2	Cl1	Cl2	CR2	CR3	CR4	CR1	Cl1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	
Tipo	-	rim	lit	lit	ind	ind	rim	rim	rim	rim	ind	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim
Unità	-	bni	bni	bni	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC	bbc	bbc	bbc	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV
Prof.	m	3.00	5.00	7.00	10.00	15.50	20.60	28.60	34.60	2.50	4.00	5.60	8.60	12.00	17.60	23.00	27.00	

Granulometria																		
G	%	12.2							0.2							0.3	0.2	
S	%	68.7			1.4	10.7		3.2	0.8	14.2		10.2			19.1	5.1	5.7	
L+A	%	19.1			98.6	89.3		96.8	99.2	85.6		89.8			80.9	94.6	94.1	
L	%	12.2			18.7	42.8		46.4	44.4	43.4		33.9			36.2	28.2	29.4	
A	%	6.9			79.9	46.6		50.4	54.8	42.3		55.9			44.8	66.4	64.7	

Limiti di Atterberg																		
W _L	%				49.0	44.0		42.0	49.0	73.0				55.0		41.0	76.0	80.0
W _p	%				27.0	26.0		25.0	27.0	28.0				24.0		18.0	29.0	27.0
I _c	-				1.48	1.53								1.08				
I _p	%				22.0	18.0		17.0	22.0	45.0				31.0		23.0	47.0	53.0

Caratteristiche fisiche																		
γ _N	kN/m ³		25.3	26.5	20.9	20.3								20.7				
w _N	%				16.4	16.5								21.5				

Resistenza a compressione monoassiale																		
σ _c	MPa		52.34	203.15														

Resistenza non drenata																		
(TX-UU) c _u	kPa																	
(TX-ELL) c _u	kPa															173.7	181.1	88.7

Resistenza drenata																		
(TD) c	kPa																	
(TD) f	°																	
(TX-CIU) c	kPa					18.0								2.0				
(TX-CIU) f	°					18.0								23.3				
(TX-CID) c	kPa																	
(TX-CID) f	°					25.9												

(segue da pagina precedente)



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	19 di 322

Sondaggio	-	S9	S9	S9	S9	S9	S9	S9	S11	S11	S11	S11	S11	S11	S11	S11	S11	S11	S11
Campione	-	CR1	CI1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR1	CI1	CR2	CR3	CR4	CR5	CI2	CR6	CR7	CR8	CR9
Tipo	-	rim	ind	rim	rim	rim	rim	rim	rim	ind	rim	rim	rim	rim	ind	rim	rim	rim	rim
Unità	-	bnc	bnc	bnc	TRV	TRV	TRV	TRV	bnc	bnc	bni	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV
Prof.	m	3.00	6.00	9.50	13.50	17.20	22.40	26.00	2.00	4.00	5.60	9.60	14.00	16.00	19.00	23.40	28.00	33.00	36.00
Granulometria																			
G	%		1.2							1.2					0.1				
S	%		14.1			2.7	2.9	2.7		22.1					4.3		0.7		0.7
L + A	%		84.7			97.3	97.1	97.3		76.6					95.6		99.3		99.3
L	%		27.4			32.1	33.3	32.4		36.2					33.2		29.6		31.1
A	%		57.4			65.2	63.8	64.9		40.5					62.4		69.7		68.3
Limiti di Atterberg																			
W _L	%		56.0			81.0				40.0					75.0		84.0		84.0
W _p	%		26.0			26.0				20.0					24.0		23.0		29.0
I _p	-		1.10							1.30					1.19				
I _p	%		30.0			55.0				20.0					51.0		61.0		55.0
Caratteristiche fisiche																			
γ _N	kN/m ³		20.3							19.8					21.0				
w _N	%		22.9							13.9					14.6				
Resistenza a compressione monoassiale																			
σ _c	MPa																		
Resistenza non drenata																			
(TX-UU) c _u	kPa									400.0									
(TX-ELL) c _u	kPa					422.6	194.9	232.0									217.5		317.5
Resistenza drenata																			
(TD) c	kPa																		
(TD) f	°																		
(TX-CIU) c	kPa		11.0												6.0				
(TX-CIU) f	°		23.5												21.8				

(segue da pagina precedente)

4.2 Campagna geognostica a base del P.D. di fase I del 2015

Nella campagna geognostica di fase I del febbraio-aprile 2015 sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 11 sondaggi geognostici a carotaggio per profondità comprese fra i 30 m e i 50 m;
- n. 10 fori di sondaggio strumentati con piezometro del tipo a tubo aperto;
- n. 1 foro di sondaggio strumentato con piezometro a cella di Casagrande;
- n. 4 pozzetti esplorativi;
- prove di permeabilità in foro di sondaggio del tipo Lefranc,
- prove pressiometriche;
- indagini geofisiche;
- n. 1 indagine tomografica sismica a rifrazione.

Durante le perforazioni dei sondaggi sono state eseguite le seguenti attività:

- riconoscimento stratigrafico e geotecnico (foto a colori delle cassette catalogatrici);
- prelievo di campioni indisturbati, rimaneggiati e litoidi per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT);

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	20 di 322

- rilievo del livello di falda nei piezometri installati;
- misure di valori di Pocket Penetrometer (PP) e Torvane (TV) nei livelli coesivi (fondo scala strumenti: PP = 4.5 kg/cm²; TV = 1.0 kg/cm²);
- prove Lefranc;
- prove pressiometriche.

Nella seguente tabella si sintetizzano le attività svolte in sito.

Tabella 5 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove eseguite nella campagna geognostica di fase I del 2015

Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC
D3	40.0	194.91	3	4	-	4	2	-	TA[3÷12]
D7	30.0	184.50	2	5	-	4	2	-	TA[3÷12]
D10	40.0	188.9	3	8	-	6	3	-	TA[1÷14]
D13	50.0	226.40	3	5	-	5	2	2	CC [40]
D14	30.0	204.00	3	7	-	3	1		TA[9÷27]
D18	30.0	170.40	3	6	-	4	2	-	TA[3÷10]
D22	40.0	168.90	3	6	-	5	3	-	TA[3÷15]
D26	40.0	155.00	3	6	-	5	2	-	TA[3÷8]
D29	39.5	183.00	3	5	2	2	1	2	TA[28÷39.5]
D32	30.0	152.00	3	7	-	5	1	-	TA[3÷30]
D35	40.0	132.92	1	3	-	5	2	-	TA[3÷18]
PZ1	3.0								
PZ2	3.0								
PZ3	3.0								
PZ4	3.0								
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]									
CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

4.2.1 Indagini sismiche

Nella fase I di indagine sono state eseguite indagini geofisiche: una stesa STX tomografica sismica a rifrazione per la nuova viabilità al km 13+000 ed i profili ST1÷ST9 per gli imbocchi delle gallerie (per i dettagli si rimanda ai certificati di prova):

- ST1 e ST2 per l'imbocco 1 della galleria Salvatore;
- ST3 e ST4 per l'imbocco 2 della galleria Salvatore;

- ST5 ÷ ST7 per l'imbocco 3 della galleria San Filippo;
- ST8 e ST9 per l'imbocco 4 della galleria San Filippo.

4.2.2 Prove di permeabilità

Nella campagna del 2015 sono disponibili i risultati delle prove di permeabilità Lefranc a carico variabile (CV) elencate nella seguente tabella.

Tabella 6 – Risultati prove di permeabilità Lefranc indagini di I fase del 2015

Sondaggio	N. prova	Profondità prova [m]	Coefficiente di permeabilità media [m/s]	Unità geotecnica
D3	1	7.5	8.18E-08	TRV
D3	2	19.0	1.88E-07	TRV
D7	1	6.0	1.19E-06	bbc
D7	2	18.0	6.06E-08	TRV
D10	1	7.5	5.85E-07	bbc
D10	2	15.0	8.93E-08	TRV
D10	3	18.0	2.09E-08	TRV
D13	1	28.0	2.01E-08	TRV
D13	2	33.0	4.21E-08	TRV
D14	1	16.5	1.32E-08	TRV
D18	1	7.5	4.26E-06	bbc
D18	2	13.5	7.61E-07	TRV
D22	1	4.5	5.07E-08	bbc
D22	2	10.5	2.75E-06	bbc
D22	3	15.0	3.42E-07	FYN
D26	1	6.0	1.99E-07	AAC
D26	2	7.5	2.09E-08	AAC
D29	1	25.5	7.35E-08	AAC
D32	1	7.5	1.56E-06	bnc
D35	1	6.0	1.08E-07	bbc
D35	2	25.5	1.13E-08	AAC

4.2.3 Prove pressiometriche in foro tipo Menard

Nella seguente tabella sono elencate le prove pressiometriche eseguite su ciascun sondaggio attraverso le quali sono stati ottenuti i valori del Modulo Pressiometrico di Menard (E_m) e pressione limite (P_{lim}).

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Tabella 7 – Prove pressiometriche indagini 2015 fase I

Sondaggio	Prova	profondità da p.c. [m]	Em [MPa]	Plim [MPa]	Unità geotecnica
D13	ES-D13-P1	32.0	95.0	2.81	TRV
D13	ES-D13-P2	38.0	227.8	1.97	TRV
D14	ES-D14-P1	15.0	115.9	4.82	TRV
D14	ES-D14-P2	20.0	165.2	2.62	TRV
D29	ES-D29-P1	25.0	25.1	1.85	AAC
D29	ES-D29-P2	32.5	73.5	2.21	AAC

4.2.4 Prove di laboratorio

Sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio sui campioni prelevati nei fori di sondaggio della fase I:

- analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione;
- determinazione del contenuto d'acqua naturale;
- determinazione dei limiti di consistenza di Atterberg;
- determinazione del peso dell'unità di volume;
- determinazione del peso specifico dei grani;
- prove di taglio diretto (TD);
- prove di compressioni triassiale consolidate isotropicamente non drenate (CIU);
- prove di compressioni triassiale non consolidate non drenate (UU);
- prove edometriche.

Nelle seguenti tabelle si riassumono i risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante questa campagna geognostica.

Per i certificati delle indagini si rimanda ai documenti di riferimento.

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	23 di 322

Tabella 8 – Laboratorio indagini I fase campagna geognostica del 2015

Sondaggio	-	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D7	D7	D7	D7	D7	D7	D7
Campione	-	CR1	CI1	CR2	CR3	CR4	CI2	CI3	CR1	CR5	CR2	CR3	CI1	CR4	CI2	
Tipo	-	rim	ind	rim	rim	rim	ind	ind	rim	rim	rim	rim	ind	rim	ind	
Unità	-	bnc	bnc	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	bbc	bbc	bbc	bbi	TRV	TRV	TRV	
Prof.	m	1.50	4.60	6.50	9.50	12.00	18.50	32.00	1.50	3.60	5.00	7.50	11.45	14.00	27.00	
Granulometria																
G	%	10.7	0.4		0.5								40.6			
S	%	36.4	8.2		2.8		1.4	1.7	29.1	31.9			49.7	2.2		0.9
L + A	%	52.9	91.5		96.7		98.6	98.3	70.9	68.1			9.8	97.8		99.2
L	%	21.5	27.2		29.1		32.6	26.3	35.4	38.2			4.9	33.0		30.8
A	%	31.5	64.3		67.6		66.0	72.0	35.5	29.9			4.9	64.8		68.4
Limiti di Atterberg																
W _L	%	32.0	57.0		76.0		99.0	82.0	36.0	31.0			62.0			85.0
W _P	%	17.0	27.0		30.0		31.0	31.0	31.0	31.0			31.0			31.0
I _s	-		1.20				1.10						1.47			1.28
I _p	%	15.0	30.0		46.0		68.0	44.0	17.0	12.0			27.0			53.0
Caratteristiche fisiche																
γ _N	kN/m ³		15.4				19.7						21.5			21.1
w _N	%		21.0				24.4						22.4			17.1
Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)																
E _{ed}	kPa															
c _v	cm ² /s															
c _u	-															
k	m/s															
Resistenza a compressione monoassiale																
σ _c	MPa															
Resistenza non drenata																
(TX-UU) c _u	kPa						181.0									376.0
(TX-ELL) c _u	kPa															
Resistenza drenata																
(TD) c	kPa		59.1											76.0		
(TD) f	°		15.0											29.7		

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	24 di 322

Sondaggio	-	D10	D10	D10	D10	D10	D10	D10	D10	D10	D10	D10
Campione	-	CR1	CR1	CR2	CR3	CR8	CR4	CR5	CR6	CR2	CR7	CR3
Tipo	-	rim	ind	rim	rim	rim	rim	rim	rim	ind	rim	ind
Unità	-	bbc	bbc	bbc	bbc	bbc	bbc	bbc	TRV	TRV	TRV	TRV
Prof.	m	1.60	3.58	4.50	7.60	9.12	10.00	13.20	17.00	21.00	26.30	36.00

Granulometria

G	%		0.1			0.3	0.3	0.1		0.6		
S	%		12.8			20.7	20.7	9.3		6.1	0.9	2.1
L + A	%		87.2			79.0	79.0	90.6		93.3	99.1	97.9
L	%		29.6			29.3	29.3	23.7		41.9	31.3	31.6
A	%		57.6			49.6	49.6	66.9		51.4	67.7	66.2

Limiti di Atterberg

W_L	%		57.0			55.0				61.0	88.0	72.0
W_P	%		25.0			24.0				23.0	27.0	27.0
I_c	-		0.97							1.16		1.31
I_p	%		32.0			31.0				38.0	61.0	45.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³		18.8							21.9		21.0
w_N	%		26.1							17.1		13.2

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa											
c_v	cm ² /s											
c_α	-											
k	m/s											

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa											
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa									327.0		
(TX-ELL) c_u	kPa											18.9

Resistenza drenata

(TD) c	kPa											
(TD) f	°											
(TX-CIU) c	kPa											
(TX-CIU) f	°											
(TX-CID) c	kPa		10.0									
(TX-CID) f	°		17.7									

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	25 di 322

Sondaggio	-	D13	D13	D13	D13	D13	D13	D13	D13
Campione	-	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CI1	CI2	CI3
Tipo	-	rim	rim	rim	rim	rim	ind	ind	ind
Unità	-	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV
Prof.	m	1.80	4.50	7.00	10.50	13.50	30.00	35.00	40.00

Granulometria

G	%		3.5		9.3				
S	%		7.1		80.5	1.5	3.2	1.7	3.2
L + A	%		89.4		10.2	98.5	96.8	98.3	96.8
L	%		21.8		6.1	22.2	30.7	25.9	25.2
A	%		67.6		4.0	76.3	66.1	72.3	71.6

Limiti di Atterberg

W_L	%		67.0				89.0	111.0	80.0
W_P	%		27.0				26.0	32.0	23.0
I_c	-						1.04	1.14	0.99
I_p	%		40.0				63.0	79.0	58.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³						19.6	22.1	20.2
w_N	%						23.3	21.2	22.7

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa						5867.0		6222.0
c_v	cm ² /s						8.90E-05		5.36E-04
c_α	-								
k	m/s						1.49E-11		8.44E-11

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa								
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa							78.0	
(TX-ELL) c_u	kPa								

Resistenza drenata

(TD) c	kPa							27.9	21.0
(TD) f	°							25.8	22.0
(TX-CIU) c	kPa						39.0		
(TX-CIU) f	°						14.6		
(TX-CID) c	kPa								
(TX-CID) f	°								

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	26 di 322

Sondaggio	-	D14	D14	D14	D14	D14	D14	D14	D14	D14	D14
Campione	-	CR1	CR4	CR2	CR5	CI1	CR6	CR3	CR7	CI2	CI3
Tipo	-	rim	rim	rim	rim	ind	rim	rim	rim	ind	ind
Unità	-	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV	TRV
Prof.	m	3.00	5.66	7.80	9.30	10.00	11.48	13.00	17.07	20.00	25.00

Granulometria

G	%										
S	%		8.4			11.6				10.2	35.5
L +A	%		91.6			88.4				89.8	64.5
L	%		39.0			35.5				37.6	28.8
A	%		52.6			52.9				52.2	35.8

Limiti di Atterberg

W_L	%		50.0			47.0				70.0	74.0
W_P	%		25.0			21.0				29.0	27.0
I_c	-					1.10				1.34	
I_p	%		25.0			26.0				41.0	47.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³					20.7				20.4	21.1
w_N	%					18.5				15.1	17.2

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa										16935.0
c_v	cm ² /s										3.03E-04
c_α	-										
k	m/s										1.75E-11

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa										
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa					117.0					
(TX-ELL) c_u	kPa										

Resistenza drenata

(TD) c	kPa					26.1					
(TD) f	°					20.9					
(TX-CIU) c	kPa										
(TX-CIU) f	°									26.3	

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	27 di 322

Sondaggio	-	D18	D18	D18	D18	D18	D18	D18	D18	D18
Campione	-	CR1	CI1	CR2	CR3	CR4	CI2	CR5	CI3	CR6
Tipo	-	rim	ind	rim	rim	rim	ind	rim	ind	rim
Unità	-	bbc	bbc	bbc	bbc	bbi	TRV	TRV	TRV	TRV
Prof.	m	1.80	4.00	4.60	7.00	8.30	13.50	17.45	20.60	27.38

Granulometria

G	%					45.9				
S	%		2.5			35.9	0.2		1.6	
L +A	%		97.5			18.1	99.8		98.4	
L	%		14.6			7.4	26.9		25.5	
A	%		82.9			10.7	72.9		72.9	

Limiti di Atterberg

W_L	%		67.0			24.0	87.0		82.0	
W_P	%		28.0			13.0	40.0		32.0	
I_c	-		0.90				1.39		1.28	
I_p	%		39.0			11.0	47.0		50.0	

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³		18.8				20.2		20.0	
w_N	%		31.8				21.7		18.2	

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa									
c_v	cm ² /s									
c_α	-									
k	m/s									

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa									
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa								286.0	
(TX-ELL) c_u	kPa									

Resistenza drenata

(TD) c	kPa									
(TD) f	°									
(TX-CIU) c	kPa						24.0			
(TX-CIU) f	°						15.3			
(TX-CID) c	kPa		14.0							
(TX-CID) f	°		16.0							

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	28 di 322

Sondaggio	-	D22	D22	D22	D22	D22	D22	D22	D22	D22
Campione	-	CR1	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR2	CR3	CR6
Tipo	-	rim	ind	rim	rim	rim	rim	ind	ind	rim
Unità	-	bbc	bbc	bbc	bbc	bbc	bbc	FYN	FYN	FYN
Prof.	m	1.50	3.00	4.70	7.80	10.00	10.60	15.00	23.55	39.00

Granulometria

G	%		0.4							
S	%		9.7		64.8		54.7	10.3	17.6	7.5
L +A	%		89.9		35.2		45.3	89.7	82.4	92.5
L	%		28.1		9.3		18.6	15.3	16.6	25.7
A	%		61.8		26.0		26.7	74.4	65.8	66.8

Limiti di Atterberg

W_L	%		62.0				30.0	44.0	53.0	58.0
W_P	%		26.0				15.0	21.0	23.0	25.0
I_c	-		1.12					1.25		
I_P	%		36.0				15.0	23.0	30.0	33.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³		19.4					22.4		
w_N	%		21.5					15.2		

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa									
c_v	cm ² /s									
c_α	-									
k	m/s									

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa									
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa						728.0			
(TX-ELL) c_u	kPa									

Resistenza drenata

(TD) c	kPa		20.2							
(TD) f	°		15.8							

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	29 di 322

Sondaggio	-	D26	D26	D26	D26	D26	D26	D26	D26	D26
Campione	-	CR1	Cl1	CR2	CR3	Cl2	CR4	CR5	CR6	Cl3
Tipo	-	rim	ind	rim	rim	ind	rim	rim	rim	ind
Unità	-	b2	bnc	bnc	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC
Prof.	m	1.50	3.00	4.70	7.50	9.50	13.60	16.10	18.33	37.00

Granulometria

G	%		0.4							
S	%	30.2	16.2			12.4			3.0	20.7
L + A	%	69.8	83.4			87.6			97.0	79.3
L	%	14.7	28.8			46.5			42.6	46.1
A	%	55.2	54.6			41.1			54.4	33.2

Limiti di Atterberg

W_L	%		48.0			41.0			45.0	40.0
W_P	%		22.0			23.0			25.0	27.0
I_c	-		1.10			1.48				1.47
I_P	%		26.0			18.0			20.0	13.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³		20.6			22.1				21.1
w_N	%		19.5			14.4				20.9

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa									
c_v	cm ² /s									
c_α	-									
k	m/s									

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa									
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa					504.0				
(TX-ELL) c_u	kPa									

Resistenza drenata

(TD) c	kPa		25.4							19.6
(TD) f	°		23.0							22.4

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	30 di 322

Sondaggio	-	D29	D29	D29	D29	D29	D29	D29	D29
Campione	-	CR4	CR1	CR2	CI1	CI2	CI3	CR3	CR5
Tipo	-	rim	rim	rim	ind	ind	ind	rim	rim
Unità	-	AACa	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC	AACa	AACa
Prof.	m	3.10	4.80	10.00	24.00	28.00	33.00	35.28	36.20

Granulometria

G	%		12.8	0.1	43.3		1.4		
S	%		10.3	11.8	46.4	5.3	12.7		
L +A	%		76.9	88.1	10.3	94.7	85.9		
L	%		21.2	32.9	5.9	52.5	49.0		
A	%		55.7	55.3	4.4	42.3	36.8		

Limiti di Atterberg

W_L	%		42.0		37.0	39.0	22.0		
W_P	%		28.0		24.0	24.0	16.0		
I_c	-				0.53	1.39			
I_P	%		14.0		13.0	15.0	7.0		

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	23.5			20.1	15.4			21.5
w_N	%				30.1	18.2			

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa					14777.0			
c_v	cm ² /s								
c_α	-								
k	m/s								

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa	90.32							80.2
------------	-----	-------	--	--	--	--	--	--	------

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa								
(TX-ELL) c_u	kPa								

Resistenza drenata

(TD) c	kPa				20.2	17.0			
(TD) f	°				30.6	32.6			

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	31 di 322

Sondaggio	-	D32	D32	D32	D32	D32	D32	D32	D32	D32	D32
Campione	-	CR1	CR7	CR2	CI1	CR8	CR3	CI2	CR4	CR5	CI3
Tipo	-	rim	rim	rim	ind	rim	rim	ind	rim	rim	ind
Unità	-	bnc	bni	bnc	bnc	bni	bnc	AAC	AAC	AAC	AAC
Prof.	m	2.20	6.50	9.65	11.00	13.20	14.50	17.50	20.55	26.35	28.50

Granulometria

G	%	1.4	22.0			51.0	19.3				
S	%	41.0	45.0	12.6	12.6	43.1	40.3	19.8			34.7
L + A	%	57.7	33.0	87.4	87.4	5.9	40.4	80.2			65.3
L	%	28.1	18.2	39.4	39.4	2.8	19.6	38.5			31.8
A	%	29.6	14.7	48.0	48.0	3.1	20.8	41.7			33.5

Limiti di Atterberg

W_L	%	28.0	24.0	45.0	30.0		36.0	46.0			47.0
W_P	%	15.0	15.0		15.0			27.0			26.0
I_c	-				1.04			1.42			1.56
I_p	%	13.0	9.0	26.0	15.0		15.0	19.0			21.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³				20.9			19.8			19.8
w_N	%				14.4			18.9			14.3

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa										
c_v	cm ² /s										
c_α	-										
k	m/s										

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa										
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa						278.0				
(TX-ELL) c_u	kPa										100.7

Resistenza drenata

(TD) c	kPa										
(TD) f	°										
(TX-CIU) c	kPa				14.0						
(TX-CIU) f	°				19.5						

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	32 di 322

Sondaggio	-	D35	D35	D35	D35
Campione	-	Cl1	CR1	CR2	CR3
Tipo	-	ind	rim	rim	rim
Unità	-	bbc	AAC	AAC	AAC
Prof.	m	3.00	6.45	11.75	38.65

Granulometria

G	%				0.1
S	%	19.8	11.7		10.3
L +A	%	80.2	88.3		89.6
L	%	24.9	30.8		45.7
A	%	55.3	57.6		43.8

Limiti di Atterberg

W_L	%	53.0	52.0		42.0
W_P	%	22.0	19.0		26.0
I_c	-	1.03			
I_P	%	31.0	33.0		15.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	20.4			
w_N	%	21.2			

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica)

E_{ed}	kPa	9320.0			
c_v	cm ² /s	1.27E-04			
c_α	-				
k	m/s	1.34E-11			

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa				
------------	-----	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa				
(TX-ELL) c_u	kPa				

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	29.8			
(TD) f	°	18.9			

(segue da pagina precedente)

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	33 di 322

4.3 Campagna geognostica a base del P.D. di fase II del 2015

Nella campagna geognostica del maggio-agosto 2015 sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 20 sondaggi geognostici a carotaggio per profondità di 30.0÷40.0 m;
- fori di sondaggio strumentati con piezometro, di cui n. 12 sono del tipo a tubo aperto e n. 5 a cella di Casagrande;
- n. 3 indagini sismiche di tipo Down Hole spinte fino a profondità di 30 e 40 m;
- prove di permeabilità Lefranc;
- prove pressiometriche Menard;
- indagini geofisiche;
- n. 1 prova piezometrica.

Durante le perforazioni dei sondaggi sono state eseguite le seguenti attività:

- riconoscimento stratigrafico e geotecnico (con documentazione fotografica a colori delle cassette catalogatrici);
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT);
- rilievo del livello di falda;
- misure di valori di Pocket Penetrometer (PP) e Torvane (TV) nei livelli coesivi.

Nella seguente tabella si sintetizzano le attività svolte in sito.

Tabella 9 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove eseguite nella campagna geognostica di fase II del 2015

Sondaggi pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc	n. prove pressiom etriche	Piezometro TA; CC / Prova DH
D1	30.0	204.9	2	8	-	5	1	1	TA[3÷15]
D2	30.0	195.3	3	8	-	5	1	2	TA[3÷12]
D4	30.0	188.0	3	10	-	7	2	1	CC [25]
D5	30.0	187.7	2	12	-	7	1	1	TA[3÷12]
D6	30.0	187.8	3	12	-	7	2	-	CC [25]
D8	30.0	185.3	2	10	-	7	1	2	TA[4.5÷12]
D9	40.0	185.6	3	6	-	6	2	1	DH [40]
D11	30.0	187.3	3	10	-	4	-	2	CC [18]
D12	30.0	187.4	2	9	-	5	-	-	TA[3÷12]
D15	30.0		3	10	-	5	2	2	TA[3÷18]
D19	30.0	171.4	3	12	-	7	1	1	CC [25]
D21	40.0	171.7	3	11	-	5	1	2	TA[3÷40]
D23	30.0	164.5	3	9	-	5	1	2	TA[3÷9]
D24	30.0	168.0	3	9	-	5	2	2	-
D25	30.0	162.3	4	8	-	5	2	2	TA[3÷12]; CC [25]
D28	30.0	149.0	3	9	-	5	1	2	TA[3÷16.5]
D30	30.0	134.6	2	7	-	5	2	2	TA[4÷9]
D31	30.0	139.7	2	8	-	6	2	2	DH [30]
D33	30.0	148.0	4	9	-	6	-	-	DH [30]
D34	30.0	136.5	2	10	-	5	2	2	TA[3÷18]
B1	30.0	131.7	-	-	-	-	-	-	DH [30]
B2	30.0	116.7	-	-	-	-	-	-	TA[3÷6]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]
 CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]
 DH [m]: prova sismica Down-Hole [profondità di prova]

4.3.1 Indagini sismiche

Le indagini sismiche di tipo Down Hole sono state spinte fino a profondità 30-40 m al fine di definire la $V_{s,30}$, e quindi determinare la velocità delle onde di taglio per la classificazione sismica:

- D9 – $V_{s,30} = 318$ m/s (categoria di suolo C)
- D31 – $V_{s,30} = 426$ m/s (categoria di suolo B)
- D33 – $V_{s,30} = 414$ m/s (categoria di suolo B)
- B1 – $V_{s,30} = 416$ m/s (categoria di suolo B).



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	35 di 322

Inoltre, nella fase II di indagine sono state eseguite le indagini sismiche a rifrazione tomografica L1 ÷ L4, impiegate per definire gli spessori dei terreni di copertura e ricostruire l'andamento del substrato. Le linee sismiche L1 ed L2 sono state eseguite a supporto della progettazione della Galleria San Salvatore, il profilo L3 è stato eseguito ad est dell'imbocco 1 della medesima galleria, mentre il profilo L4 a Sud Ovest dell'imbocco 4 della galleria San Filippo.

Per i certificati di prova relativi alle indagini sismiche eseguite si rimanda ai documenti specifici.

E' stata eseguita, inoltre

4.3.2 Prove di permeabilità

Nella campagna del 2015 sono disponibili i risultati delle prove di permeabilità Lefranc a carico variabile (CV) elencate nella seguente tabella.

Tabella 10 – Risultati prove di permeabilità Lefranc indagini di I fase del 2015

Sondaggio	N. prova	Profondità prova [m]	Coefficiente di permeabilità media [m/s]	Unità geotecnica
D1	1	6.0	9.00E-05	bbi
D2	1	11.0	5.50E-07	bbc
D2	2	21.0	9.90E-08	TRV
D4	1	8.0	4.30E-05	bbi
D4	2	24.0	7.05E-07	TRV
D5	1	13.5	2.30E-07	TRV
D6	1	3.5	2.00E-07	bbc
D6	2	9.5	1.10E-05	bbi
D8	1	10.3	3.60E-07	TRV
D9	1	9.0	5.00E-07	bbc
D9	2	18.5	2.00E-07	TRV
D15	1	9.5	5.00E-04	bni
D15	2	19.0	3.00E-07	TRV
D19	1	12.5	5.00E-07	TRV
D21	1	19.5	8.00E-08	TRV
D23	1	6.0	7.20E-05	bbi
D23	2	11.0	4.80E-05	FYN
D24	1	8.5	2.00E-04	bni
D24	2	17.5	1.70E-07	FYN
D25	1	10.5	1.40E-04	bni
D25	2	15.0	5.00E-08	FYN
D28	1	8.0	1.00E-07	bbc
D30	1	7.5	9.55E-05	bbi
D30	2	9.0	8.30E-08	AAC
D34	1	14.5	5.20E-05	bbi

4.3.3 Prove pressiometriche in foro tipo Menard

Nella seguente tabella sono elencate le prove pressiometriche eseguite su ciascun sondaggio attraverso le quali sono stati ottenuti i valori del Modulo Pressiometrico di Menard (E_m), pressione limite (P_{lim}) ed è stata stimata la resistenza al taglio in condizioni non drenate (con la correlazione di Amar e Jezequel, 1972)

Tabella 11 – Prove pressiometriche indagini 2015 fase II

Sondaggio	Prova	profondità da p.c. [m]	Em [MPa]	Plim [MPa]	Unità geotecnica	cu [kPa]
D1	ES-D1-P1	14.1	124.70	3.30	TRV	355
D2	ES-D2-P1	17.0	78.40	3.30	TRV	355
D4	ES-D4-P1	18.0	90.00	4.16	TRV	441
D5	ES-D5-P1	6.0	4.50	0.86	bbc	111
D8	ES-D8-P1	10.0	51.60	1.71	TRV	196
D8	ES-D8-P2	18.5	67.10	3.03	TRV	328
D9	ES-D9-P1	16.0	36.60	2.40	TRV	265
D9	ES-D9-P2	31.0	258.50	2.60	TRV	285
D11	ES-D11-P1	6.0	13.60	1.25	bbc	150
D11	ES-D11-P2	19.5	77.10	2.64	TRV	289
D13	ES-D13-P1	32.0	95.0	2.81	TRV	306
D13	ES-D13-P2	38.0	227.8	1.97	TRV	222
D14	ES-D14-P1	15.0	115.9	4.82	TRV	507
D14	ES-D14-P2	20.0	165.2	2.62	TRV	287
D15	ES-D15-P1	16.0	73.90	3.67	TRV	392
D15	ES-D15-P2	29.5	147.70	2.75	TRV	300
D19	ES-D19-P1	16.8	78.80	2.25	TRV	250
D21	ES-D21-P1	14.5	31.70	2.41	TRV	266
D21	ES-D21-P2	34.5	100.10	3.30	FYN	355
D23	ES-D23-P1	13.5	97.50	2.70	FYN	295
D23	ES-D23-P2	23.5	139.60	3.29	FYN	354
D24	ES-D24-P1	19.5	103.90	2.15	FYN	240
D24	ES-D24-P2	29.5	227.20	2.76	FYN	301
D25	ES-D25-P1	19.5	123.10	3.37	FYN	362
D25	ES-D25-P2	29.5	131.10	3.26	FYN	351
D28	ES-D28-P1	17.2	147.90	3.65	AAC	390
D28	ES-D28-P2	26.5	239.00	3.81	AAC	406
D29	ES-D29-P1	25.0	25.1	1.85	AAC	210
D29	ES-D29-P2	32.5	73.5	2.21	AAC	246
D30	ES-D30-P1	13.0	255.50	4.49	AAC	474
D30	ES-D30-P2	23.5	532.40	4.78	AAC	503
D31	ES-D31-P1	3.4	49.90	1.73	bbc	198
D31	ES-D31-P2	7.0	21.00	1.71	bbc	196
D34	ES-D34-P1	3.5	20.60	1.87	bbc	212
D34	ES-D34-P2	20.5	48.00	2.45	AAC	270

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

4.3.4 Prove di laboratorio

Sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio sui campioni prelevati nei fori di sondaggio:

- Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione;
- Determinazione del contenuto d'acqua naturale;
- Determinazione dei limiti di consistenza di Atterberg;
- Determinazione del peso dell'unità di volume γ_{nat} ;
- Determinazione del peso specifico dei grani G_s ;
- Prove di taglio diretto;
- Prove di compressioni triassiale del tipo CIU;
- Prove di compressioni triassiale del tipo UU;
- Prove di compressione ad espansione laterale libera E.L.L.
- Prove edometriche.

Nelle seguenti tabelle si riassumono i risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante questa campagna geognostica.

Per i certificati delle indagini si rimanda ai documenti di riferimento.

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	39 di 322

Tabella 12 – Laboratorio indagini 2015 fase II

Sondaggio	-	D2	D2	D2	D1	D1	D1	D2
Campione	-	C2	C2R	C3	C1	CR1	C2	C1
Tipo	-	ind	rim	ind	ind	rim	ind	ind
Unità	-	bbc	bbi	TRV	bbc	bbc	TRV	bbc
Prof.	m	7.50	9.00	17.80	3.00	7.20	15.00	1.50

Granulometria

G	%				0.2	0.9	0.2	
S	%	19.1	43.8	4.2	53.4	6.8	7.0	6.1
L + A	%	80.9	56.2	95.8	46.4	92.3	92.8	93.9
L	%	44.6	23.2	47.6	21.2	25.5	37.0	25.5
A	%	36.3	33.0	48.3	25.2	66.8	55.8	68.4

Limiti di Atterberg

W_L	%	53.0	39.0	66.0	21.0		67.0	69.0
W_P	%	20.0	18.0	23.0	17.0		28.0	30.0
I_c	-	0.93		1.16	-1.25			1.18
I_p	%	33.0	21.0	43.0	4.0		39.0	39.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kNm ³	20.2		21.5	20.4			19.6
w_N	%	22.4		16.1	26.0			23.1

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{sd}	kPa							
c_v	cm ² /s							
c_α	-							
k	m/s							

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa							
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa	121.0						
(TX-ELL) c_u	kPa							

Resistenza drenata

(TD) c	kPa				10.6			33.9
(TD) f	°				28.5			14.5
(TX-CIU) c	kPa			45.0				
(TX-CIU) f	°			28.5				

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	40 di 322

Sondaggio	-	D4	D4	D4	D4	D5	D5	D5	D5
Campione	-	C1	CR1P	CR1	C3	C1	C2	CR4	SPT2
Tipo	-	ind	rim	rim	ind	ind	ind	rim	rim
Unità	-	bbc	bbi	bbc	TRV	bbc	TRV	TRV	bbc
Prof.	m	3.00	10.00	6.50	19.40	2.50	14.30	23.00	4.50

Granulometria

G	%		53.6	0.3					1.7
S	%	26.1	36.9	46.1	0.3	47.8	3.5	2.3	45.8
L + A	%	73.9	9.5	53.6	99.7	52.2	96.6	97.7	52.5
L	%	39.3	5.2	25.6	20.5	36.1	30.2	27.2	21.6
A	%	34.6	4.3	28.1	79.2	16.1	66.3	70.5	30.8

Limiti di Atterberg

W_L	%	37.0	25.0	29.0	75.0	22.0	82.0	89.0	31.0
W_P	%	16.0	15.0		14.0	14.0	24.0	31.0	15.0
I_c	-	0.63			1.24	-0.88	1.15		
I_p	%	21.0	10.0	15.0	47.0	8.0	58.0	58.0	16.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	19.8			21.3	18.9	21.9		
w_N	%	23.8			16.8	29.1	15.6		

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa								
c_v	cm ² /s								
c_α	-								
k	m/s								

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa								
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa				1062.0				
(TX-ELL) c_u	kPa								

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	7.8							
(TD) f	°	23.1							
(TX-CIU) c	kPa						49.0		
(TX-CIU) f	°						33.6		
(TX-CID) c	kPa					28.0			
(TX-CID) f	°					27.8			

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	41 di 322

Sondaggio	-	D6	D6	D6	D6
Campione	-	C1	C2	CR2	C3
Tipo	-	ind	ind	rim	ind
Unità	-	bbc	bbc	bbi	TRV
Prof.	m	3.00	6.00	9.50	14.00

Granulometria

G	%			37.5	
S	%	33.5	23.2	28.5	2.5
L +A	%	66.5	76.8	34.0	97.6
L	%	34.9	41.5	8.9	31.9
A	%	31.6	35.4	25.2	65.6

Limiti di Atterberg

W_L	%	35.0	35.0	36.0	59.0
W_P	%	17.0	20.0	19.0	23.0
I_c	-	0.98	0.54		1.11
I_p	%	18.0	15.0	17.0	35.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	20.7	19.6		18.2
w_N	%	17.4	26.8		20.1

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica)

E_{ed}	kPa				
c_v	cm ² /s				
c_α	-				
k	m/s				

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa				
------------	-----	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa				
(TX-ELL) c_u	kPa				

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	3.3			113.9
(TD) f	°	28.3			21.3
(TX-CIU) c	kPa				
(TX-CIU) f	°				
(TX-CID) c	kPa		11.0		
(TX-CID) f	°		23.9		

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	42 di 322

Sondaggio	-	D8	D8	D8	D8
Campione	-	C1	C2	C2R	C3R
Tipo	-	ind	ind	rim	rim
Unità	-	bbc	TRV	bbi	TRV
Prof.	m	4.10	12.00	8.00	20.30

Granulometria

G	%			42.6	
S	%	39.9	1.0	38.3	0.8
L +A	%	60.1	99.0	19.1	99.2
L	%	38.3	34.1	8.6	38.6
A	%	21.8	64.9	10.5	60.6

Limiti di Atterberg

W_L	%	27.0	72.0	39.0	105.0
W_P	%	13.0	20.0	18.0	20.0
I_c	-	0.93	1.01		
I_P	%	4.0	52.0	20.0	84.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	18.4	20.5		
w_N	%	23.3	19.7		

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica)

E_{ed}	kPa				
c_v	cm ² /s				
c_α	-				
k	m/s				

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa				
------------	-----	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa		227.0		
(TX-ELL) c_u	kPa				

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	17.6			
(TD) f	°	19.5			

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	43 di 322

Sondaggio	-	D9	D9	D9	D9
Campione	-	C1	C2	C2R	C3
Tipo	-	ind	ind	rim	ind
Unità	-	bbc	bbc	TRV	TRV
Prof.	m	2.00	6.00	23.00	18.00

Granulometria

G	%				
S	%	78.2	70.1	0.8	0.7
L +A	%	21.8	29.9	99.3	99.3
L	%	10.2	16.9	39.8	33.9
A	%	11.6	13.0	59.5	65.5

Limiti di Atterberg

W_L	%	25.0	19.0	85.0	85.0
W_P	%	12.0	15.0	20.0	21.0
I_c	-	0.63	2.07		1.06
I_P	%	13.0	4.0	65.0	64.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	20.8	17.9		21.6
w_N	%	16.8	10.7		17.0

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica)

E_{ed}	kPa				
c_v	cm ² /s				
c_α	-				
k	m/s				

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa				
------------	-----	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa				
(TX-ELL) c_u	kPa				

Resistenza drenata

(TD) c	kPa		4.1		5.4
(TD) f	°		31.9		34.3

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	44 di 322

Sondaggio	-	D11	D11	D11	D11	D11	D11	D11	D11
Campione	-	C1	C1R	C2R	C3	C3R	SPT4	CR1P	C2
Tipo	-	ind	rim	rim	ind	rim	rim	rim	ind
Unità	-	bbc	bbc	bbc	TRV	TRV	bbi	bbi	TRV
Prof.	m	3.00	1.20	7.00	17.56	22.30	10.40	13.00	17.40

Granulometria

G	%		3.2		0.0		0.4	50.8	
S	%	28.2	20.8	4.2	47.0	51.8	78.3	36.3	21.1
L +A	%	71.8	76.0	95.8	53.0	48.2	21.3	12.9	79.0
L	%	33.5	30.7	46.4	36.7	37.0	9.2	7.3	51.1
A	%	38.3	45.3	49.4	16.2	11.1	12.1	5.6	27.9

Limiti di Atterberg

W_L	%	51.0	55.0	51.0	30.0	22.0	22.0	21.0	30.0
W_P	%	18.0	20.0	18.0	13.0	19.0	16.0	14.0	12.0
I_c	-	0.87			0.88				1.09
I_p	%	33.0	35.0	33.0	18.0	3.0	7.0	7.0	18.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	20.2			21.9				21.8
w_N	%	22.2			14.2				10.4

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa								
c_v	cm ² /s								
c_α	-								
k	m/s								

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa								
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa				394.0				
(TX-ELL) c_u	kPa								

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	45 di 322

Sondaggio	-	D12	D12	D12	D12	D12
Campione	-	C1	C1R	C2R	C2	SPT5
Tipo	-	ind	rim	rim	ind	rim
Unità	-	bbc	bbc	bbi	TRV	TRV
Prof.	m	3.00	2.40	5.10	15.30	18.50

Granulometria

G	%			37.9	0.2	0.4
S	%	12.4	7.2	26.7	6.8	5.8
L + A	%	87.6	92.8	35.4	93.1	93.8
L	%	29.4	41.5	18.0	36.8	21.2
A	%	58.2	51.3	17.3	56.4	72.6

Limiti di Atterberg

W_L	%	56.0		53.0	67.0	79.0
W_P	%	20.0		23.0	29.0	23.0
I_c	-	0.74			1.38	
I_P	%	37.0		30.0	37.0	56.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	18.8			21.6	
w_N	%	28.7			16.1	

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in s

E_{ed}	kPa					
c_v	cm ² /s					
c_α	-					
k	m/s					

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa					
------------	-----	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa					
(TX-ELL) c_u	kPa					

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	16.5			36.1	
(TD) f	°	23.1			33.6	

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	46 di 322

Sondaggio	-	D15	D15	D15	D15	D19	D19	D19	D19
Campione	-	C1	C2	CR2	C3	C1	CR1	C2	C3
Tipo	-	ind	ind	rim	ind	ind	rim	ind	ind
Unità	-	bnc	TRV	bni	TRV	bbc	bbc	TRV	TRV
Prof.	m	3.00	17.50	8.00	23.20	4.00	2.70	9.80	25.50

Granulometria

G	%	0.9		0.2		1.9		2.1	
S	%	9.0	1.6	28.6	3.5	36.3	27.5	10.2	2.6
L +A	%	90.1	98.4	71.2	96.6	61.8	72.5	87.7	97.4
L	%	21.3	33.5	26.6	34.2	31.7	34.3	42.4	42.9
A	%	68.9	64.9	44.7	62.4	30.1	38.2	45.2	54.6

Limiti di Atterberg

W_L	%	63.0	88.0	48.0	80.0	35.0	42.0	52.0	64.0
W_P	%	31.0	28.0	20.0	29.0	18.0	20.0	23.0	28.0
I_c	-	1.15	1.16		1.22	0.70		1.20	
I_p	%	32.0	60.0	28.0	51.0	17.0	22.0	29.0	36.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	19.7	22.0		20.3	19.8		20.4	
w_N	%	26.2	18.7		17.9	23.1		17.2	

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa								
c_v	cm ² /s								
c_α	-								
k	m/s								

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa								
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa								
(TX-ELL) c_u	kPa								

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	40.3				3.8		74.8	
(TD) f	°	18.6				24.6		21.5	
(TX-CIU) c	kPa				20.0				
(TX-CIU) f	°				17.7				

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	47 di 322

Sondaggio	-	D21	D21	D21	D21
Campione	-	C1	CR1	C2	C3
Tipo	-	ind	rim	ind	ind
Unità	-	bbc	bbi	TRV	FYN
Prof.	m	4.00	9.60	17.00	32.70

Granulometria

G	%	0.2	23.0	0.1	0.3
S	%	72.3	30.9	24.6	5.4
L +A	%	41.0	46.1	75.4	94.3
L	%	9.4	14.4	45.2	51.1
A	%	31.7	31.7	30.1	43.2

Limiti di Atterberg

W_L	%		35.0	37.0	52.0
W_P	%		14.0	18.0	21.0
I_c	-			1.17	1.41
I_P	%		21.0	19.0	31.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	18.6			22.9
w_N	%	9.0		14.7	8.2

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione g_e)

E_{ed}	kPa				
c_v	cm ² /s				
c_α	-				
k_f	m/s				

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa				
------------	-----	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa				
(TX-ELL) c_u	kPa				

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	6.0			
(TD) f	°	28.5			

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	48 di 322

Sondaggio	-	D23	D23	D23	D23
Campione	-	C2R	C3	C1	C2
Tipo	-	rim	ind	ind	ind
Unità	-	bbc	FYN	bbc	FYN
Prof.	m	7.50	18.00	1.50	9.40

Granulometria

G	%		1.3		0.1
S	%	1.1	13.0	34.9	1.7
L +A	%	98.9	85.7	65.1	98.3
L	%	64.9	52.9	33.1	59.7
A	%	34.0	32.8	32.0	38.6

Limiti di Atterberg

W_L	%	51.0	51.0	32.0	40.0
W_P	%	27.0	24.0	15.0	28.0
I_c	-		1.29	1.05	2.04
I_P	%	24.0	27.0	17.0	12.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³		21.4	21.2	20.0
w_N	%		16.1	14.1	15.5

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geosta)

E_{ed}	kPa			3828.0	
c_v	cm ² /s				
c_α	-				
k	m/s				

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa				
------------	-----	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa		254.0		
(TX-ELL) c_u	kPa				

Resistenza drenata

(TD) c	kPa			9.8	52.3
(TD) f	°			29.9	24.3

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	49 di 322

Sondaggio	-	D24	D24	D24	D24	D24	D24	D24
Campione	-	C1R	C2R	C3R	C1	C2	C2bis	C3
Tipo	-	rim	rim	rim	ind	ind	ind	ind
Unità	-	bnc	bnc	bni	bnc	bni	bni	FYN
Prof.	m	3.10	6.70	12.00	1.50	7.20	7.20	16.00

Granulometria

G	%			46.3	0.1	2.6	0.2	
S	%	16.4	59.9	44.5	32.5	44.2	87.4	2.1
L +A	%	83.6	40.1	9.2	67.5	53.2	12.3	97.9
L	%	45.7	26.8	5.0	37.1	25.1	5.4	36.9
A	%	38.0	13.3	4.2	30.4	28.1	6.9	60.9

Limiti di Atterberg

W_L	%	39.0		17.0	32.0			41.0
W_P	%	17.0		13.0	14.0			29.0
I_c	-				0.97			1.86
I_P	%	22.0		4.0	18.0			12.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³				20.3	20.1		20.9
w_N	%				14.5	18.9		18.7

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa							
c_v	cm ² /s							
c_α	-							
k	m/s							

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa							
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa							
(TX-ELL) c_u	kPa							

Resistenza drenata

(TD) c	kPa							19.1
(TD) f	°							17.2

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	50 di 322

Sondaggio	-	D25	D25	D25	D25
Campione	-	C3	C4	C1	C2
Tipo	-	ind	ind	ind	ind
Unità	-	FYN	FYN	bnc	bnc
Prof.	m	13.20	13.38	2.40	6.20

Granulometria

G	%		0.3		4.7
S	%	4.4	8.8	31.0	22.1
L +A	%	95.6	91.0	69.0	73.2
L	%	62.6	59.5	46.8	35.0
A	%	32.9	31.5	22.2	38.2

Limiti di Atterberg

W_L	%	36.0	38.0	23.0	33.0
W_P	%	20.0	25.0	18.0	18.0
I_c	-	1.36	1.85	1.36	1.63
I_p	%	16.0	13.0	5.0	15.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	21.9	20.0	20.1	18.7
w_N	%	14.2	14.0	16.2	8.5

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica)

E_{ed}	kPa				4144.0
c_v	cm ² /s				7.76E-04
c_α	-				
k	m/s				1.84E-10

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa				
------------	-----	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa				
(TX-ELL) c_u	kPa				

Resistenza drenata

(TD) c	kPa			2.0	
(TD) f	°			31.7	
(TX-CIU) c	kPa		79.0		
(TX-CIU) f	°		16.7		

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	51 di 322

Sondaggio	-	D28	D28	D28
Campione	-	C1	CR1	C3
Tipo	-	ind	rim	ind
Unità	-	bbc	bbc	AAC
Prof.	m	3.70	9.40	18.70

Granulometria

G	%	2.6		0.1
S	%	13.4	4.2	13.3
L +A	%	83.9	95.8	86.6
L	%	20.0	43.8	53.6
A	%	63.9	51.9	33.0

Limiti di Atterberg

W_L	%	50.0	54.0	45.0
W_P	%	25.0	28.0	27.0
I_c	-	0.90		1.48
I_P	%	25.0	26.0	18.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	19.5		19.7
w_N	%	27.5		18.4

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione)

E_{ed}	kPa			
c_v	cm ² /s			
c_α	-			
k_f	m/s			

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa			
------------	-----	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa			162.0
(TX-ELL) c_u	kPa			

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	1.5		
(TD) f	°	20.9		

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	52 di 322

Sondaggio	-	D30	D30	D31	D31	D31	D31	D30	D30	D31	D31
Campione	-	C1	C2	C1	C2	SPT2	SPT5	CR1P	CR2P	CR1P	CR2P
Tipo	-	ind	ind	ind	ind	rim	rim	rim	rim	rim	rim
Unità	-	AAC	AAC	bbc	AAC	bbi	AAC	ba	bbi	bbc	bbi
Prof.	m	10.70	17.70	2.00	14.30	7.60	20.50	2.00	4.00	6.00	9.50

Granulometria

G	%	0.0		5.8	0.4	40.0		38.0	8.1	8.9	34.3
S	%	7.7	3.2	38.8	14.6	40.2	3.8	37.2	68.7	31.3	47.8
L + A	%	92.3	96.8	55.4	84.9	19.9	96.2	24.8	23.2	59.9	17.9
L	%	62.9	64.7	21.7	50.0	7.5	31.3	14.1	11.2	25.3	9.5
A	%	29.4	32.2	33.7	35.0	12.4	64.9	10.7	12.0	34.5	8.4

Limiti di Atterberg

W_L	%	29.0	41.0	33.0	42.0			25.0	22.0	38.0	26.0
W_P	%	20.0	24.0	17.0	23.0			24.0	24.0	16.0	12.0
I_c	-		1.44	1.20	1.48						
I_P	%	10.0	17.0	16.0	18.0			13.0	11.0	22.0	14.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³		20.8	20.2	21.2						
w_N	%		16.6	13.8	15.3						

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa			2752.0							
c_v	cm ² /s			2.80E-04							
c_α	-										
k	m/s			9.98E-11							

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa										
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa				165.0						
(TX-ELL) c_u	kPa										

Resistenza drenata

(TD) c	kPa			47.9							
(TD) f	°			21.6							

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	53 di 322

Sondaggio	-	D33	D33	D33	D33	D33	D33	D33
Campione	-	C1	C2	C3	C4	R1	R2	SPT1
Tipo	-	ind	ind	ind	ind	rim	rim	rim
Unità	-	bnc	AAC	AAC	AAC	bnc	bni	bnc
Prof.	m	2.50	10.50	16.00	20.50	3.80	5.50	1.50

Granulometria

G	%	0.2	0.2	0.8	0.1	0.1	8.7	
S	%	25.3	13.6	9.5	2.3	45.8	48.8	17.2
L +A	%	74.6	86.1		97.7	54.1	42.5	82.8
L	%	25.0	47.6	40.4	53.3	22.0	12.4	17.0
A	%	49.5	38.5	49.3	44.3	32.1	30.1	65.8

Limiti di Atterberg

W_L	%	45.0	38.0	43.0	65.0	34.0		58.0
W_P	%	22.0	25.0	26.0	29.0	15.0		27.0
I_c	-	1.20	1.58	1.46	1.30			
I_P	%	23.0	13.0	17.0	36.0	19.0		31.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	16.6	20.9	21.0	20.1			
w_N	%	17.3	17.4	18.2	18.2			

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa							
c_v	cm ² /s							
c_α	-							
k	m/s							

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa							
------------	-----	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa				273.0			
(TX-ELL) c_u	kPa							

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	1.8		21.3				
(TD) f	°	29.8		14.5				

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	54 di 322

Sondaggio	-	D34	D34	D34	D34	D34
Campione	-	C1	C2	CR2	CR3	SPT2
Tipo	-	ind	ind	rim	rim	rim
Unità	-	bbc	AAC	bbi	AAC	bbi
Prof.	m	1.50	22.00	11.60	17.00	6.00

Granulometria

G	%		0.1	46.2		31.4
S	%	53.7	9.5	19.3	7.3	55.6
L +A	%	46.3	90.4	34.5	92.7	13.0
L	%	22.9	41.8	11.5	86.3	6.9
A	%	23.5	48.6	23.0	6.4	6.1

Limiti di Atterberg

W_L	%	27.0	52.0	81.0	59.0	
W_P	%	14.0	30.0	38.0	34.0	
I_c	-	0.62	1.64			
I_P	%	14.0	22.0	43.0	25.0	

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	18.9	20.2			
w_N	%	18.3	16.0			

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa					
c_v	cm ² /s					
c_α	-					
k	m/s					

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa					
------------	-----	--	--	--	--	--

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa					
(TX-ELL) c_u	kPa					

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	6.1	12.2			
(TD) f	°	36.3	19.2			

(segue da pagina precedente)

4.4 Campagna geognostica del 2018

Nella campagna geognostica del 2018 sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 15 sondaggi geognostici a carotaggio per profondità di 30.0÷80.0 m;
- fori di sondaggio strumentati con piezometro, di cui n. 4 sono del tipo a tubo aperto e n. 8 a cella di Casagrande;
- prove di permeabilità Lefranc nei terreni e Lugeon in roccia;
- prove dilatometriche;

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	55 di 322

- indagini sismiche in foro tipo Down-Hole;
- indagini geofisiche MASW e HVSR.

Durante le perforazioni dei sondaggi sono state eseguite le seguenti attività:

- riconoscimento stratigrafico e geotecnico (con documentazione fotografica a colori delle cassette catalogatrici);
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT);
- rilievo del livello di falda;
- misure di valori di Pocket Penetrometer (PP) nei livelli coesivi.

Nella seguente tabella si sintetizzano le attività svolte in sito.

Tabella 13 – Riepilogo dei sondaggi e delle prove eseguite nella campagna del 2018

Sondaggi pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc/Lugeon	n. prove dilatometriche	Piezometro TA; CC / Prova DH
5_S01	30.0	150.6	3	2	-	5	2	-	DH[30]
5_S03	40.0	209.2	4	2	-	5	3	-	-
5_S1gn	45.0	226.8	4	2	-	-	2	3	CC [32]
5_S2gn	35.0	175.0	3	3	-	6	-	3	CC [19]
5_Sgnpz	20.0	203.6	-	-	-	-	-	-	CC [8]
5_S3gn	80.0	227.2	8	4	-	-	4	6	CC [65]
5_S06vi	40.0	208.7	3	3	-	5	2	-	-
5_S07vi	40.0	206.3	3	2	-	6	2	-	TA[2.5÷14.5]
5_S08vi	40.0	205.9	3	2	-	5	2	-	CC [20.5]
5_S09vi	40.0	204.0	3	2	-	5	2	-	TA[3÷10]
5_S10vi	40.0	201.1	1	2	-	6	2	-	CC [25]
5_S11vi	40.0	209.5	3	2	-	5	2	-	CC [15]
5_S14vi	40.0	165.9	3	2	-	5	2	-	CC [20.5]
5_S15vi	40.0	152.4	3	2	-	5	3	-	TA[10÷12]
5_S17vi	30.0	153.9	2	2	-	7	2	-	TA[3÷21]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]
 CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]
 DH [m]: prova sismica Down-Hole [profondità di prova]

4.4.1 Indagini sismiche

E' stata eseguita un'indagine sismica di tipo Down Hole (5_S01), fino alla profondità di 30 m.

Sono, inoltre, state eseguite delle prove sismiche HSVR e MASW in prossimità dei viadotti. Le prove MASW sono state spinte fino alla profondità di 54 m, al fine di definire la $V_{s,30}$, e quindi determinare la velocità delle onde di taglio per la classificazione sismica:

- MASW VI 01 – $V_{s,30} = 308$ m/s (categoria di suolo C)
- MASW VI 02 – $V_{s,30} = 339$ m/s (categoria di suolo C)
- MASW VI 03 – $V_{s,30} = 351$ m/s (categoria di suolo C)
- MASW VI 04 – $V_{s,30} = 287$ m/s (categoria di suolo C)
- MASW VI 05 – $V_{s,30} = 361$ m/s (categoria di suolo E)
- MASW VI 06 – $V_{s,30} = 353$ m/s (categoria di suolo E)
- MASW VI 07 – $V_{s,30} = 260$ m/s (categoria di suolo E)
- MASW VI 08 – $V_{s,30} = 481$ m/s (categoria di suolo B)

- MASW VI 09 – $V_{s,30} = 306$ m/s (categoria di suolo C)
- MASW VI 10 – $V_{s,30} = 506$ m/s (categoria di suolo B)
- MASW VI 11 – $V_{s,30} = 445$ m/s (categoria di suolo B)
- MASW VI 12 – $V_{s,30} = 381$ m/s (categoria di suolo B).

4.4.2 Prove di permeabilità

Nella campagna del 2018 sono disponibili i risultati delle prove di permeabilità Lefranc e Lugeon, elencate nelle seguenti tabelle.

Tabella 14 – Risultati prove di permeabilità Lefranc del 2018

Sondaggio	N. prova	Profondità prova [m]	Coefficiente di permeabilità media [m/s]	Unità geotecnica
5_S01	1	3.8	9.81E-08	bbc
5_S03	1	5.7	2.88E-08	bbc
5_S03	2	29.3	6.29E-08	TRVa
5_S06vi	1	3.8	7.22E-08	bbc
5_S06vi	2	11.1	2.96E-08	bbc
5_S07vi	1	3.8	5.87E-07	bbc
5_S07vi	2	8.3	1.06E-07	bbc
5_S08vi	1	2.7	3.66E-06	bbc
5_S08vi	2	7.5	3.69E-07	bbc
5_S09vi	1	4.3	3.01E-07	bbc
5_S09vi	2	8.3	3.80E-06	bbi
5_S10vi	1	5.6	8.84E-08	bbc
5_S10vi	2	11.6	1.92E-07	bbi
5_S11vi	1	5.4	7.83E-08	bnc
5_S11vi	2	12.8	2.57E-08	TRV
5_S14vi	1	3.8	5.87E-07	bni
5_S14vi	2	14.3	3.62E-08	FYN
5_S15vi	1	3.8	5.97E-08	bbc
5_S15vi	2	10.0	2.54E-08	bbc
5_S17vi	1	6.5	4.56E-08	bbc
5_S17vi	2	14.3	1.12E-05	bbi

Tabella 15 – Risultati prove di permeabilità Lugeon del 2018

Sondaggio	N. prova	Profondità prova [m]	Coefficiente di permeabilità media [m/s]	Unità geotecnica
5_S01	1	26.2	8.46E-08	AAC
5_S03	3	16.5	3.48E-08	TRVa
5_S15vi	3	22.3	1.94E-08	FYN
5_S1gn	1	28.5	1.23E-08	TRV
5_S1gn	2	38.4	8.72E-08	TRV
5_S3gn	1	23.8	5.44E-08	AAC
5_S3gn	2	41.5	9.77E-08	AAC
5_S3gn	3	62.1	9.84E-09	AAC
5_S3gn	4	70.0	1.37E-08	AAC

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	59 di 322

4.4.3 Prove dilatometriche in foro

Nella seguente tabella sono elencate le prove dilatometriche eseguite sui relativi sondaggi.

Tabella 16 – Prove dilatometriche del 2018

Sondaggio	Prova	profondità da p.c. [m]	Unità geotecnica
5_S1gn	1	31.5	TRV
5_S1gn	2	34.5	TRV
5_S1gn	3	40.5	TRV
5_S2gn	1	12.5	AAC
5_S2gn	2	16.5	AACa
5_S2gn	3	20.5	AAC
5_S3gn	1	15.5	AAC
5_S3gn	2	25.5	AAC
5_S3gn	3	45.5	AAC
5_S3gn	4	55.5	AAC
5_S3gn	5	62.5	AAC
5_S3gn	6	66.5	AAC

4.4.4 Prove di laboratorio

Sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio sui campioni prelevati nei fori di sondaggio:

- Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione;
- Determinazione del contenuto d'acqua naturale;
- Determinazione dei limiti di consistenza di Atterberg;
- Determinazione del peso dell'unità di volume γ_{nat} ;
- Determinazione del peso specifico dei grani G_s ;
- Prove di taglio diretto;
- Prove di compressioni triassiale del tipo CIU;
- Prove di compressioni triassiale del tipo CID;
- Prove di compressioni triassiale del tipo UU;
- Prove edometriche;
- Pocket Penetrometer (PP);
- Classificazione terre secondo CNR 10006.

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	60 di 322

Nelle seguenti tabelle si riassumono i risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante questa campagna geognostica.

Per i certificati delle indagini si rimanda ai documenti di riferimento.

Tabella 17 – Laboratorio indagini 2018

Sondaggio	-	5S03	5S03	5S03	5S03	5S03	5_S14vi	5_S14vi	5_S14vi	5_S14vi	5_S14vi
Campione	-	Cl1	CR1	Cl2	Cl3	Cl4	Cl1	SPT3	CR1	Cl2	Cl3
Tipo	-	ind	rim	ind	ind	ind	ind	rim	rim	ind	ind
Unità	-	bbc	TRVa	TRVa	TRVa	TRVa	bni	bni	bni	FYN	FYN
Prof.	m	5.55	8.60	15.00	25.00	38.00	4.50	7.50	12.00	15.00	30.00
Granulometria											
G	%	0.08	4.3	3.1	0.8	1.0		1.0	53.8	0.3	0.4
S	%	16.5	9.9	16.2	38.3	5.1	19.4	49.1	25.4	10.2	5.2
L + A	%	83.4	85.9	80.8	61.0	94.0	80.6	49.8	21.4	89.6	94.4
L	%	33.4	40.9	42.1	28.3	39.5	34.8	28.8	13.6	56.9	66.9
A	%	50.0	44.9	38.7	32.7	54.5	45.9	21.0	7.8	32.6	27.5
Limiti di Atterberg											
W _L	%	50.4		42.3	30.9	56.3	38.8			46.3	44.0
W _P	%	24.0		19.3	17.7	26.8	19.1			28.3	22.4
I _c	-	0.95		0.99	1.09	1.33	1.04			1.51	1.30
I _p	%	26.4		23.0	13.2	29.5	19.7			18.0	21.6
Caratteristiche fisiche											
γ _N	kN/m ³	19.5		20.6	19.6	19.8	20.7		23.7	18.8	20.6
w _N	%	25.4		19.6	16.5	17.2	18.4		6.2	19.1	16.0
Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)											
E _{ed}	kPa	6168.0		10033.0			5448.0			7319.0	14859.0
c _v	cm ² /s			6.74E-04			2.09E-03			9.08E-04	1.85E-03
k	m/s			6.59E-11			3.76E-10			1.22E-10	1.22E-10
Resistenza non drenata											
(TX-UU) c _u	kPa			177.0		171.4					250.2
(TX-ELL) c _u	kPa										
Resistenza drenata											
(TD) c	kPa				134.8					58.1	
(TD) f	°				24.7					19.4	
(TX-CIU) c	kPa	8.6									
(TX-CIU) f	°	27.5									
(TX-CID) c	kPa						27.0				
(TX-CID) f	°						26.5				

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	61 di 322

Sondaggio	-	5_S15vi	5_S15vi	5_S15vi	5_S15vi	5_S15vi	5_S15vi	5S01	5S01	5S01	5S01
Campione	-	Cl1	SPT3	Cl2	CR1	Cl3	CR2	Cl1	Cl2	SPT4	Cl3
Tipo	-	ind	rim	ind	rim	ind	rim	ind	ind	rim	ind
Unità	-	bbc	bbi	bbc	bbc	FYN	FYN	bbc	bbc	bbi	FYN
Prof.	m	4.50	7.50	9.00	11.50	15.60	24.00	3.00	6.00	10.95	15.00

Granulometria

G	%	4.5	5.7	0.1		3.4	8.5	0.0	2.5	26.4	1.2
S	%	31.6	45.2	19.3	16.2	16.8	9.3	9.0	11.5	43.6	10.7
L +A	%	63.9	49.1	80.5	83.8	79.8	82.2	91.0	86.0	30.1	88.1
L	%	21.3	22.5	29.4	37.5	48.5	55.8	42.4	32.6	18.4	64.5
A	%	42.6	26.6	51.1	46.3	31.2	26.4	48.6	53.4	11.6	23.6

Limiti di Atterberg

W _L	%	37.9		33.1	52.2	37.3	38.5	55.1	52.7		43.1
W _P	%	19.6		15.5	24.1	20.4	22.0	21.7	23.3		26.4
I _c	-	0.95		0.53	0.28	1.29	1.59	1.03	0.92		1.68
I _p	%	18.3		17.6	28.1	16.9	16.5	33.4	29.4		16.7

Caratteristiche fisiche

γ _N	kN/m ³	20.3		20.2	17.8	19.2	22.4	20.5	19.8		19.5
w _N	%	20.5		23.8	44.2	15.5	12.3	20.8	25.6		15.0

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E _{ed}	kPa			6207.0		7211.0			4086.0		5838.0
c _v	cm ² /s			1.79E-04							1.98E-03
k	m/s			2.82E-11							3.33E-10

Resistenza non drenata

(TX-UU) c _u	kPa										
(TX-ELL) c _u	kPa										

Resistenza drenata

(TD) c	kPa					36.9					34.1
(TD) f	°					33.4					27.7
(TX-CIU) c	kPa	15.8		12.6				19.8	17.6		
(TX-CIU) f	°	25.7		27.1				21.5	18.3		
(TX-CID) c	kPa										
(TX-CID) f	°										

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	62 di 322

Sondaggio	-	5_S07vi	5_S07vi	5_S07vi	5_S07vi	5_S07vi	5_S08vi	5_S08vi	5_S08vi	5_S08vi	5_S08vi
Campione	-	CI1	CI2	CI3	CR1	CR2	CI1	CI2	CR1	CI3	CR2
Tipo	-	ind	ind	ind	rim	rim	ind	ind	rim	ind	rim
Unità	-	bbc	bbc	bbc	TRVa	TRVa	bbc	bbc	TRVa	TRVa	TRVa
Prof.	m	3.00	9.00	10.00	12.50	22.50	4.00	6.00	11.00	18.50	22.30

Granulometria

G	%	1.8	2.8	2.7	43.4	0.9	0.4	1.3	0.7	1.8	7.8
S	%	11.1	10.8	27.7	24.3	6.0	8.6	9.8	10.2	12.5	10.0
L +A	%	87.2	86.4	69.6	32.3	93.1	91.0	89.0	89.1	85.7	82.2
L	%	40.5	29.6	37.0	17.2	48.2	36.6	45.2	45.1	49.0	45.9
A	%	46.7	56.8	32.7	15.1	44.9	54.4	43.8	44.1	36.8	36.3

Limiti di Atterberg

W _L	%	64.1	64.8	45.1	36.0	56.5	57.5	54.4	50.4	52.8	42.6
W _P	%	31.7	25.5	20.0	19.5	23.3	30.8	28.7	26.4	27.6	23.6
I _c	-	1.35	0.94	0.73			1.16	1.12		1.51	
I _p	%	32.4	39.3	25.1	16.5	33.2	26.7	25.7	24.0	25.2	19.0

Caratteristiche fisiche

γ _N	kN/m ³	19.0	18.8	18.6	21.8	21.2	18.4	20.1	19.9	21.3	20.6
w _N	%	20.5	27.9	26.9			26.6	25.5		14.7	

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E _{ed}	kPa		8454.0								
c _v	cm ² /s		3.14E-04								
k	m/s		3.65E-11								

Resistenza non drenata

(TX-UU) c _u	kPa									206.0	
(TX-ELL) c _u	kPa										

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	18.0	21.5	19.9		76.6	35.4		27.2		
(TD) f	°	26.1	17.2	25.2		28.4	20.6		21.4		
(TX-CIU) c	kPa							24.8			
(TX-CIU) f	°							18.7			
(TX-CID) c	kPa										
(TX-CID) f	°										

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	63 di 322

Sondaggio	-	5_S07vi	5_S07vi	5_S07vi	5_S07vi	5_S07vi	5_S08vi	5_S08vi	5_S08vi	5_S08vi	5_S08vi
Campione	-	CI1	CI2	CI3	CR1	CR2	CI1	CI2	CR1	CI3	CR2
Tipo	-	ind	ind	ind	rim	rim	ind	ind	rim	ind	rim
Unità	-	bbc	bbc	bbc	TRVa	TRVa	bbc	bbc	TRVa	TRVa	TRVa
Prof.	m	3.00	9.00	10.00	12.50	22.50	4.00	6.00	11.00	18.50	22.30

Granulometria

G	%	1.8	2.8	2.7	43.4	0.9	0.4	1.3	0.7	1.8	7.8
S	%	11.1	10.8	27.7	24.3	6.0	8.6	9.8	10.2	12.5	10.0
L +A	%	87.2	86.4	69.6	32.3	93.1	91.0	89.0	89.1	85.7	82.2
L	%	40.5	29.6	37.0	17.2	48.2	36.6	45.2	45.1	49.0	45.9
A	%	46.7	56.8	32.7	15.1	44.9	54.4	43.8	44.1	36.8	36.3

Limiti di Atterberg

W _L	%	64.1	64.8	45.1	36.0	56.5	57.5	54.4	50.4	52.8	42.6
W _P	%	31.7	25.5	20.0	19.5	23.3	30.8	28.7	26.4	27.6	23.6
I _c	-	1.35	0.94	0.73			1.16	1.12		1.51	
I _p	%	32.4	39.3	25.1	16.5	33.2	26.7	25.7	24.0	25.2	19.0

Caratteristiche fisiche

γ _N	kN/m ³	19.0	18.8	18.6	21.8	21.2	18.4	20.1	19.9	21.3	20.6
w _N	%	20.5	27.9	26.9			26.6	25.5		14.7	

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E _{ed}	kPa		8454.0								
c _v	cm ² /s		3.14E-04								
k	m/s		3.65E-11								

Resistenza non drenata

(TX-UU) c _u	kPa									206.0	
(TX-ELL) c _u	kPa										

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	18.0	21.5	19.9		76.6	35.4		27.2		
(TD) f	°	26.1	17.2	25.2		28.4	20.6		21.4		
(TX-CIU) c	kPa							24.8			
(TX-CIU) f	°							18.7			
(TX-CID) c	kPa										
(TX-CID) f	°										

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	64 di 322

Sondaggio	-	5_S09vi	5_S09vi	5_S09vi	5_S09vi	5_S09vi	5_S10vi	5_S10vi	5_S10vi	5_S10vi	5_S10vi	5_S10vi
Campione	-	Cl1	CR1	Cl2	Cl3	CR2	Cl1	Cl2	Cl3	CR1	CR2	CR3
Tipo	-	ind	rim	ind	ind	rim	ind	ind	ind	rim	rim	rim
Unità	-	bbc	bbi	TRVa	TRVa	TRVa	bbc	bbc	TRVa	TRV	TRV	TRV
Prof.	m	6.00	9.00	10.50	15.00	28.50	4.25	9.00	18.35	23.60	28.60	36.50

Granulometria

G	%	0.2	0.5	1.0	1.2	0.7	3.0	0.1	2.9	0.3	0.0	
S	%	15.6	88.0	14.7	10.8	8.1	14.9	24.7	12.3	9.1	4.7	
L +A	%	84.1	11.5	84.3	88.0	91.2	82.1	75.2	84.8	90.6	95.3	
L	%	33.1	9.1	38.2	44.7	49.1	28.5	52.9	48.7	66.5	65.2	
A	%	51.1	2.4	46.2	43.3	42.1	53.7	22.4	36.2	24.2	30.1	

Limiti di Atterberg

W _L	%	63.9		42.4	61.5	50.8	65.8	37.7	61.4	67.9	53.9	
W _P	%	29.2		25.6	22.6	25.7	23.8	20.0	25.8	25.8	26.2	
I _s	-	1.11		1.36	1.15		0.94	0.40	1.25			
I _p	%	34.7		16.8	38.9	25.1	42.0	17.7	35.6	42.1	27.7	

Caratteristiche fisiche

γ _N	kN/m ³	19.9		20.7	21.3	21.5	19.5	18.8	20.7	20.7	20.9	25.0
w _N	%	25.5		19.6	16.7		26.4	30.6	16.9			

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E _{ed}	kPa	7486.0					4604.0		7573.0			
c _v	cm ² /s								2.06E-04			
k	m/s								2.67E-11			

Resistenza non drenata

(TX-UU) c _u	kPa			118.8	468.2		155.6		208.2			
(TX-ELL) c _u	kPa											

Resistenza drenata

(TD) c	kPa					110.7		24.2		10.9	60.2	
(TD) f	°					21.0		21.5		30.6	30.2	
(TX-CIU) c	kPa	26.4										
(TX-CIU) f	°	14.8										
(TX-CID) c	kPa											
(TX-CID) f	°											

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	65 di 322

Sondaggio	-	5_S11vi	5_S11vi	5_S11vi	5_S11vi	5_S11vi
Campione	-	Cl1	CR1	Cl2	CR2	Cl3
Tipo	-	ind	rim	ind	rim	ind
Unità	-	bnc	bnc	TRV	TRV	TRV
Prof.	m	4.70	8.10	10.00	14.00	21.00

Granulometria

	G	%					
	S	%	7.5	7.9	8.4	7.1	6.0
	L +A	%	92.5	92.1	91.6	92.9	94.0
	L	%	56.9	48.6	58.0	57.2	61.6
	A	%	35.5	43.6	33.6	35.7	32.4

Limiti di Atterberg

W_L	%	60.4	61.7	58.7	68.6	78.5
W_P	%	21.9	26.4	28.3	27.3	27.5
I_c	-	1.03		1.36		1.22
I_p	%	38.5	35.3	30.4	41.3	51.0

Caratteristiche fisiche

γ_N	kN/m ³	19.6	20.4	21.1	20.6	20.5
w_N	%	20.9		17.5		16.1

Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)

E_{ed}	kPa			10269.0		
c_v	cm ² /s					
k	m/s					

Resistenza non drenata

(TX-UU) c_u	kPa			234.9		
(TX-ELL) c_u	kPa					

Resistenza drenata

(TD) c	kPa	70.0	36.3		11.4	60.2
(TD) f	°	25.0	21.4		36.5	26.6
(TX-CIU) c	kPa					
(TX-CIU) f	°					
(TX-CID) c	kPa					
(TX-CID) f	°					

(segue da pagina precedente)

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La successione stratigrafica è stata desunta sulla base delle indagini eseguite e dai rilievi e studi geologico-geomorfologici. Per la scelta dei parametri geotecnici di progetto delle unità intercettate, ci si è basati sui risultati delle indagini eseguite per la linea in progetto e, considerato l'esiguo numero di prove di laboratorio a disposizione, anche delle indagini della tratta di linea ferroviaria Catenanuova-Bicocca per le unità geotecniche comuni.

Nel seguito vengono definite le unità geotecniche intercettate; nel profilo stratigrafico longitudinale sono mostrati i risultati di tutte le indagini eseguite e sarà utilizzato per la definizione della successione stratigrafica in corrispondenza delle singole opere in progetto e della linea in generale.

5.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate

Sulla base dei risultati delle indagini (in sito ed in laboratorio) delle campagne geognostiche, si perviene ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni e quindi alla definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici di progetto.

Unità geotecniche:

- **Unità R – Ripporto antropico e coltre vegetale:** si tratta del terreno intercettato a partire da p.c.; si distinguono la coltre vegetale (unità Rv) costituita prevalentemente da limo sabbioso argilloso con resti vegetali ed il terreno di riporto antropico (unità Ra) costituito da sabbia con ghiaia, laterizi, cls.
- **Unità b2 – Depositi eluvio-colluviali:** si tratta di limo argilloso sabbioso a struttura caotica o indistinta con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie e ciottoli.
- **Unità ba – Depositi alluvionali attuali:** si tratta di terreni rinvenibili in corrispondenza degli alvei dei corsi d'acqua (fiumi e valloni) e sono prevalentemente costituiti da limi, limi sabbiosi e ghiaie.
- **Unità bb – Depositi alluvionali recenti:** questi depositi affiorano lungo quasi tutto il tracciato sotto il riporto; si distinguono terreni prettamente coesivi limoso argillosi, talvolta debolmente sabbiosi (**unità bbc**) e terreni incoerenti sabbioso ghiaiosi con locali trovanti (**unità bbi**).
- **Unità bn – Depositi alluvionali terrazzati:** si rinvengono sia la facies più coesiva dei depositi alluvionali terrazzati che quella più incoerente. La frazione coesiva (**unità bnc**) è costituita da argille limose e limi argillosi di colore bruno e nocciola, con locali passaggi sabbioso-limosi grigiastri, rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate e locali livelli di torbe e terreni organici nerastrati. La porzioni più incoerenti di tale unità (**unità bni**), a comportamento essenzialmente granulare, è formata da ghiaie poligeniche ed

eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, talora con blocchi angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante. Si rinvencono inoltre sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate e rari blocchi angolosi.

- **Unità FYN – Argilla limosa, marnosa grigia (Flysch Numidico):** è costituita da argille marnose e argille limose a struttura scagliosa di colore grigio generalmente molto consistenti con frequenti livelli di sabbie limose e intercalazioni di quarzoareniti.
- **Unità AAC – Argilla limosa marnosa grigia (Argille e Arenarie Glauconitiche di Catenanuova):** è rappresentata da argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-verdastro a struttura scagliosa, con talvolta livelli di sabbie limose grigie, livelli argillitici duri e locali intercalazioni di arenarie medio-fini grigie e giallastre, in strati da sottili a medi.
- **Unità TRV/TRVa – Formazione di Terravecchia:** la litofacies argilloso marnosa (**unità TRV**) è costituita da argille marnose e marne argillose di colore grigio, grigio-azzurro e grigio-verdastro, a struttura scagliosa o sottilmente stratificata, con frequenti livelli di sabbie limose, con livelli argillitici e argillitico marnosi e locali lenti di conglomerati poligenici. La litofacies argilloso-brecciata (**unità TRVa**), è costituita da argille, argille limose e limi argillosi a struttura o a blocchetti poliedrici, talora scagliosa o indistinta, con locali livelli di sabbie limose grigie e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose; a luoghi si rinvencono passaggi di argille marnose e argilliti di colore grigio-verdastro e livelli litoidi arenacei.
- **Unità GTL - Formazione di Cattolica:** si tratta prevalentemente di depositi lagunari e di bacino evaporitico, costituiti da tre differenti litofacies a composizione gessoso-argillosa (**GTL1**), calcareo-gessosa (**GTL2**) e argilloso-brecciata (**GTLa**).

Ai fini della caratterizzazione dei terreni è stato fatto riferimento ai risultati delle:

- prove penetrometriche dinamiche SPT eseguite nei fori di sondaggio;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati, rimaneggiati e litoidi prelevati;
- prove Pocket Penetrometer;
- indagini sismiche.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

5.2 Descrizione del tracciato

Il profilo geotecnico longitudinale evidenzia generalmente (ad eccezione delle zone delle gallerie naturali) la presenza di una copertura alluvionale di spessore variabile da 6 a 15 m circa a diversa origine deposizionale (alluvioni attuali, recenti e terrazzate), che sovrasta un substrato argilloso limoso, argilloso marnoso generalmente a struttura scagliosa appartenente a varie formazioni geologiche (Terravecchia, Argille di Catenanuova e FLYSCH Numidico), molto consistente che si estende fino alla massima profondità indagata.

5.3 Criteri di valutazione dei parametri geotecnici

5.3.1 Premessa

Per le formazioni coesive sia alluvionali, ma in particolar modo per quelle di base, la caratterizzazione geotecnica con particolare riferimento alla resistenza dei materiali è stata eseguita prendendo a riferimento tutte le prove di laboratorio eseguite sia per il tracciato ferroviario in esame, sia per il tratto di linea Catenanuova-Bicocca. Questo perché le unità geotecniche-geologiche sono sostanzialmente le stesse ed in questo modo si è avuto un maggior numero di dati da elaborare.

In particolare possiamo distinguere il comportamento geologico-geotecnico dei seguenti gruppi:

- depositi alluvionali (unità bbc – alluvioni recenti, unità bnc – alluvioni terrazzate);
- formazioni di base argilloso marnose con struttura scagliettata (unità FYN, AAC, TRV).

In particolare, per le formazioni di base unità FYN, AAC, TRV è di rilevante importanza una valutazione statistica di tutte le prove di laboratorio in relazione alla complessità dei depositi in esame: si tratta infatti di argille sovraconsolidate con struttura piuttosto scagliosa (a tal proposito si rimanda ad un apposito studio eseguito da Duncan & Brandon nel gennaio 2015). In questo tipo di materiali, i risultati delle prove di resistenza di laboratorio sono fortemente condizionati dalla posizione ed orientazione delle scagliettature (indipendentemente dal tipo di prova); quindi l'enorme dispersione dei risultati delle prove di laboratorio è legata al fatto che le scagliettature hanno posizione ed orientazione del tutto casuale e ciò si ripercuote anche nella scala reale del materiale.

Gli autori sopra citati propongono una correlazione di questo tipo per la valutazione della resistenza di picco:

$$\tau = a p_a \left(\frac{\sigma'}{p_a} \right)^b$$

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Dove a, b sono parametri di resistenza del suolo e dipendono dal tipo di formazione (in genere $a=0.35\div 0.55$, $b=0.7\div 0.9$).

Quindi in Figura 59, Figura 60 e Figura 61, sono riportati i risultati di tutte le prove di laboratorio rispettivamente sulle unità FYN, TRV e AAC, ed il range di parametri di progetto assunti e sintetizzati al paragrafo 5.12.

Per le formazioni coesive alluvionali, i parametri di resistenza di progetto assunti, si collocano sui valori medio-minimi misurati in laboratorio e sono stati individuati con riferimento al comportamento dei materiali superficiali, affioranti, che tendono ad imbibirsi di acqua durante gli eventi piovosi intensi.

In Figura 63 e Figura 64 si riportano i risultati di tutte le prove di laboratorio rispettivamente sulle unità bbc e bnc il range di parametri di progetto assunti.

5.3.2 Depositi incoerenti

Per i depositi prevalentemente incoerenti, i parametri geotecnici di resistenza al taglio e di deformabilità possono essere stimati sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

Sono stati considerati i valori minimi di densità relativa ottenuti dalle varie correlazioni che di seguito vengono esposte.

Stato di addensamento

Correlazione di Skempton

In accordo a quanto indicato in Skempton (1986), la densità relativa D_r può essere correlata al valore N_{SPT} con la seguente legge:

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

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate in tabella seguente;

σ'_{vo} = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm^2);

N_{SPT} = numero di colpi per 30 cm di infissione ;

D_r = densità relativa (-).



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	70 di 322

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Tabella 18 – Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

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

Nel caso in esame sono state cautelativamente considerate le costanti empiriche relative a sabbie fini normal consolidate.

Correlazione di Gibbs e Holtz

In accordo a quanto indicato da Gibbs e Holtz (1957) la densità relativa D_R può essere correlata al valore NSPT con la seguente espressione:

$$D_R = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{(16 + 23 \cdot \sigma_{vo}')}}}$$

Correlazione di Bazaraa

In accordo a quanto indicato da Bazaraa (1967) la densità relativa D_R può essere correlata al valore NSPT con la seguente espressione:

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

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

essendo:

D_R = densità relativa (-).

σ_{vo}' = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm²);

N_{SPT} = numero di colpi per 30 cm di infissione.

Correlazione di Terzaghi & Peck

In accordo a quanto indicato da Terzaghi e Peck (1948) la densità relativa D_r può essere correlata al valore N_{SPT} con la seguente espressione:

$$D_R = (10.297 + N_{SPT} \cdot 2.4142) - (N_{SPT})^2 \cdot 0.0181$$

Parametri di resistenza

Per la stima dell'angolo di resistenza al taglio dalle prove SPT sono state utilizzate due diverse correlazioni (Bolton; Schmertmann) di seguito illustrate. Nel caso in esame, la correlazione di Bolton ha sempre fornito valori dell'angolo di resistenza al taglio inferiori, rispetto alla correlazione di Schmertmann. Cautelativamente per la definizione dei parametri di resistenza di progetto dunque si farà riferimento ai valori ottenuti con la correlazione di Bolton.

Correlazione di Schmertmann

L'angolo di resistenza al taglio (φ') stimato dalle prove SPT in base alla correlazione proposta da Schmertmann (1977) correla l'angolo di resistenza al taglio alla densità relativa attraverso la seguente relazione:

$$\varphi = 38.5 + 0.108 \cdot D_R \quad \text{valida per sabbia e ghiaia poco limosa e ghiaietto uniforme}$$

$$\varphi = 34.5 + 0.10 \cdot D_R \quad \text{sabbia grossa-media uniformemente ben gradata}$$

$$\varphi = 31.5 + 0.115 \cdot D_R \quad \text{sabbia medio-fine uniformemente ben gradata}$$

$$\varphi = 28.0 + 0.14 \cdot D_R \quad \text{sabbia fine uniforme}$$

essendo: D_r = densità relativa

Nel caso in esame si è considerata, cautelativamente per tutte le unità incoerenti la correlazione valida per sabbia medio-fine uniformemente ben gradata, ad eccezione di alcuni livelletti prettamente sabbiosi debolmente limosi nelle unità alluvionali bbi, ba.

Correlazione di Bolton

L'angolo di resistenza al taglio di picco φ' è stato determinato in accordo al metodo proposto da Bolton (1986):

$$\varphi' = \varphi'_{cv} + m \cdot D_l$$

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

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

essendo:

φ' = angolo di attrito di picco riferito a pressioni di 272 kPa (°);

Q = fattore che dipende dalla composizione minereologica e dalla forma delle particelle di sabbia, valore consigliato = 10;

$p_f' = 1.4 \cdot \sigma_{ff}'$ kPa (vedasi Jamiokowski et al., 1988; in accordo a quanto proposto da Baligh, 1975, si assume $p_f' = 1.4 \cdot 272 = 380$ kPa);

m = costante empirica dipendente dalle condizioni di deformazione prevalenti (vedasi tabella seguente, °).

Nel nostro caso si assume m=3;

D_r = densità relativa (-).

Tabella 19 - Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)

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

I valori dell'angolo di attrito φ_{cv}' sono stati ricavati in base a quanto indicato nella tabella seguente (Youd, 1972; Stroud, 1988) e sulla base delle prove di taglio diretto in laboratorio eseguite sui campioni prelevati. Nel caso specifico per l'angolo di attrito φ_{cv}' si è assunto, cautelativamente:

$\varphi_{cv}' = 33^\circ$ per le sabbie con ghiaia;

$\varphi_{cv}' = 30^\circ$ per le sabbie.

Tabella 20 - Valori dell'angolo di attrito φ_{cv}' per sabbie silicee secondo quanto riportato in Stroud (1988) e Youd (1972)

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

Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti possono essere stimate, in ordine di importanza:

- sulla base dei risultati delle indagini sismiche in sito (Down-Hole);
- dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

Il modulo di taglio iniziale (G_0) e quello di Young iniziale (E_0), associabili a piccole deformazioni, possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio (V_s) utilizzando le seguenti correlazioni:

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9.81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu)$$

essendo:

γ_t = peso di volume naturale del terreno in assunto pari a 19 kN/m³;

ν = coefficiente di Poisson del terreno (assunto pari a 0.3);

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

La velocità delle onde di taglio (V_s) può essere ricavata direttamente dai risultati delle prove geofisiche in foro di sondaggio o indirettamente, interpretando i risultati delle prove SPT attraverso la correlazione di Ohta e Goto (1978) o la correlazione di Yoshida e al. (1988).

Correlazione di Ohta e Goto (1978)

$$V_s = C \cdot (N_{SPT})_{50\%}^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G \quad (\text{m/sec})$$

essendo:

$C = 53.3$;

z = profondità dal p.c. in metri;

f_A = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito (vedasi la Tabella 21);

f_G = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedasi la Tabella 22).

Tabella 21 - Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_A (funzione dell'epoca geologica del deposito)

f_A	Olocene	Pleistocene
	1,0	1,3

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Tabella 22 - Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_G (funzione della granulometrica del deposito)

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:

$f_G = 1.14$ per sabbia media grossolana;

$f_G = 1.09$ per sabbia limosa e limo sabbioso.

Correlazione di Yoshida et al. (1988)

$$v_s = C \cdot (N_{SPT})^{0.25} \cdot (\sigma'_v)^{0.14} \quad (\text{m/sec})$$

essendo:

C=49 per sabbie fini ;

C=56 per sabbie grosse con almeno il 25% di ghiaia;

C=60 per 50% di ghiaia.

σ'_{vo} = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova.

I moduli di deformabilità “operativi” (E') da adottare per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni, saranno assunti pari a 1/3÷1/5 di quello iniziale (E_0).

Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale.

5.3.3 Depositi coesivi

Per i depositi coesivi la caratterizzazione geotecnica è stata fatta oltre che dall’interpretazione delle prove in sito, anche dai risultati delle prove di laboratorio sui campioni prelevati nei sondaggi.

Classificazione

La classificazione di questi terreni avverrà essenzialmente sui risultati delle seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometriche;
- pesi di volume naturale e secco;

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	76 di 322

- contenuti d'acqua naturale;
- limiti di Atterberg.

Caratteristiche di resistenza

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza dei depositi coesivi ci si è basati sui risultati delle prove di laboratorio che sono essenzialmente prove:

- taglio diretto e prove triassiali per la resistenza in tensioni efficaci;
- triassiale non consolidata non drenata (TXUU) ed espansione laterale libera (ELL) per la resistenza in condizioni non drenate.

Una stima dell'angolo di resistenza al taglio per i depositi coesivi è data dalla correlazione di Jamiolkowski et al., 1979 (in funzione dell'indice di plasticità del materiale).

La resistenza al taglio in condizioni non drenate è stata valutata sulla base delle prove triassiali non consolidate non drenate (UU) e delle prove speditive di Pocket Penetrometer (PP).

La resistenza al taglio non drenata è stata anche desunta delle prove penetrometriche dinamiche SPT in base alla seguente correlazione di Stroud (1974):

$$c_u \cong (5.0 \div 5.5) \cdot N_{SPT} \quad (\text{kPa})$$

I valori sono stati poi riportati nello stesso grafico, con indicato anche l'andamento della resistenza al taglio per un terreno normal consolidato, ricavato dalla seguente relazione: $c_{u,NC} = 0.23 \cdot \sigma'_v$.

Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi coesivi possono essere stimati:

- sulla base dei risultati delle indagini sismiche in sito (Down-Hole);
- dalle prove edometriche di laboratorio;
- da correlazioni di letteratura.

Per quanto concerne le prove sismiche in sito, le caratteristiche di deformabilità vengono individuate con le stesse relazioni precedentemente indicate per i terreni incoerenti mentre i risultati delle prove edometriche di laboratorio verranno presi a riferimento per la scelta dei moduli da utilizzare per le analisi dei cedimenti dei rilevati.

Dalle prove edometriche di laboratorio generalmente si ottengono bassi valori del modulo di deformazione, in quanto la prova di laboratorio può essere affetta da errori sistematici legati alla strumentazione, alla qualità del campionamento e/o al rimaneggiamento in fase di confezionamento provino. Quindi in linea generale, quando

disponibili, si è dato maggior peso ai moduli derivanti da indagini sismiche (misure dirette ed in continuo, nel qual caso prove DH), o dall'interpretazione di prove SPT.

Il valore del modulo di deformazione elastico (E'_v) per terreni coesivi sovraconsolidati può anche essere stimato con la seguente correlazione (Stroud, 1974):

$$E'_v = 130 \cdot c_u = 130 \cdot f_1 \cdot N \quad [\text{kPa}]$$

Dove:

E'_v = modulo di deformazione operativo (kPa)

c_u = resistenza al taglio non drenata (kPa);

f_1 = fattore in funzione dell'indice di plasticità IP, (vedasi figura seguente), assunto pari a 5;

N = valori di N_{SPT} .

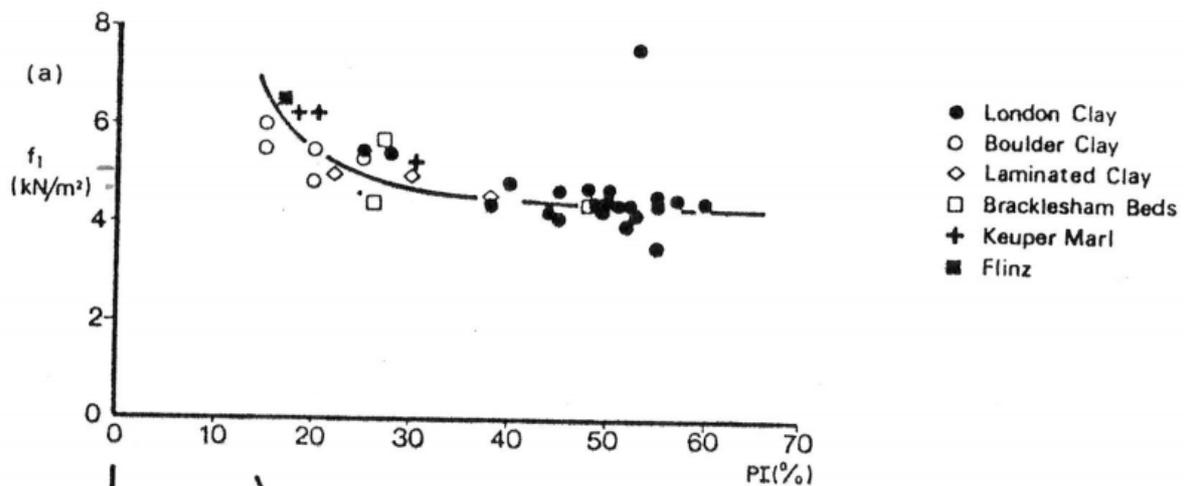


Figura 1 – Fattore f_1 in funzione di IP

Sulla base di quanto riportato in Simpson et al. (1979) il modulo di taglio iniziale (G_0) può essere stimato anche sulla base della seguente equazione:

$$G_0 = (500 \div 700) \cdot c_u \quad (\text{kPa})$$

essendo: c_u = resistenza al taglio non drenata.

I moduli di deformabilità “operativi” (E') da adottare per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni, saranno assunti pari a $1/3 \div 1/5$ di quello iniziale (E_0).

Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale.

Nella valutazione dei cedimenti immediati dei rilevati il modulo di deformazione in condizioni non drenate (E_u) può essere stimato sulla base della correlazione empirica proposta da Duncan & Buchignani (1976) $E_u = k \cdot c_u$; il coefficiente k è valutato con il grafico di figura seguente.

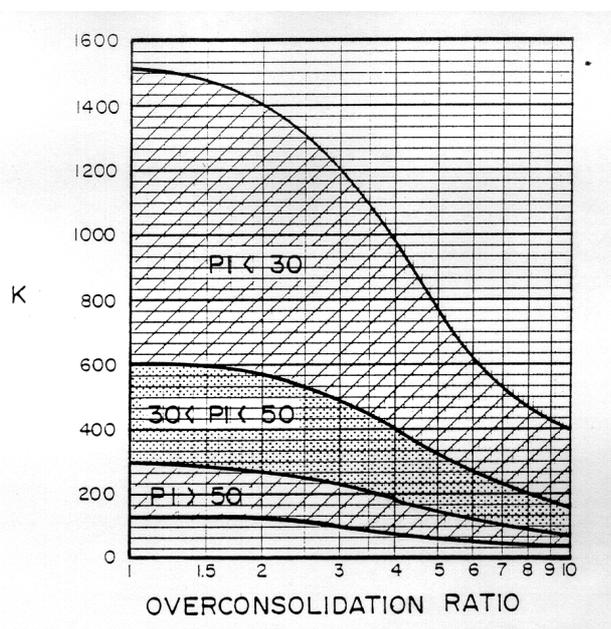


Figura 2 – Duncan & Buchigani

Nei paragrafi che seguono verranno riportati a confronto per le varie unità geotecniche tutti i risultati delle prove in sito e dell’interpretazione delle prove eseguite.

Caratteristiche di consolidazione

I valori del coefficiente di consolidazione primaria verticale sono stati determinati dalle prove edometriche di laboratorio e confrontati con i valori derivanti dalla seguente correlazione (manuale NAVFAC-DM 7.1. ,1971), in funzione del limite liquido (LL):

$$c_v = 0.009 (LL - 0.1) \quad [\text{cm}^2/\text{s}]$$

Il valore del coefficiente di consolidazione primaria assunto in progetto, andrà valutato tenendo conto che i risultati delle prove di laboratorio sono scarsamente rappresentativi del reale comportamento del terreno in quanto si tratta

di prove eseguite su campioni di piccole dimensioni e quindi non tengono conto della eterogeneità nella composizione granulometrica dell'ammasso e dell'influenza delle condizioni del drenaggio, oltre che dal possibile disturbo del campione infase di prelievo e/o confezionamento. A tal proposito si richiamano le esperienze di Bughignoli e Calabresi, 1975) mostrate in figura seguente.

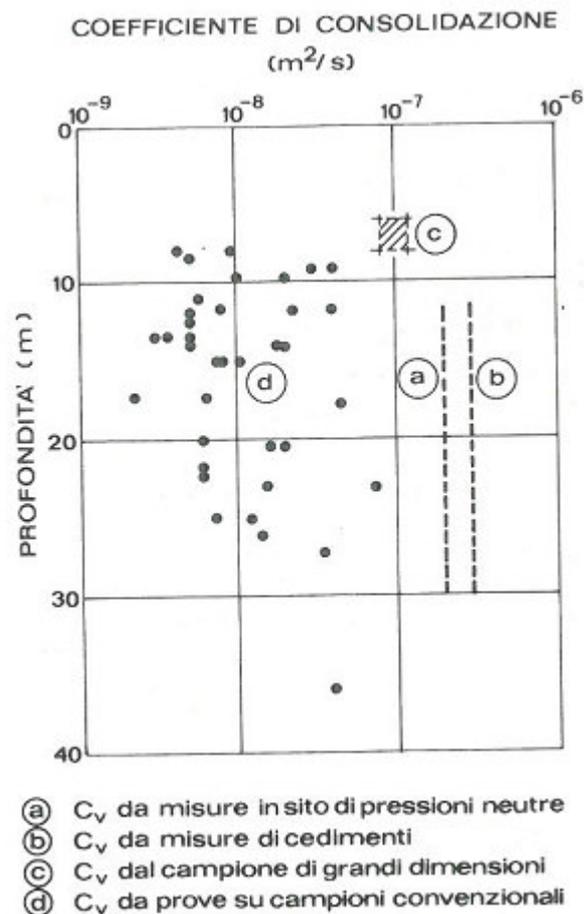


Figura 3 – confronto tra valori di c_v ottenuti con diverse prove (Bughignoli e Calabresi, 1975)

In Figura 57 sono riportati tutti i risultati delle prove edometriche di laboratorio in termini di c_v , raffrontate con il valore derivate dalla correlazione NAVFAC-DM 7.1. ,1971.

Il coefficiente di consolidazione secondaria, è stato stimato con la correlazione proposta nel NAVFAC-DM 7.1 (1982, vedasi figura seguente), in funzione del contenuto naturale di acqua (w_n).

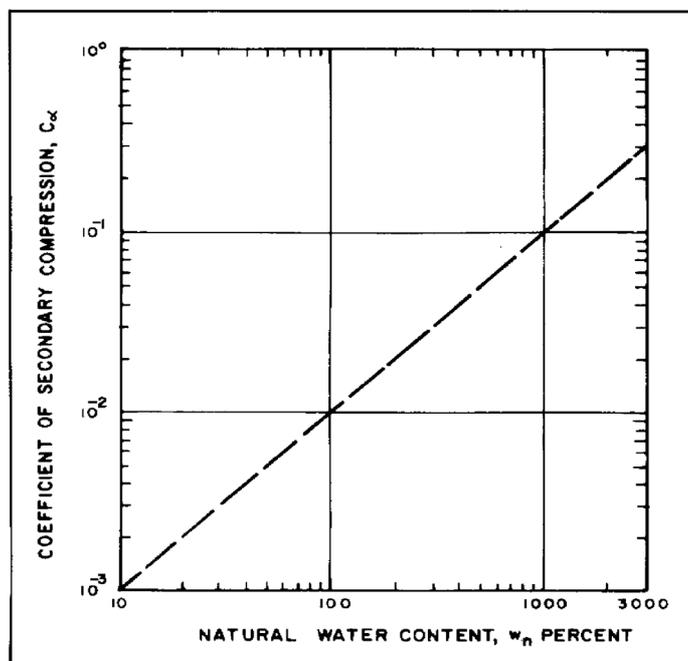


Figura 4 – Abaco di calcolo del coefficiente di consolidazione secondaria da w_n (NAVFAC, 1982)

Caratteristiche di permeabilità

Il valore della permeabilità dei terreni viene stimato principalmente sulla base dei risultati delle prove in foro di sondaggio Lefranc per terreni e Lugeon in roccia; per le formazioni in cui queste prove non sono disponibili, la stima della permeabilità viene svolta sulla base della composizione granulometrica dell'unità geotecnica, delle informazioni idrogeologiche ed anche dai risultati delle prove edometriche di laboratorio. Queste ultime in genere forniscono valori di permeabilità molto bassi, non sempre rappresentativi del carattere di permeabilità reale del terreno in quanto basati su un piccolo campione omogeneo prettamente fine coesivo, che quindi non coglie il comportamento di permeabilità dell'ammasso terroso.

5.4 Unità b2 – Depositi eluvio-colluviali

Si tratta di limo argilloso sabbioso a struttura caotica o indistinta con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie e ciottoli, presente localmente a partire dal p.c.. Talvolta nella descrizione stratigrafica prevale la componente sabbiosa.

Nell'unità in esame sono disponibili risultati di prove in sito e di laboratorio nei soli sondaggi D26 e 5_S2gn.

I valori di N_{spt} sono tra 28 e 40 colpi/30 cm.

Da cui si stimano parametri deformazione: $E_o = 250 \div 350$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale.

Dalle prove di laboratorio su due campioni rimneggiati si ha:

- percentuale di ghiaia pari a 0-0.2%;
- percentuale di sabbia pari a 10-30%;
- percentuale di fine (limo + argilla) del 70-90%, di cui argilla 55% e limo 15-35%.

Il limite liquido è 43%; il limite plastico è 22%; l'indice plastico è 21%.

I parametri geotecnici verranno assunti anche sulla base di esperienze maturate su terreni simili in condizioni analoghe.

$\gamma = 19.0$ kN/m ³	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 5$ kPa	coesione drenata
$\phi' = 25 \div 30$ °	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 150$ kPa	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-7} \div 4 \cdot 10^{-6}$ m/s	coefficiente di permeabilità
$E_o = 250 \div 350$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

5.5 Unità ba – Depositi alluvionali attuali

Tale unità si rinviene in corrispondenza degli alvei dei corsi d'acqua (fiumi e valloni) ed è prevalentemente costituita da limi sabbiosi e sabbie limose con ghiaia e ciottoli. E' stata intercettata nel sondaggio D30 da p.c. fino a 3.7 m di profondità.

Sulla base dei rilievi in sito e delle carte geologiche, l'unità è rinvenibile con spessore massimo stimato intorno ai 4-5 m circa.

Nell'unità in esame è disponibile una prova SPT che è andata a rifiuto probabilmente per la abbondante presenza di elementi grossolani (ghiaia, ciottoli, talvolta blocchi).

Nell'unità è stato prelevato un campione rimaneggiato per prove di laboratorio; è stata eseguita una analisi granulometrica che ha dato:

- percentuale di ghiaia pari a 38%;
- percentuale di sabbia pari a 37%;
- percentuale di fine (limo + argilla) del 25%, di cui argilla 11% e limo tra 14%.

Per la caratterizzazione geotecnica si è fatto principalmente riferimento ai dati a disposizione per la linea Catenanuova-Bicocca, oltre che sulla base delle informazioni bibliografiche riportate in letteratura. Quindi per l'unità in oggetto si assumeranno i seguenti valori di progetto dei parametri geotecnici:

$\gamma = 18.5 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 24 \div 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$k = 10^{-6} \div 10^{-4} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_o = 100 \div 340 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

5.6 Unità bb – Depositi alluvionali recenti

Questi depositi affiorano lungo quasi tutto il tracciato sotto il riporto; si distinguono terreni prettamente coesivi limoso argillosi, talvolta debolmente sabbiosi (**unità bbc**) e terreni incoerenti prevalentemente sabbioso ghiaiosi con locali clasti/trovanti (**unità bbi**), solo localmente sabbiosi.

In particolare si segnala la locale presenza, spesso al contatto con la sottostante unità argillosa del substrato, di livelli di ordine da decimetrico a metrico di sabbie limoso ghiaiose con ciottoli e blocchi litoidi; tali strati sono stati evidenziati con apposito retino nel profilo stratigrafico longitudinale per lasciare evidenza di dove sono stati intercettati (di particolare interesse nel caso di fondazioni profonde in corrispondenza di viadotti). Dal punto di vista geotecnico verranno caratterizzati come unità incoerente bbi.

Lo spessore del deposito è variabile in genere da 6 a 15 m di profondità dal p.c..

Nell'unità in esame sono stati misurati valori di N_{SPT} tra 17 e 57 colpi/30 cm con numerosi valori a rifiuto negli strati ghiaioso sabbiosi (unità bbi), tra 6 e 48 colpi/30 cm negli strati fini coesivi (unità bbc) (vedasi Figura 6).

In corrispondenza dei terreni coesivi sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche l'unità bbc è costituita da (vedasi Figura 12):

- percentuale di ghiaia da 0 a 10% (media 0.65%);
- percentuale di sabbia generalmente tra 0 e 70% (media 27%);
- percentuale di fine (limo + argilla) di 20-100% (media 72%), di cui argilla tra 10 e 70% (media 42%) e limo tra 10 e 65% (media 30%).

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Per l'unità bbc il limite liquido è compreso generalmente fra 20 e 70%; il limite plastico è tra 10 e 30%; il contenuto naturale d'acqua è mediamente tra 15 e 30% (vedasi Figura 16). Nella Carta di Plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille inorganiche da bassa a medio-alta plasticità (vedasi Figura 17).

Il peso di volume naturale varia da 18 a 21 kN/m³ con valore medio 19.7 kN/m³ (vedasi Figura 53).

In corrispondenza degli strati incoerenti sono stati prelevati campioni rimaneggiati su cui sono state fatte prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche l'unità bbi è costituita da (vedasi Figura 12):

- percentuale di ghiaia da 0 a 53% (media 33%);
- percentuale di sabbia tra 20 e 80% (media 42%);
- percentuale di fine (limo + argilla) mediamente tra 10 e 55% (media 25%), di cui argilla tra 5 e 34% (media 14%) e limo tra 5 e 23% (media (10%).

Per i campioni con maggiore contenuto di fine sono disponibili i risultati di alcune prove dei limiti di Atterberg che hanno fornito valori dell'indice di plasticità tra 7 e 43%.

Dall'interpretazione delle prove penetrometriche SPT per l'unità bbi si stima una densità relativa maggiore di 40% (vedasi Figura 7).

Resistenza

Per l'unità bbc (facies coesiva) sono state eseguite diverse prove di laboratorio che hanno condotto a valori di angolo di resistenza al taglio tra 15 e 36° e coesione drenata tra 2 e 48 kPa (vedasi Figura 18, Figura 19, Figura 20). Per la scelta dei parametri di resistenza drenati di progetto dell'unità bbc, si rimanda a quanto enunciato al paragrafo 5.3.1: per le formazioni coesive alluvionali, il range dei parametri di resistenza di progetto assunti, è stato valutato, collocandosi sui valori medio-minimi misurati da tutte le prove di laboratorio e sono stati individuati con riferimento al comportamento dei materiali superficiali, affioranti, che tendono ad imbibirsi di acqua durante gli eventi piovosi intensi (vedasi Figura 63).

Nella Figura 21 sono riportati i valori della resistenza al taglio non drenata stimata da prove di laboratorio e confrontata con i valori derivanti da prove in sito (SPT e PP); si assumono valori compresi fra 40 e 250 kPa.

Per l'unità bbi (facies incoerente) i valori dei parametri di resistenza sono stimati dall'interpretazione delle prove SPT (vedasi Figura 8), da cui si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio (φ') di 35÷39°.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Caratteristiche di deformabilità

Dalle indagini sismiche Down-Hole eseguite in corrispondenza di terreni coesivi alluvionali (DH-D9 da 0 a 10 m circa, DH-D31 da 0 a 7.5 m di profondità da p.c. circa) si hanno valori di velocità delle onde di taglio (V_s) comprese fra 115 e 270 m/s, da cui si stimano i seguenti valori dei moduli iniziali, a piccole deformazioni:

$G_0 = 25 \div 150$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_0 = 70 \div 350$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Tali valori sono abbastanza in linea con i valori del modulo operativo stimato da correlazioni empiriche, che è mediamente compreso fra 5 e 30 MPa (vedasi Figura 23).

Le prove edometriche hanno portato a valori del modulo edometrico tra 3 e 9 MPa (vedasi Figura 55).

Per l'unità bbi (facies incoerente) la velocità delle onde di taglio valutata dall'indagine sismica Down-Hole DH-D31 (tra le profondità di 7.5 e 13 m da p.c.) è 400 m/s, in linea con i valori stimati dall'interpretazione delle prove SPT, compresi fra 200 e 400 m/s (vedasi Figura 9). Da cui vengono poi individuati i moduli di deformabilità, a taglio iniziale G_0 ed elastico iniziale (a basse deformazioni) (vedasi Figura 11).

$G_0 = 80 \div 300$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_0 = 200 \div 800$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Caratteristiche di permeabilità

Dalle prove in foro Lefranc sull'unità coesiva (bbc) si sono ottenuti valori di permeabilità compresi tra $5 \cdot 10^{-8}$ e $4 \cdot 10^{-6}$ m/s, dalle prove edometriche di laboratorio si ottengono valori intorno a $1 \cdot 10^{-11}$ m/s.

Per la frazione incoerente (unità bbi) dalle poche prove di foro Lefranc si sono ottenuti valori di permeabilità compresi tra $1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Di seguito si sintetizzano i valori di progetto per le caratteristiche geotecniche delle unità in esame.

Unità bbc – Depositi alluvionali recenti coesivi (limoso argillosi)

$\gamma = 19.0 \div 20.5$ kN/m³ peso di volume naturale

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

$\varphi' = 19 \div 25$ ° angolo di resistenza al taglio

$c_u = 40 \div 250$ kPa resistenza al taglio in condizioni non drenate

$k = 5 \cdot 10^{-8} \div 4 \cdot 10^{-6}$ m/s coefficiente di permeabilità

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	85 di 322

$V_s = 115 \div 270$ m/s	velocità delle onde di taglio
$G_o = 25 \div 150$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 70 \div 350$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità bbi – Depositi alluvionali recenti incoerenti (sabbia con ghiaia, sabbia ghiaiosa)

$\gamma = 19.5 \div 20.5$ kN/m ³	peso di volume naturale
$c' = 0$ kPa	coesione drenata
$\phi' = 34 \div 39$ °	angolo di resistenza al taglio
$k = 1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-4}$ m/s	coefficiente di permeabilità
$V_s = 200 \div 400$ m/s	velocità delle onde di taglio
$G_o = 80 \div 300$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 200 \div 800$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

5.7 Unità bn – Depositi alluvionali terrazzati

Lungo lo sviluppo del tracciato, il deposito è rinvenibile a partire dal p.c. in vari tratti con spessori varianili da 2 a 15 m circa e si rinvencono sia la facies più coesiva dei depositi alluvionali terrazzati, che quella più incoerente. La frazione coesiva – **unità bnc**, è costituita da argille limose e limi argillosi di colore bruno e nocciola, con locali passaggi sabbioso-limosi grigiastri, rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate e locali livelli di torbe e terreni organici nerastri. La porzioni più incoerenti di tale unità – **unità bni**, a comportamento essenzialmente granulare, è formata prevalentemente da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, talora con blocchi angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante. Localmente si rinvencono inoltre sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate e rari blocchi angolosi (unità bni-sabbiosa).

Nell'unità incoerente bni sono state eseguite prove SPT che hanno dato valori da 20 a 60 con numerosi valori a rifiuto strumentale (dovuti probabilmente alla presenza di abbondanti clasti nella matrice) (Figura 6).

Nella facies coesiva dell'unità (bbc) le prove SPT hanno fornito valori di N_{SPT} mediamente tra 10 e 35 colpi/30 cm (Figura 6).

La densità relativa dell'unità bni, stimata dalle prove SPT, è del 70% (vedasi Figura 7) per la componente più grossolana, tra 40 e 60% per la parte prevalentemente sabbiosa.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

In corrispondenza dei terreni in esame sono stati prelevati alcuni campioni rimaneggiati su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Il peso di volume naturale misurato è compreso tra 18.7 e 21 kN/m³ con valore medio 19.4 kN/m³ (vedasi Figura 53).

Dalle analisi granulometriche sull'unità coesiva bnc si ha (vedasi Figura 14):

- percentuale di ghiaia da 0 a 10% (media 2%);
- percentuale di sabbia tra 10 e 60% (media 26%);
- percentuale di fine (limo + argilla) tra 40 e 90% (media 72%), di cui argilla tra 20 e 70% (media 42%) e limo tra 17 e 47% (media 30%).

Per l'unità bbc il limite liquido è compreso fra 20 e 60%; il limite plastico è tra 15 e 30%; il contenuto naturale d'acqua è compreso tra 8 e 25% (vedasi Figura 16). L'indice plastico è compreso fra 15 e 30%. Nella Carta di Plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille inorganiche tra medio-bassa e medio-alta plasticità (vedasi Figura 17). L'indice di consistenza è tra 1 e 1.4.

Dalle analisi granulometriche sull'unità incoerente bni si ha (vedasi Figura 14):

- percentuale di ghiaia da 0 a 50% (media 18%);
- percentuale di sabbia tra 30 e 87% (media 51%);
- percentuale di fine (limo + argilla) tra 5 e 70% (media 31%), di cui argilla tra 3 e 45% (media 17%) e limo tra 2 e 25% (media 13%).

Per i campioni con maggiore contenuto di fine sono disponibili alcune prove di consistenza di Atterberg che hanno dato indice plastico tra 4 e 28%. Il peso di volume naturale misurato è 20 kN/m³ (vedasi Figura 53).

Resistenza

Per l'unità bni (facies incoerente) i valori dei parametri di resistenza sono stimati dall'interpretazione delle prove SPT (vedasi Figura 8), da cui si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio maggiori di 38° per la facies più grossolana e 34-36° per la parte facies sabbiosa; cautelativamente si assumerà un range di valori $\phi' = 34\div 38^\circ$.

Per la facies coesiva (unità bnc) sono state eseguite diverse prove di laboratorio che hanno condotto a valori di angolo di resistenza al taglio tra 15 e 32° e coesione drenata tra 2 e 59 kPa (vedasi Figura 19, Figura 20, Figura 18). Per la scelta dei parametri di resistenza drenati di progetto dell'unità bnc, si rimanda a quanto enunciato al

paragrafo 5.3.1: per le formazioni coesive alluvionali, il range dei parametri di resistenza di progetto assunti, è stato valutato, collocandosi sui valori medio-minimi misurati da tutte le prove di laboratorio e sono stati individuati con riferimento al comportamento dei materiali superficiali, affioranti, che tendono ad imbibirsi di acqua durante gli eventi piovosi intensi (vedasi Figura 64).

In Figura 64 si riportano i risultati di tutte le prove nel piano delle tensioni e si individua un involucro di progetto dei parametri di resistenza, sufficientemente cautelativo per la formazione in esame:

$$c' = 5 \text{ kPa} \quad \varphi' = 25^\circ \quad \text{per } \sigma'v < 150 \text{ kPa,}$$

$$c' = 12 \text{ kPa} \quad \varphi' = 23^\circ \quad \text{per } \sigma'v > 150 \text{ kPa.}$$

Per la resistenza al taglio non drenata, nella Figura 22 sono mostrati i valori ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT, dalle prove di Pocket Penetrometer e dalle prove di laboratorio; si osservano valori generalmente compresi fra 50 e 230 kPa con un valore a 400 kPa (prova TX-UU).

Caratteristiche di deformabilità

Dalle indagini simsiche Down-Hole eseguite in corrispondenza di terreni coesivi alluvionali bnc (prova DH-D33 tra 0 e 4.5 m di profondità da p.c.), si hanno valori di velocità delle onde di taglio (V_s) comprese fra 160 e 190 m/s, da cui si stimano i seguenti valori dei moduli iniziali, a piccole deformazioni:

$$G_0 = 50 \div 70 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione a taglio iniziale}$$

$$E_0 = 130 \div 180 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione elastico iniziale}$$

Tali valori sono in linea con i valori del modulo operativo stimato da correlazioni empiriche (vedasi Figura 24).

Dalle indagini simsiche Down-Hole eseguite in corrispondenza di terreni incoerenti (bni) si ha una velocità di 450 m/s, valore un po' più alto rispetto a quello stimato dall'interpretazione delle prove SPT, da cui si ottengono valori di V_s tra 200 e 400 m/s. Da cui vengono poi individuati i moduli di deformabilità, a taglio iniziale G_0 ed elastico iniziale (a basse deformazioni) (vedasi Figura 11).

$$G_0 = 80 \div 300 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione a taglio iniziale}$$

$$E_0 = 200 \div 800 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione elastico iniziale}$$

Caratteristiche di permeabilità

Dalle prove in foro Lefranc sull'unità coesiva (bnc) si sono ottenuti valori di permeabilità compresi tra $6.5 \cdot 10^{-8}$ e $1.5 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Per la frazione incoerente (unità bbi) dalle prove di foro Lefranc si sono ottenuti valori di permeabilità compresi tra $1.5 \cdot 10^{-6} \div 5 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Di seguito si sintetizzano i valori di progetto per le caratteristiche geotecniche delle unità in esame.

Unità bnc – Depositi terrazzati coesivi limoso argillosi

$\gamma = 19.0 \div 20.0$ kN/m ³	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 12$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 23 \div 25$ °	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 400$ kPa	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 6.5 \cdot 10^{-8}$ e $1.5 \cdot 10^{-6}$ m/s	coefficiente di permeabilità
$V_s = 160 \div 190$ m/s	velocità delle onde di taglio
$G_o = 50 \div 70$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 130 \div 180$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità bni – Depositi terrazzati ghiaioso sabbiosi

$\gamma = 19.0 \div 20.0$ kN/m ³	peso di volume naturale
$c' = 0$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 35 \div 38$ °	angolo di resistenza al taglio
$k = 1.5 \cdot 10^{-6} \div 5 \cdot 10^{-4}$ m/s	coefficiente di permeabilità
$V_s = 200 \div 450$ m/s	velocità delle onde di taglio
$G_o = 80 \div 300$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 200 \div 800$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

5.8 Unità TRV / TRVa – Formazione di Terravecchia

La facies argilloso marnosa (TRV) è costituita da una argilla limosa, marnosa con frequenti livelletti limo sabbiosi, a struttura scagliettata. La facies argilloso-brecciata (TRVa) è costituita da argille, argille limose e limi argillosi a struttura o a blocchetti poliedrici, talora scagliosa o indistinta, con locali livelli di sabbie limose e frequenti ghiaie;

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

a luoghi si rinvennero passaggi di argille marnose e argilliti di colore grigio-verdastro e livelli lapidei arenacei. E' stata intercettata come substrato di base nella parte iniziale del tracciato fino al km 7+000 circa.

I valori di N_{SPT} eseguiti nell'unità vanno generalmente da 15 a rifiuto ad indicare una elevata consistenza del materiale (vedasi Figura 25).

Nell'unità sono stati prelevati campioni indisturbati su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche l'unità è costituita da (vedasi Figura 27):

- percentuale di ghiaia da 0 a 5% (media 0.4%);
- percentuale di sabbia da 0 a 10% (media 7%);
- percentuale di fine (limo + argilla) da 75 a 100% (media 91%), di cui argilla tra 45 e 80% (media 57%) e limo tra 25 e 50% (media 33%).

Per l'unità il limite liquido è compreso generalmente fra 40 e 90%; il limite plastico è tra 20 e 30%; il contenuto naturale d'acqua è tra 10 e 22% (vedasi Figura 30). L'indice di plasticità è tra 15 e 70%. L'indice di consistenza è generalmente tra 1.0 e 1.4. Nella Carta di Plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille e limi inorganici di media alta plasticità (vedasi Figura 31).

Il peso di volume naturale è compreso tra 19.5 e 22 kN/m³ con valore medio 21 kN/m³ (vedasi Figura 53).

Resistenza

Per l'unità sono disponibili prove di laboratorio che hanno condotto ai seguenti valori dei parametri di resistenza:

- angolo di resistenza al taglio compreso fra 15° e 36°;
- coesione drenata compresa fra 5 e 135 kPa, per profondità maggiori di 20 m da p.c. la coesione è compresa tra 20 e 60 kPa.

In Figura 34 (TRV) e Figura 39 (TRVa) sono mostrati i valori della resistenza al taglio non drenata (c_u) ottenuta dall'interpretazione delle prove SPT, dalle prove di Pocket Penetrometer e dalle prove di laboratorio: si osservano valori compresi fra 75 e 420 kPa. Quindi dalle prove di laboratorio si ottengono valori medi di 220 kPa (prove ELL) e 240 kPa (prove TX-UU). Dalle prove pressiometriche si stimano valori tra 200 e 500 kPa, con valore medio di (c_u) pari a 320 kPa. Cautelativamente, data la forte dispersione dei dati ed i pochi dati a disposizione, si assume un valore massimo della resistenza al taglio non drenata di 350 kPa.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	90 di 322

Per la scelta dei parametri di resistenza drenati di progetto dell'unità TRV, si rimanda a quanto enunciato al paragrafo 5.3.1: per le formazioni di base argilloso marnose a struttura scagliosa, il range dei parametri di resistenza di progetto assunti, è stato valutato statisticamente prendendo a riferimento tutte le prove di laboratorio (vedasi nella Figura 61).

In Figura 61 si riportano i risultati di tutte le prove nel piano delle tensioni e si individua un involucro di progetto dei parametri di resistenza, sufficientemente cautelativo per la formazione in esame:

$$c' = 5 \text{ kPa} \quad \varphi' = 25^\circ \quad \text{per } \sigma'v < 200 \text{ kPa,}$$

$$c' = 25 \text{ kPa} \quad \varphi' = 19.5^\circ \quad \text{per } \sigma'v > 200 \text{ kPa.}$$

Tale andamento di progetto dei parametri di resistenza, ben si accorda con la correlazione di Duncan & Brandon (2015, vedasi paragrafo 5.3.1), considerando i parametri $a = 0.55$ e $b = 0.82$ (come si vede dalla Figura 61).

Caratteristiche di deformabilità

La prova Down-Hole eseguita nel sondaggio D9 dalla profondità di 12 m, ha interessato la formazione in esame, con velocità V_s tra 330 e 570 m/s, crescenti con la profondità. Da cui si stimano i seguenti valori dei moduli iniziali, a piccole deformazioni

$$G_0 = 200 \div 645 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione a taglio iniziale}$$

$$E_0 = 500 \div 1670 \text{ MPa} \quad \text{modulo di deformazione elastico iniziale}$$

Nella Figura 38 sono riportati i valori del modulo operativo stimato da correlazioni empiriche dalle prove SPT e da DH, da cui si osserva un range tra 10 e 20 MPa per profondità inferiori a 5 m, tra 20 e 90 MPa crescente con la profondità per profondità maggiori; le prove sismiche forniscono valori maggiori del modulo rispetto ai valori derivanti da correlazioni empiriche.

Le prove edometriche hanno fornito un valore del modulo di deformazione tra 6 e 17 MPa.

Caratteristiche di permeabilità

Sono disponibili prove di permeabilità in foro Lefranc nell'unità in esame, che hanno fornito una permeabilità bassa: $5 \cdot 10^{-9}$ e $7 \cdot 10^{-7}$ m/s unità TRV e $3.5 \cdot 10^{-8}$ m/s unità TRVa. Dalle prove edometriche è stata individuata una permeabilità media di $4 \cdot 10^{-11}$ m/s.

Quindi per l'unità si assumono i seguenti range cautelativi dei parametri geotecnici di progetto.

Unità TRV/TRVa – Argille marnose grigie di Catenanuova

$\gamma = 19.5 \div 21 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 25 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 19 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 75 \div 350 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-9} \div 7 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_o = 200 \div 900 \text{ MPa}$	Modulo di deformazione elastico iniziale

5.9 Unità AAC – Argille marnose grigie di Catenanuova

Tale unità a comportamento prevalentemente coesivo, è rappresentata da argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-verdastro, di colore grigio e grigio-verdastro a struttura scagliosa, con talvolta livelli di sabbie limose grigie, livelli argillitici duri e locali intercalazioni di arenarie medio-fini grigie e giallastre, in strati da sottili a medi.

L'unità è stata intercettata come substrato di base nella parte finale del tracciato dal km 9+800 circa.

I valori di N_{SPT} eseguiti nell'unità vanno generalmente da 30 a rifiuto ad indicare una elevata consistenza del materiale, con andamento generalmente crescente con la profondità (vedasi Figura 25).

Nell'unità sono stati prelevati campioni indisturbati su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche l'unità è costituita da (vedasi Figura 26):

- percentuale di ghiaia da 0 a 10% (media 2%);
- percentuale di sabbia da 0 a 20% (media 12%);
- percentuale di fine (limo + argilla) da 60 a 100% (media 86%), di cui argilla tra 27 e 64% (media 41%) e limo tra 19 e 66% (media 45%).

Per l'unità il limite liquido è compreso generalmente fra 30 e 60%; il limite plastico è tra 20 e 35%; il contenuto naturale d'acqua è tra 15 e 20% (vedasi Figura 30). L'indice di plasticità è tra 10 e 25%. L'indice di consistenza è generalmente tra 1.3 e 1.6. Nella Carta di Plasticità di Casagrande il materiale è piuttosto disperso, però mediamente si colloca nella zona delle argille e limi inorganici di media plasticità (vedasi Figura 31).

Il peso di volume naturale è compreso tra 19.5 e 22 kN/m³ con valore medio 20.5 kN/m³ (vedasi Figura 53).

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Resistenza

Per l'unità sono disponibili prove di laboratorio che hanno condotto ai seguenti valori dei parametri di resistenza (Figura 44, Figura 45):

- angolo di resistenza al taglio compreso fra 15° e 33°;
- coesione drenata compresa fra 0 e 55 kPa;
- resistenza al taglio in condizioni non drenate fra 50 e 500 kPa.

Nella Figura 43 sono mostrati i valori della resistenza al taglio non drenata (c_u) ottenuta dall'interpretazione delle prove SPT, dalle prove di Pocket Penetrometer e dalle prove di laboratorio: si osservano valori compresi fra 50 e 500 kPa. Generalmente le prove di Pocket penetrometer sono andate quasi tutte a rifiuto strumentale (fondo scala strumento 500 kPa), così come le prove penetrometriche dinamiche SPT. Dalle prove triassiali si ottiene un valore medio della resistenza al taglio non drenata (c_u) di 275 kPa. I valori minori di resistenza sono relativi alle prove di laboratorio ad espansione laterale libera, che probabilmente non sono rappresentative per la tipologia di prova in questi materiali). Dall'interpretazione delle prove pressiometriche si ottiene un valore medio di 357 kPa. Cautelativamente, data la forte dispersione dei dati ed i pochi dati a disposizione, si assume un valore massimo della resistenza al taglio non drenata di 350 kPa.

Per la scelta dei parametri di resistenza drenati di progetto dell'unità AAC, si rimanda a quanto enunciato al paragrafo 5.3.1: per le formazioni di base argilloso marnose a struttura scagliosa, il range dei parametri di resistenza di progetto assunti, è stato valutato statisticamente prendendo a riferimento tutte le prove di laboratorio (vedasi nella Figura 60).

In Figura 60 si riportano i risultati di tutte le prove nel piano delle tensioni e si individua un involuppo di progetto dei parametri di resistenza, sufficientemente cautelativo per la formazione in esame:

$$\begin{array}{lll}
 c' = 5 \text{ kPa} & \varphi' = 24^\circ & \text{per } \sigma'v < 200 \text{ kPa,} \\
 c' = 25 \text{ kPa} & \varphi' = 19^\circ & \text{per } \sigma'v > 200 \text{ kPa.}
 \end{array}$$

Tale andamento di progetto dei parametri di resistenza, ben si accorda con la correlazione di Duncan & Brandon (2015, vedasi paragrafo 5.3.1), considerando i parametri $a = 0.53$ e $b = 0.82$ (come si vede dalla Figura 60).

Caratteristiche di deformabilità

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Le prove Down-Hole eseguite nei sondaggi D31 e D33 dalle profondità rispettivamente di 15 e 10 m hanno interessato la formazione AAC, con velocità V_s tra 400 e 800 m/s, crescenti con la profondità. Da cui si stimano i seguenti valori dei moduli iniziali, a piccole deformazioni

$G_0 = 310 \div 1240$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_0 = 800 \div 3200$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Nella Figura 47 sono riportati i valori del modulo operativo stimato da correlazioni empiriche dalle prove SPT e da DH, da cui si osserva un range 20 e 90 MPa; le prove sismiche forniscono valori maggiori del modulo rispetto ai valori derivanti da correlazioni empiriche.

Le prove edometriche hanno fornito un valori del modulo di deformazione di 14.8 MPa a 28 m di profondità dal p.c..

Caratteristiche di permeabilità

Sono disponibili prove di permeabilità in foro Lefranc nell'unità in esame, che hanno fornito una permeabilità molto bassa: $4.7 \cdot 10^{-9}$ e $2.4 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Quindi per l'unità si assumono i seguenti range cutelativi dei parametri geotecnici di progetto.

Unità AAC – Argille marnose grigie di Catenanuova

$\gamma = 19.5 \div 20.5$ kN/m³ peso di volume naturale

$c' = 5 \div 25$ kPa coesione drenata

$\varphi' = 19 \div 24$ ° angolo di resistenza al taglio

$c_u = 100 \div 350$ kPa resistenza al taglio in condizioni non drenate

$k = 5 \cdot 10^{-9} \div 2 \cdot 10^{-7}$ m/s coefficiente di permeabilità

$E_0 = 200 \div 900$ MPa Modulo di deformazione elastico iniziale

5.10 Unità FYN – Argille limosa, marnosa (Flysch Numidico)

L'unità è costituita da argille limose, marnose a struttura scagliosa di colore grigio generalmente molto consistenti a struttura scagliosa e/o indistinta, con locali blocchi quarzoarenitici.

L'unità è stata intercettata come substrato di base dal km 7+000 fino a circa km 9+000.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

I valori di N_{SPT} eseguiti nell'unità sono compresi tra 50 colpi/30 cm e rifiuto, crescenti con la profondità, ad indicare una elevata consistenza del materiale (vedasi Figura 25).

Nell'unità sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche l'unità è costituita da (vedasi Figura 29):

- percentuale di ghiaia tra 0 e 5% (media 0.2%);
- percentuale di sabbia tra 3 e 20% (media 8%);
- percentuale di fine (limo + argilla) tra 50 e 95% (media 92%), di cui argilla tra 30 e 70% (media 43%) e limo tra 15 e 60% (media 43%).

Per l'unità il limite liquido è compreso generalmente fra 30 e 55%; il limite plastico è tra 15 e 30%; il contenuto naturale d'acqua è tra 15 e 20% (vedasi Figura 30). Nella Carta di Plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille inorganiche di media plasticità (vedasi Figura 31). L'indice di consistenza è tra 1.2 e 1.8.

Il peso di volume naturale è tra 18 e 23 kN/m³ con valore medio 20.7 kN/m³ (vedasi Figura 53).

Resistenza

Dalle prove di laboratorio si sono ottenuti i seguenti valori dei parametri di resistenza (Figura 49, Figura 50, Figura 51):

- angolo di resistenza al taglio compreso fra 17° e 33°;
- coesione drenata compresa fra 18 a 79 kPa.

Nella Figura 48 sono mostrati i valori della resistenza al taglio non drenata (c_u) ottenuta dall'interpretazione delle prove SPT, dalle prove di Pocket Penetrometer e dalle prove di laboratorio. Si osservano valori molto dispersi, compresi fra 50 e 500 kPa (le prove PP sono andate tutte a rifiuto con fondo scala generalmente a 600 kPa). Dalle prove di laboratorio ci sono due valori a 250 kPa ed uno a 728 kPa relativamente alle prove TX-UU ed un valore molto basso (< 50 kPa) dalle prove ELL che probabilmente non sono rappresentative per questo tipo di materiale. Dalle prove pressiometriche si stimano valori tra 240 e 360 kPa, con un valore medio di c_u pari a 325 kPa. Cautelativamente, data la forte dispersione dei dati ed i pochi dati a disposizione, si assume un valore massimo della resistenza al taglio non drenata di 350 kPa.

Per la scelta dei parametri di resistenza drenati di progetto dell'unità FYN, si rimanda a quanto enunciato al paragrafo 5.3.1: per le formazioni di base argilloso marnose a struttura scagliosa, il range dei parametri di

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

resistenza di progetto assunti, è stato valutato statisticamente prendendo a riferimento tutte le prove di laboratorio (vedasi Figura 59).

In Figura 59 si riportano i risultati di tutte le prove nel piano delle tensioni e si individua un involucro di progetto dei parametri di resistenza, sufficientemente cautelativo per la formazione in esame:

$$c' = 5 \text{ kPa} \quad \varphi' = 24^\circ \quad \text{per } \sigma'v < 200 \text{ kPa,}$$

$$c' = 20 \text{ kPa} \quad \varphi' = 20^\circ \quad \text{per } \sigma'v > 200 \text{ kPa.}$$

Caratteristiche di deformabilità

Dalle prove SPT si stima per l'unità un valore del modulo elastico di deformazione operativo tra 300 e 900 MPa (Figura 52), generalmente crescenti con la profondità.

Caratteristiche di permeabilità

Dalle prove di permeabilità in foro Lefranc si sono ottenuti valori compresi fra $5 \cdot 10^{-9}$ e $5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Quindi per l'unità si assumono i seguenti range cautelativi dei parametri geotecnici di progetto.

Unità FYN – argille marnose, marne del Flysch Numidico

$\gamma = 20.0 \div 21.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 20 \div 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 350 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-9} \div 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_o = 300 \div 900 \text{ MPa}$	Modulo di deformazione elastico iniziale

5.11 Unità GTLa – Formazione di Cattolica

L'unità è stata intercettata nella prima parte del tracciato, circa tra le progressive chilometriche 0+000 e 0+450, dove rappresenta la formazione di base costituita da argille limose con componente gessosa.

Per la caratterizzazione geotecnica di questa unità, dato l'esiguo numero di dati a disposizione, si farà cautelativamente riferimento alla formazione di Terravecchia (unità TRV).

5.12 Sintesi parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si sintetizzano le caratteristiche geotecniche di progetto per le varie unità geotecniche.

Unità b2 – Depositi eluvio-colluviali

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 25 \div 30^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 150 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-7} \div 4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_o = 250 \div 350 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità ba – Depositi alluvionali attuali

$\gamma = 18.5 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 24 \div 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$k = 10^{-6} \div 10^{-4} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_o = 100 \div 340 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità bbc – Depositi alluvionali recenti coesivi (limoso argillosi)

$\gamma = 19.0 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 19 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 40 \div 250 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-8} \div 4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$G_o = 25 \div 150 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 70 \div 350 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità bbi – Depositi alluvionali recenti incoerenti (sabbia, sabbia con ghiaia, sabbia ghiaiosa)

$\gamma = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 34 \div 39^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 200 \div 400 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 80 \div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 200 \div 800 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità

Unità bnc – Depositi terrazzati coesivi limoso argillosi

$\gamma = 19.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 12 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 23 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 400 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 6.5 \cdot 10^{-8} \div 1.5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$V_s = 160 \div 190 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 50 \div 70 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 130 \div 180 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità bni – Depositi terrazzati ghiaioso sabbiosi

$\gamma = 19.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 35 \div 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$k = 1.5 \cdot 10^{-6} \div 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$V_s = 200 \div 450 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 80 \div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 200 \div 800 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità TRV/TRVa – Formazione di Terravecchia / Unità GTLa – Formazione di Cattolica

$\gamma = 19.5 \div 21.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 25 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 19 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 74 \div 350 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-9} \div 7 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_0 = 200 \div 900 \text{ MPa}$	Modulo di deformazione elastico iniziale

Unità AAC – Argille marnose grigie di Catenanuova

$\gamma = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 25 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 19 \div 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 100 \div 350 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-9} \div 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_0 = 200 \div 900 \text{ MPa}$	Modulo di deformazione elastico iniziale

Unità FYN – Argille limosa, marnosa (Flysch Numidico)

$\gamma = 20.0 \div 21.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 20 \div 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 350 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-9} \div 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_0 = 300 \div 900 \text{ MPa}$	Modulo di deformazione elastico iniziale

I moduli di deformabilità “operativi” (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a $1/3 \div 1/5$ di quello iniziale (E_0).



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	99 di 322

Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati, i moduli elastici “operativi” saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale.

I valori delle proprietà geotecniche indicate sono da intendersi come range di valori guida per la progettazione; resta inteso che nelle analisi geotecniche di dettaglio delle varie opere andranno calibrati sulla base delle condizioni geotecniche locali, delle specifiche situazioni locali, oltre che rapportati alla tipologia di opere (fondazioni pali o opere di sostegno) ed alle ipotesi di calcolo assunte.

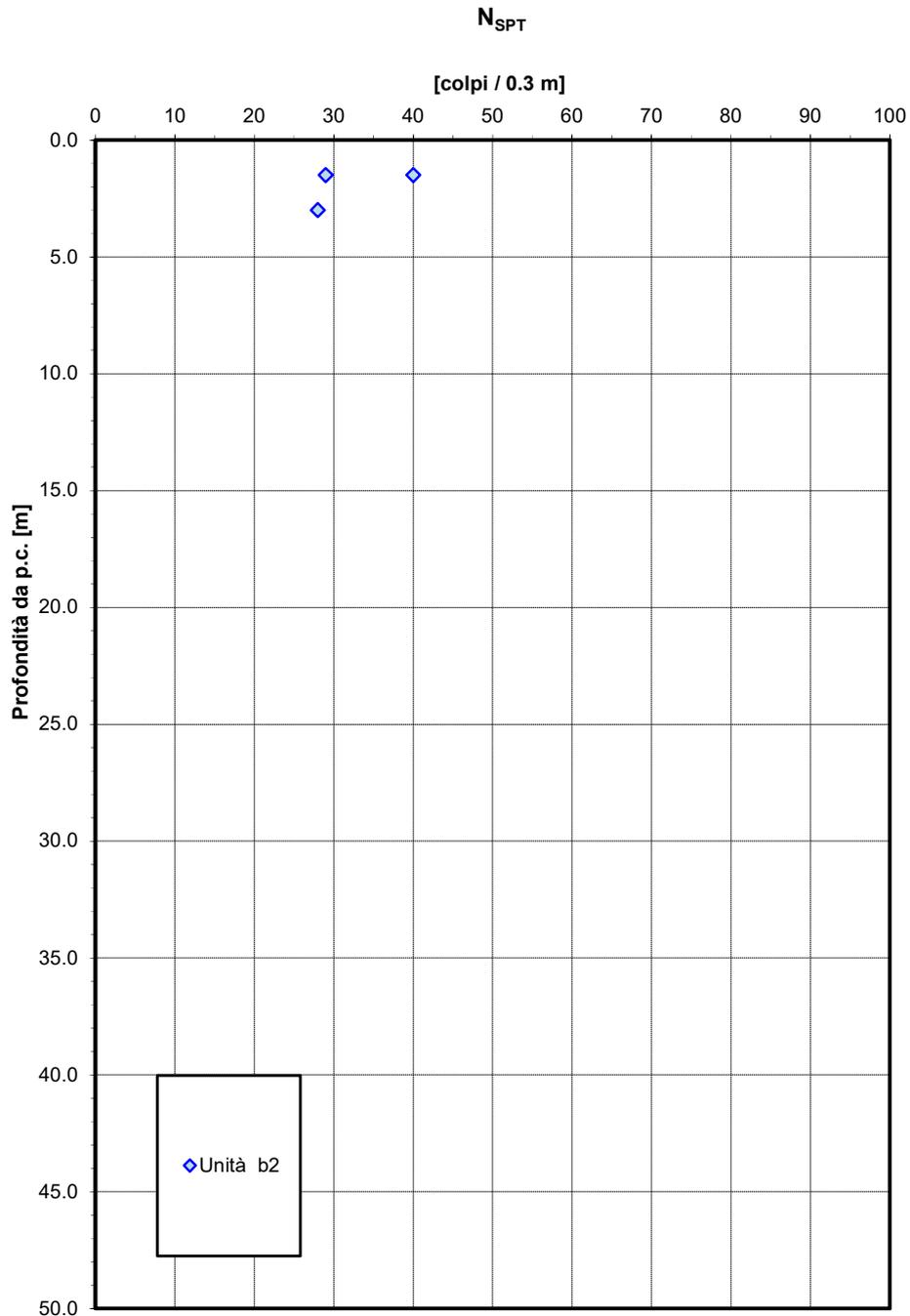


Figura 5 – Valori di N_{SPT} – Unità b2

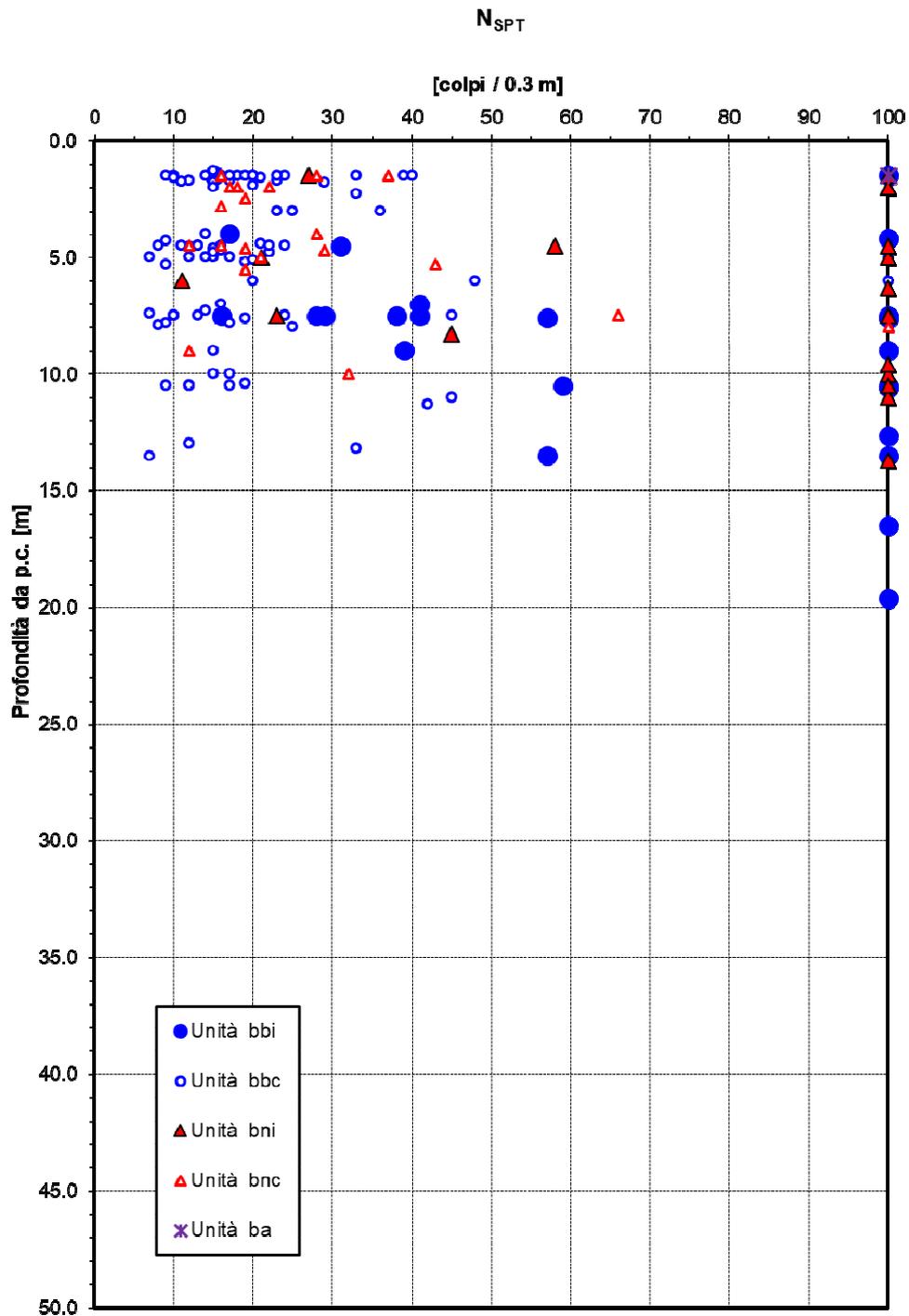


Figura 6 – Valori di N_{SPT} – Unità bbc, bbi, bnc, bni, ba.

Densità relativa da prove SPT

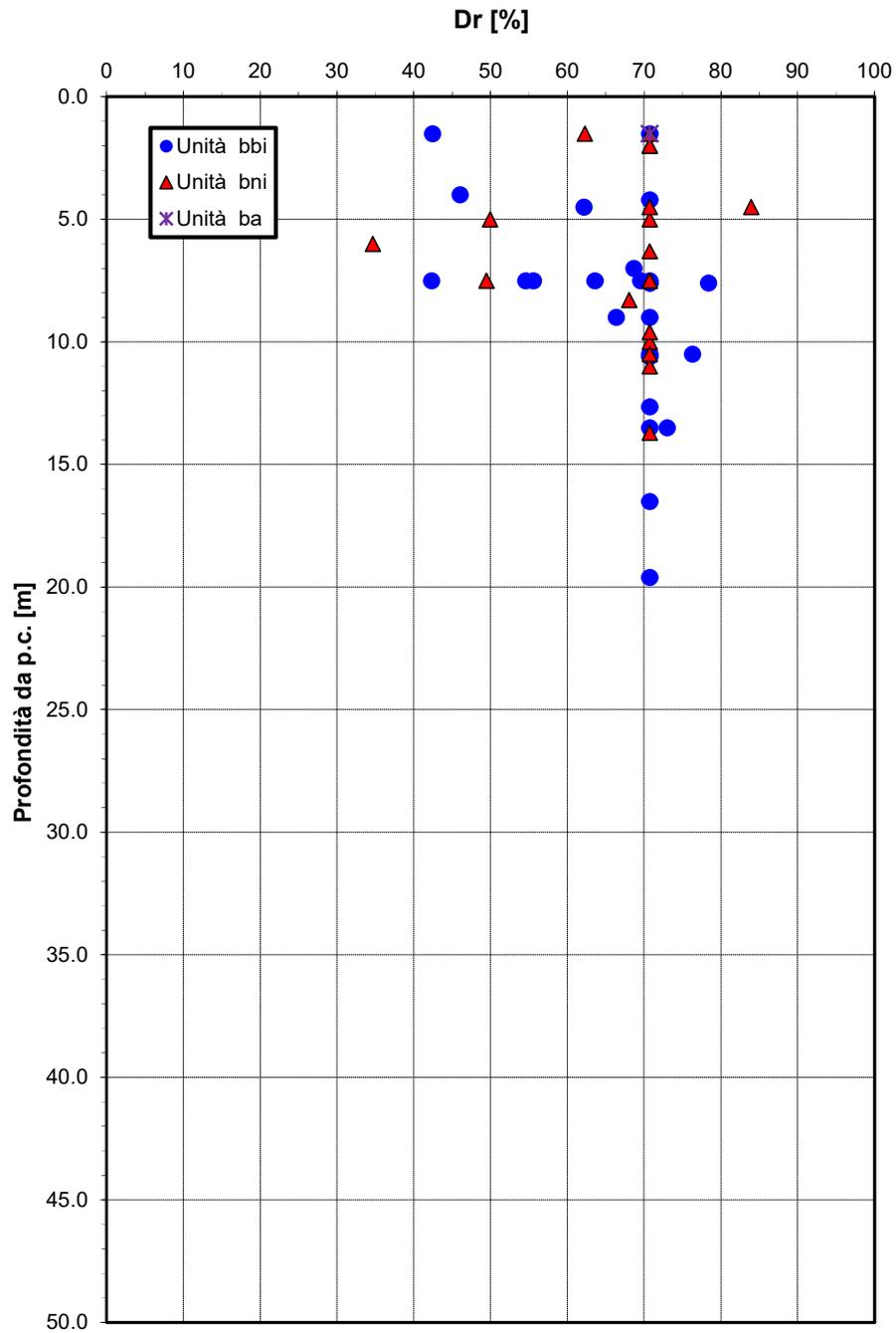


Figura 7 – Densità relativa da prove SPT– Unità bbi, bni, ba (incoerenti).

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

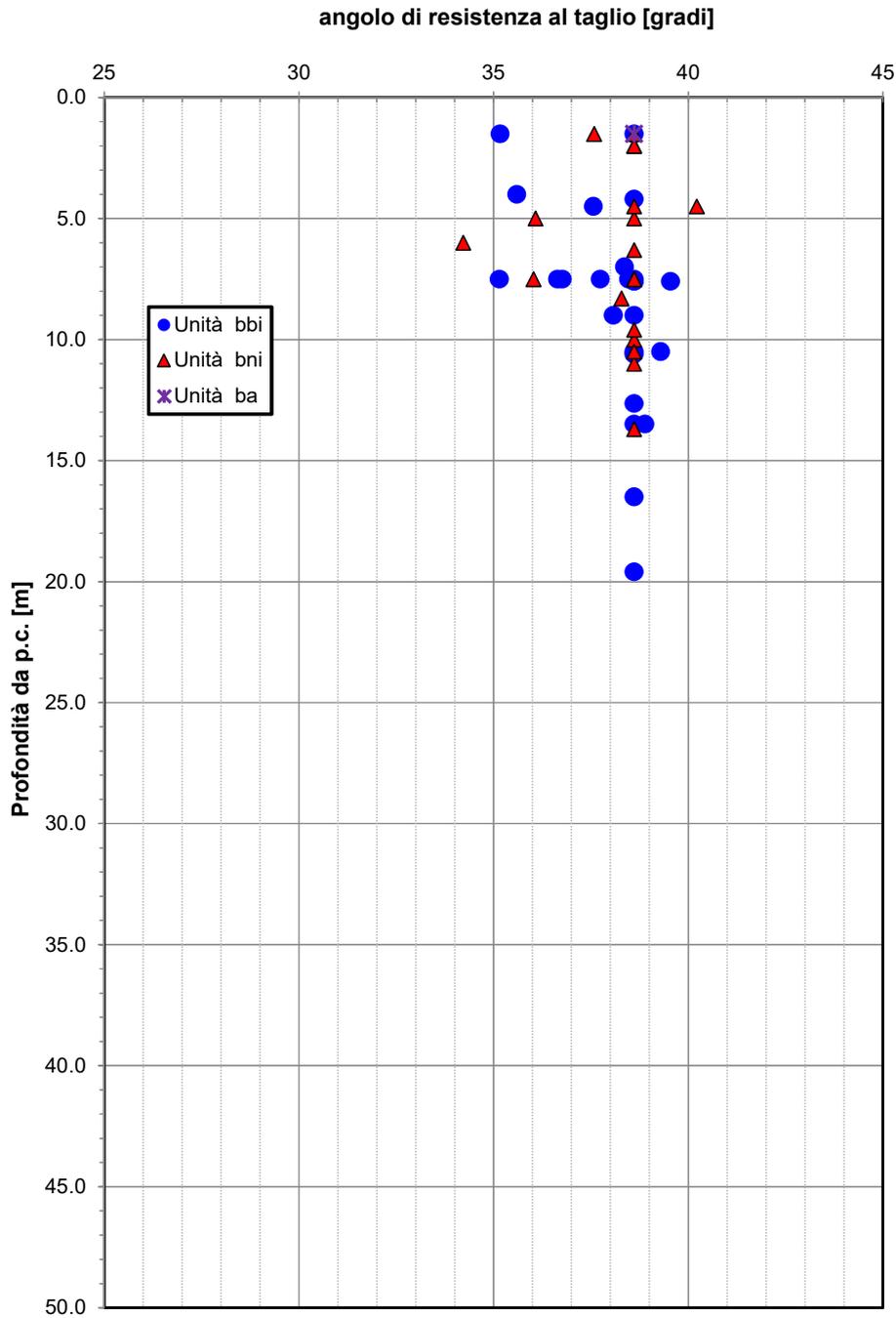


Figura 8 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT – Unità bbi, bni, ba (incoerenti)

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e DH

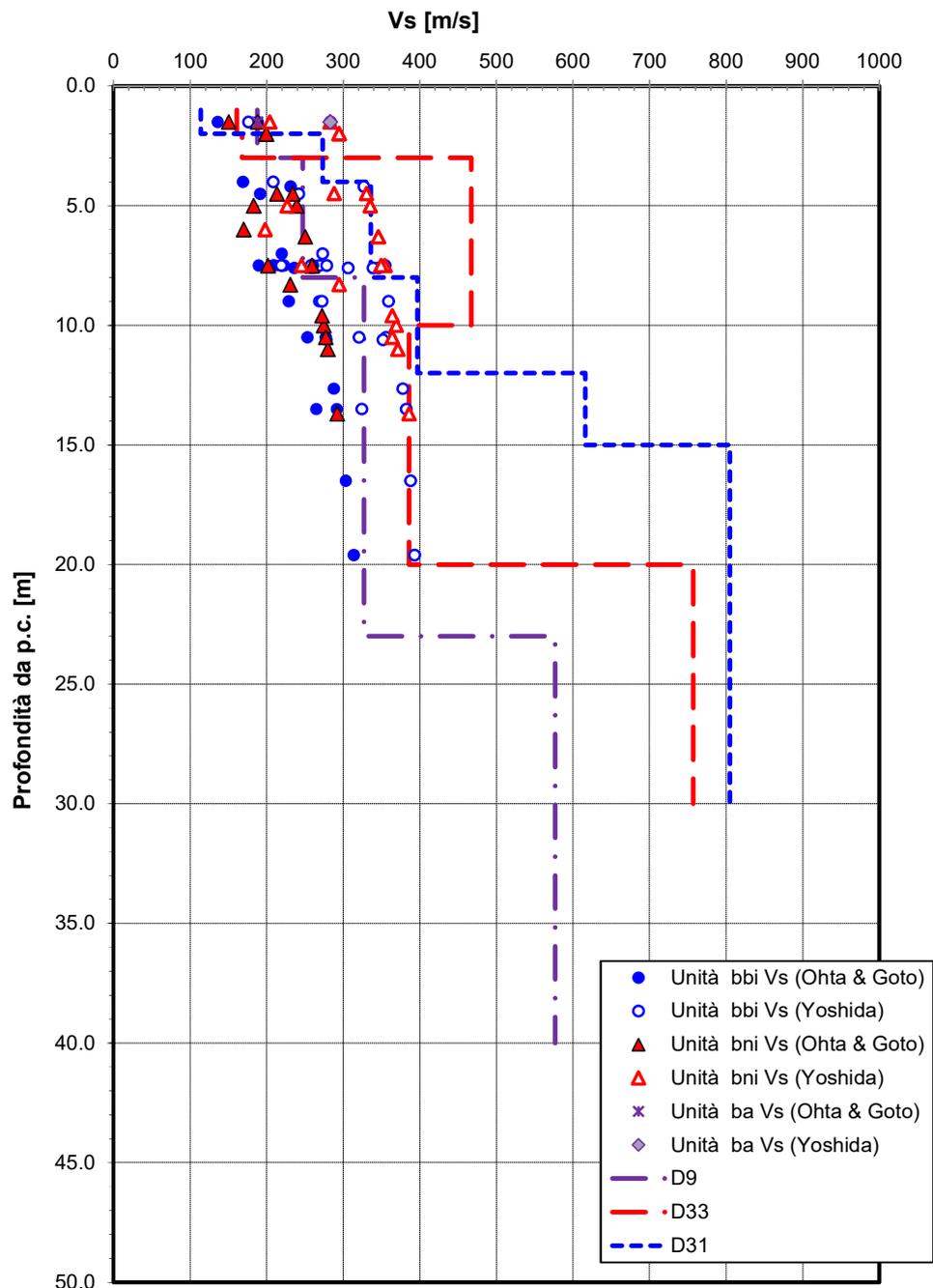


Figura 9 – Velocità di taglio da prove SPT e DH – Unità bbi, bni, ba.

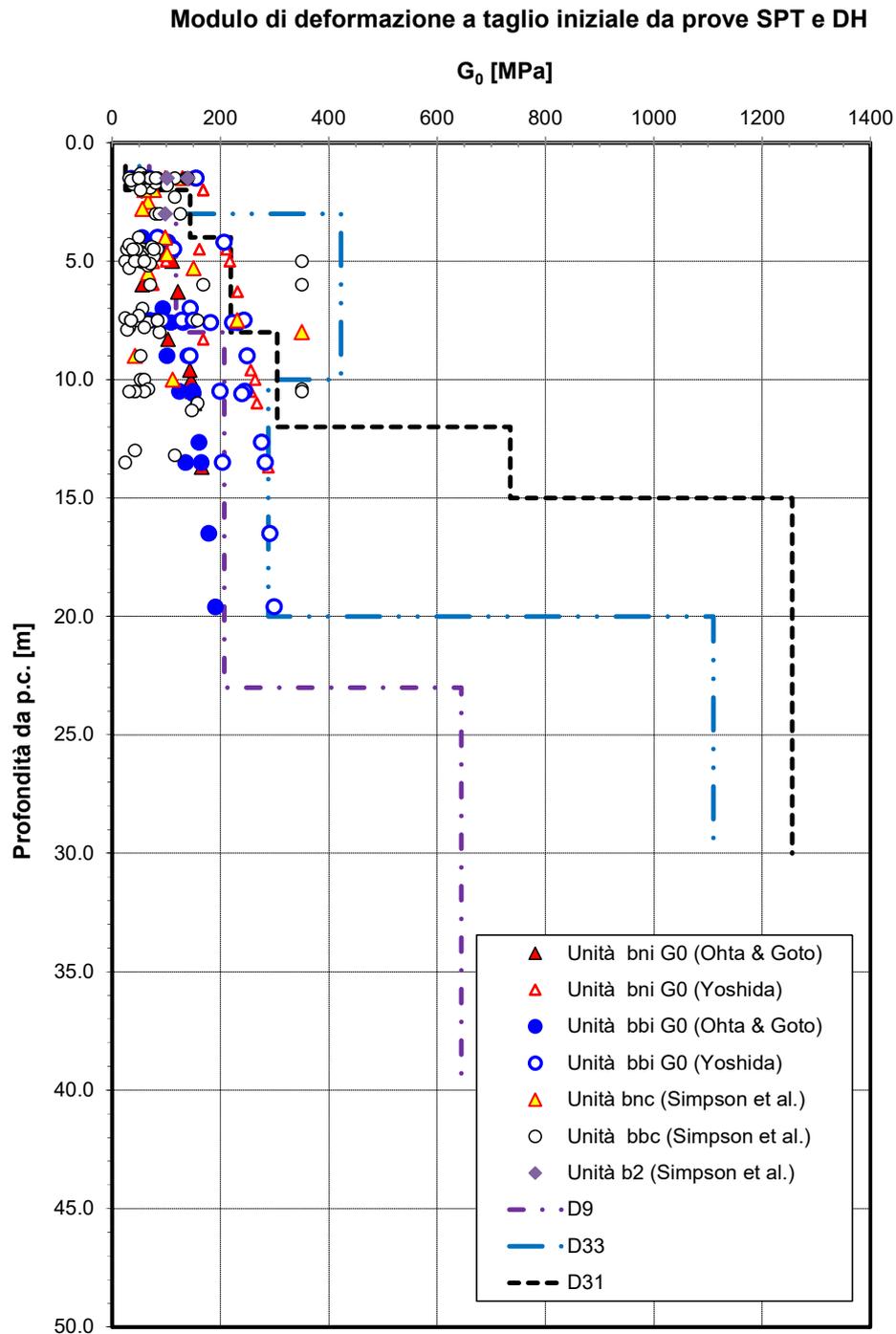


Figura 10 – Modulo di deformazione a taglio iniziale G_0 da prove SPT e DH – Unità alluvionali.

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e DH

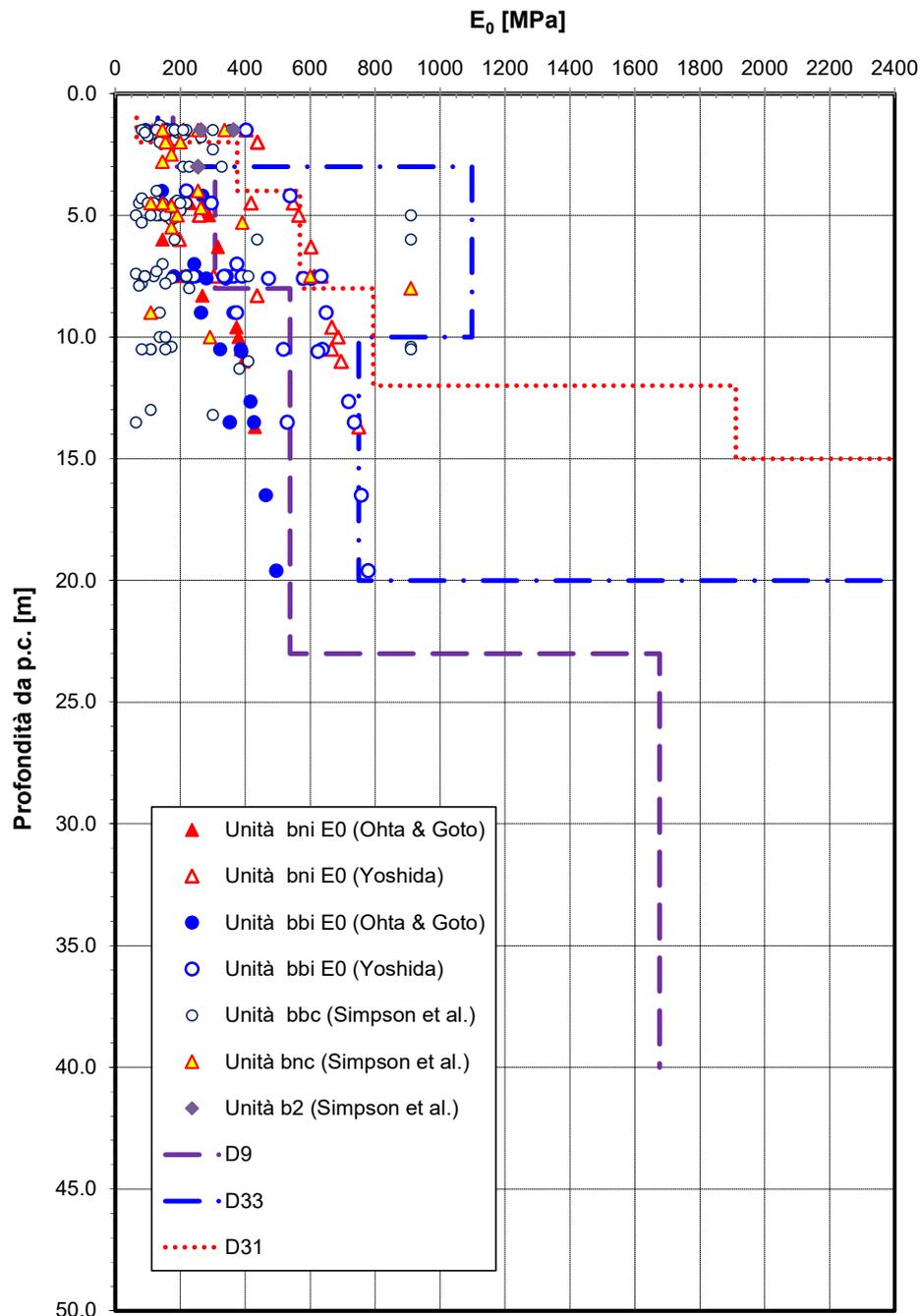


Figura 11 – Modulo di deformazione elastico iniziale E_0 da prove SPT e DH – Unità alluvionali

Granulometria unità bbc

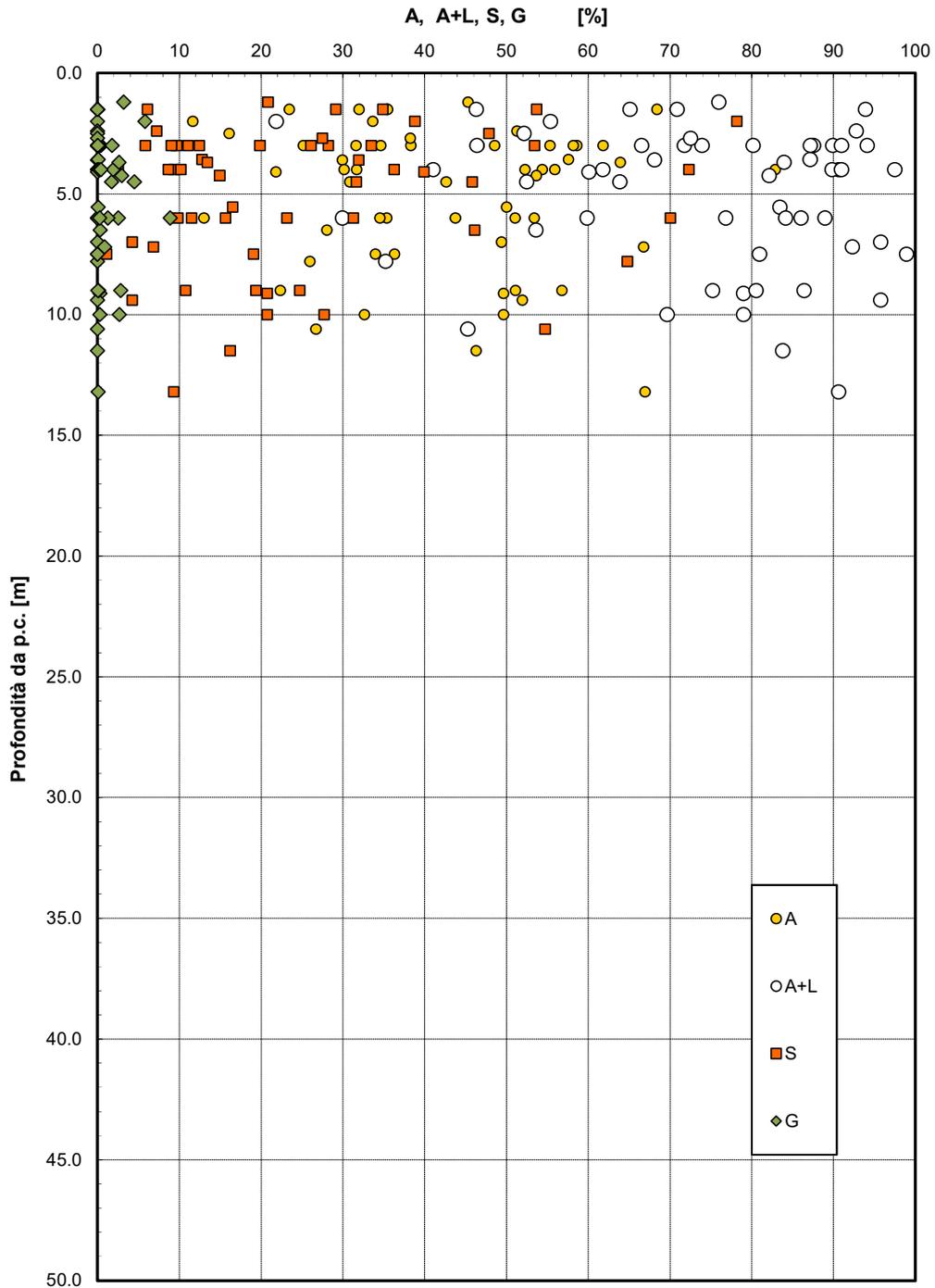


Figura 12 – Analisi granulometrica – Unità bbc

Granulometria unità bbi

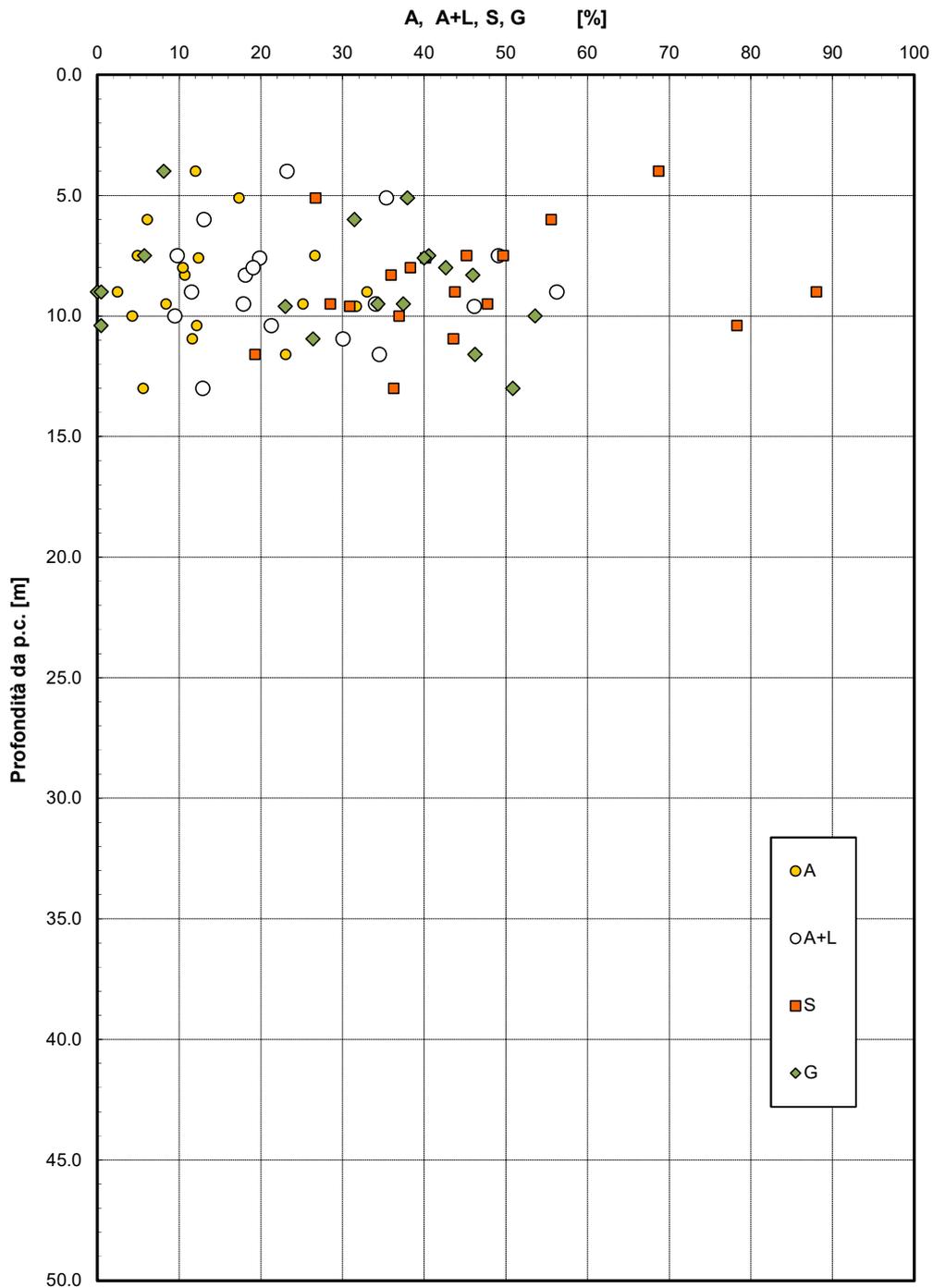


Figura 13 – Analisi granulometrica – Unità bbi

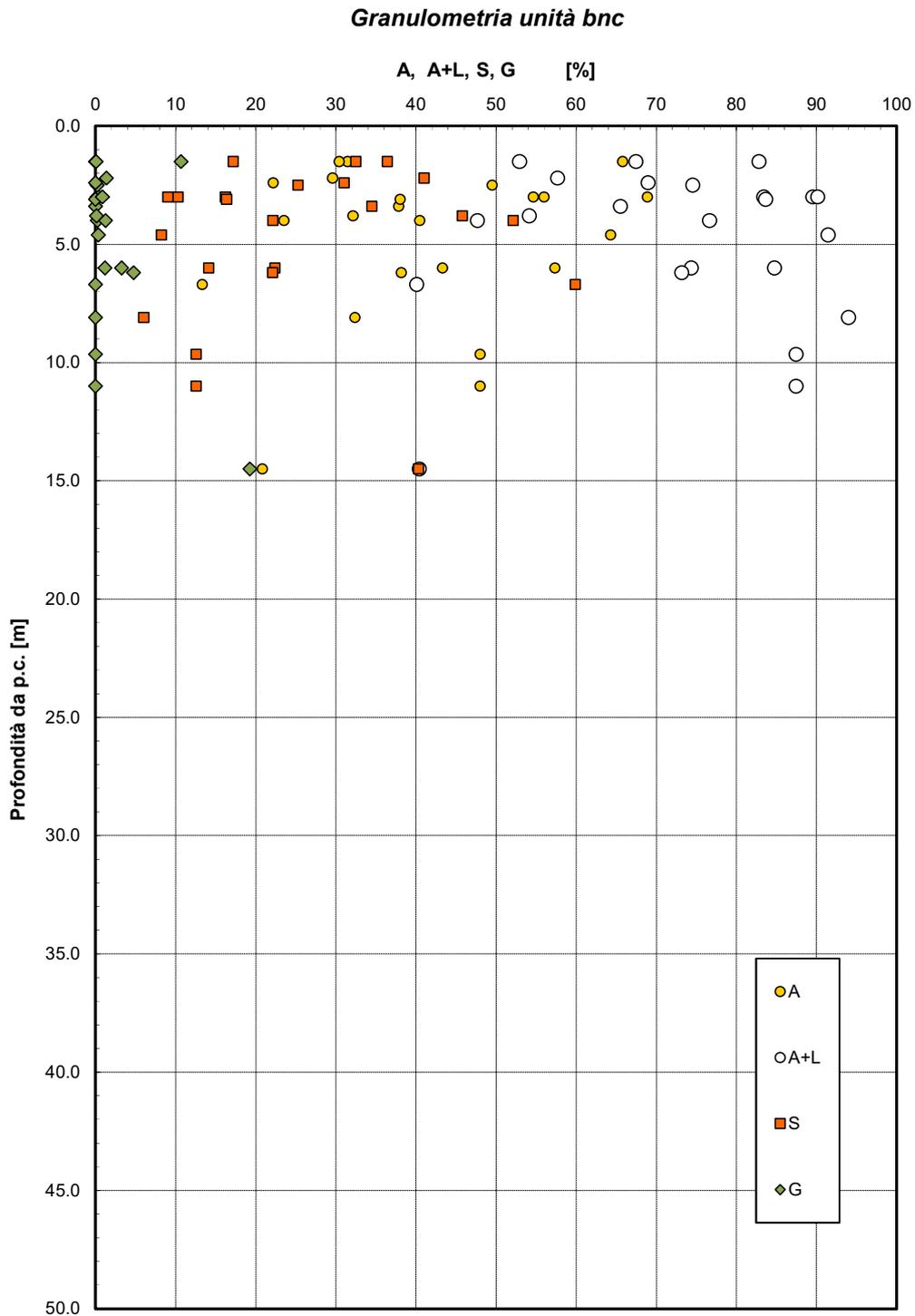
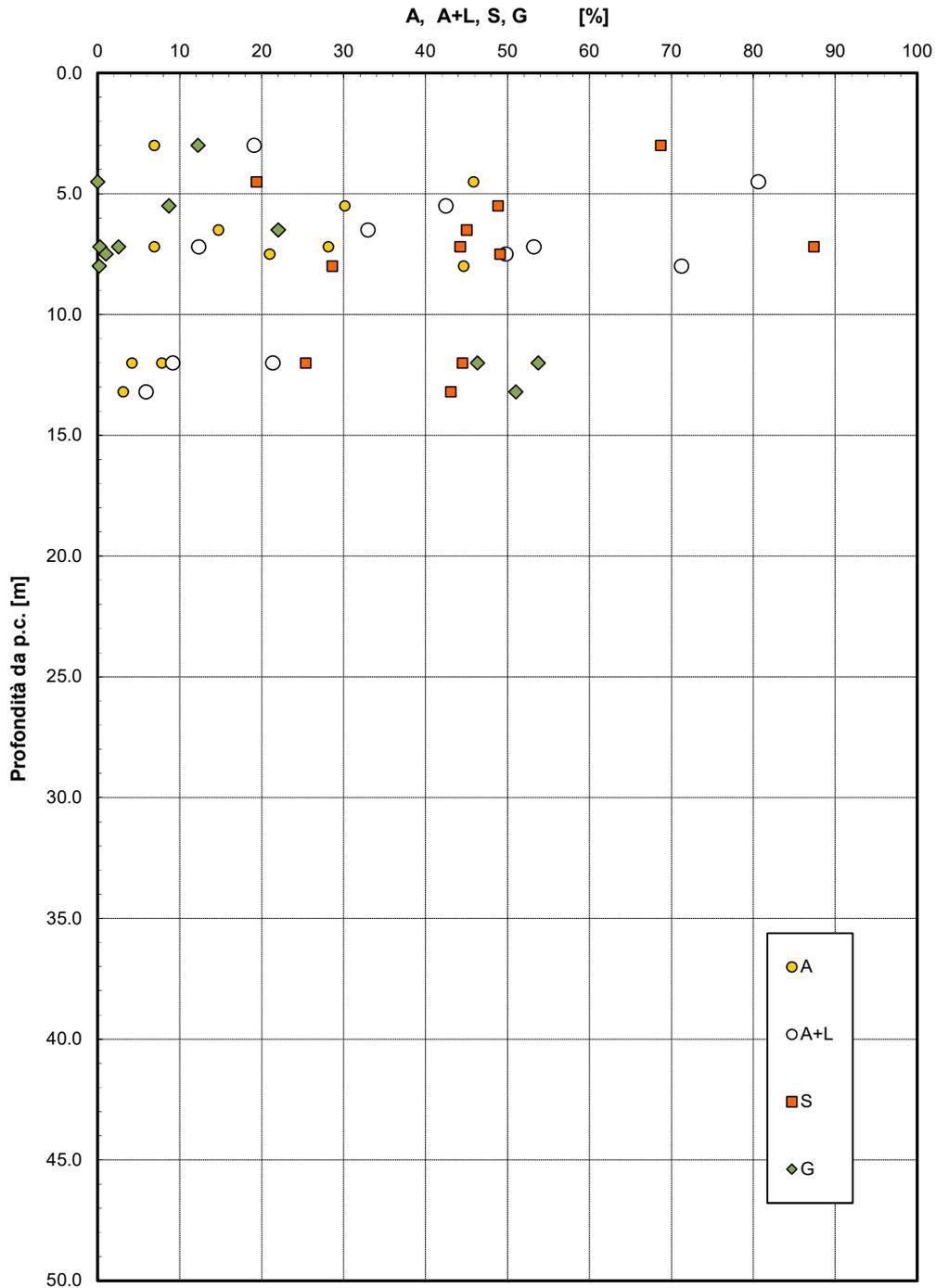


Figura 14 – Analisi granulometrica – Unità bnc

Granulometria unità bni



Limiti di Atterberg - Terreni alluvionali

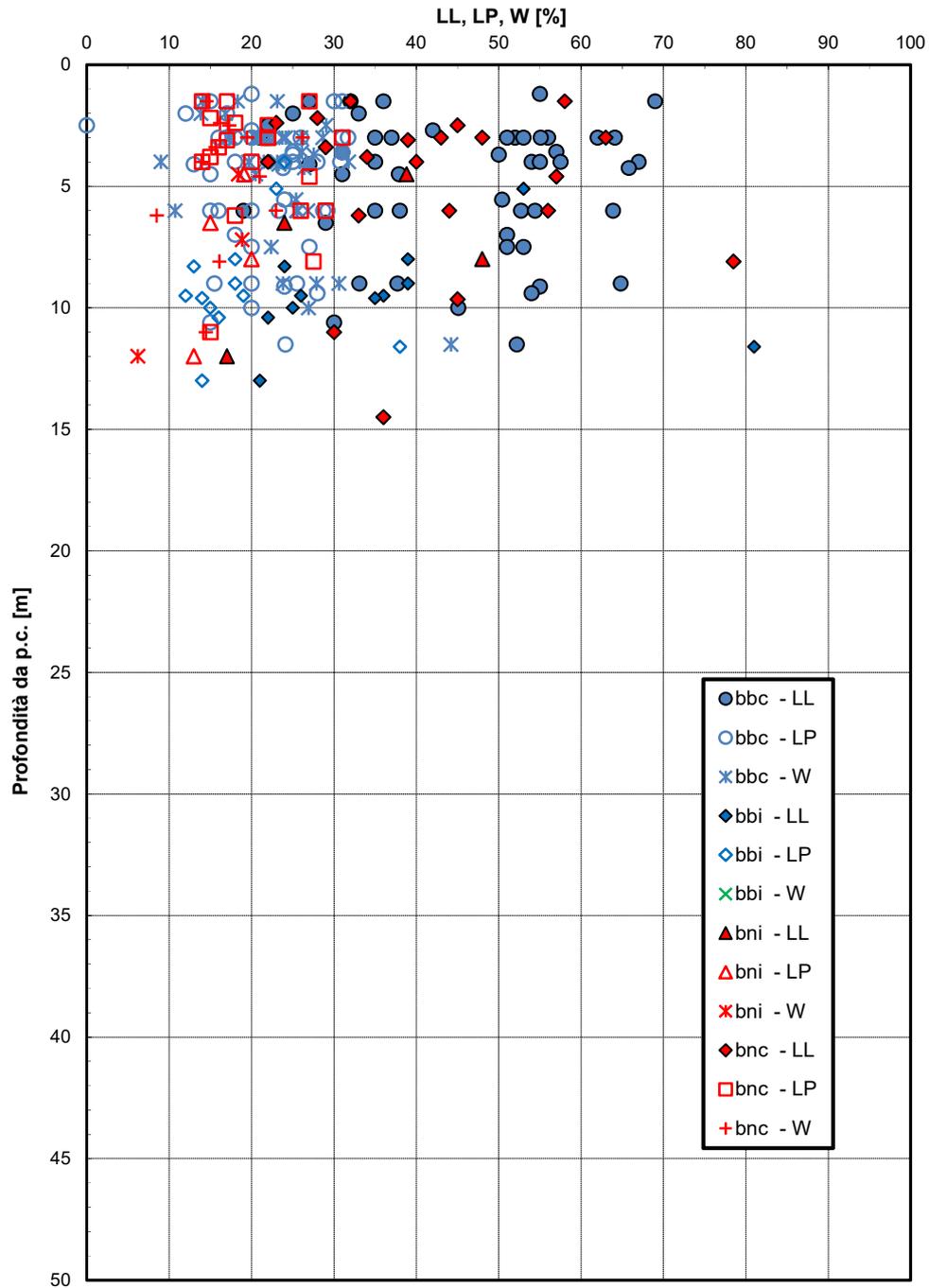


Figura 16 – Contenuto naturale d'acqua e limiti di consistenza – Unità bbc, bbi, bnc, bni

Carta di Plasticità di Casagrande - Terreni alluvionali

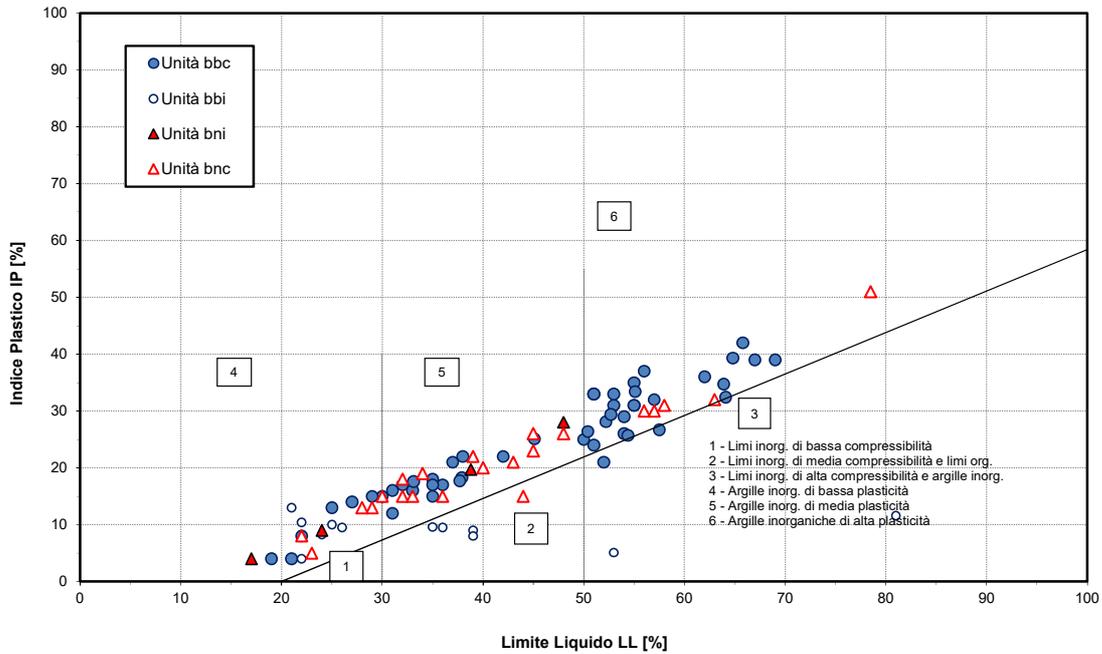


Figura 17 – Carta di plasticità di Casagrande – Unità bbc, bnc

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

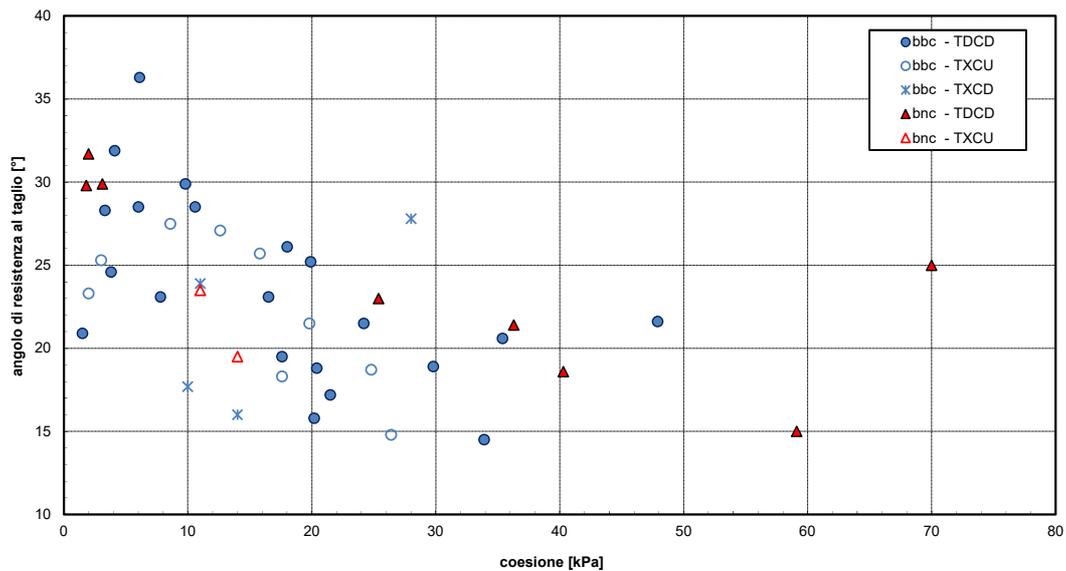


Figura 18 – Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata (laboratorio) – Unità bbc, bnc

Andamento della coesione con la profondità

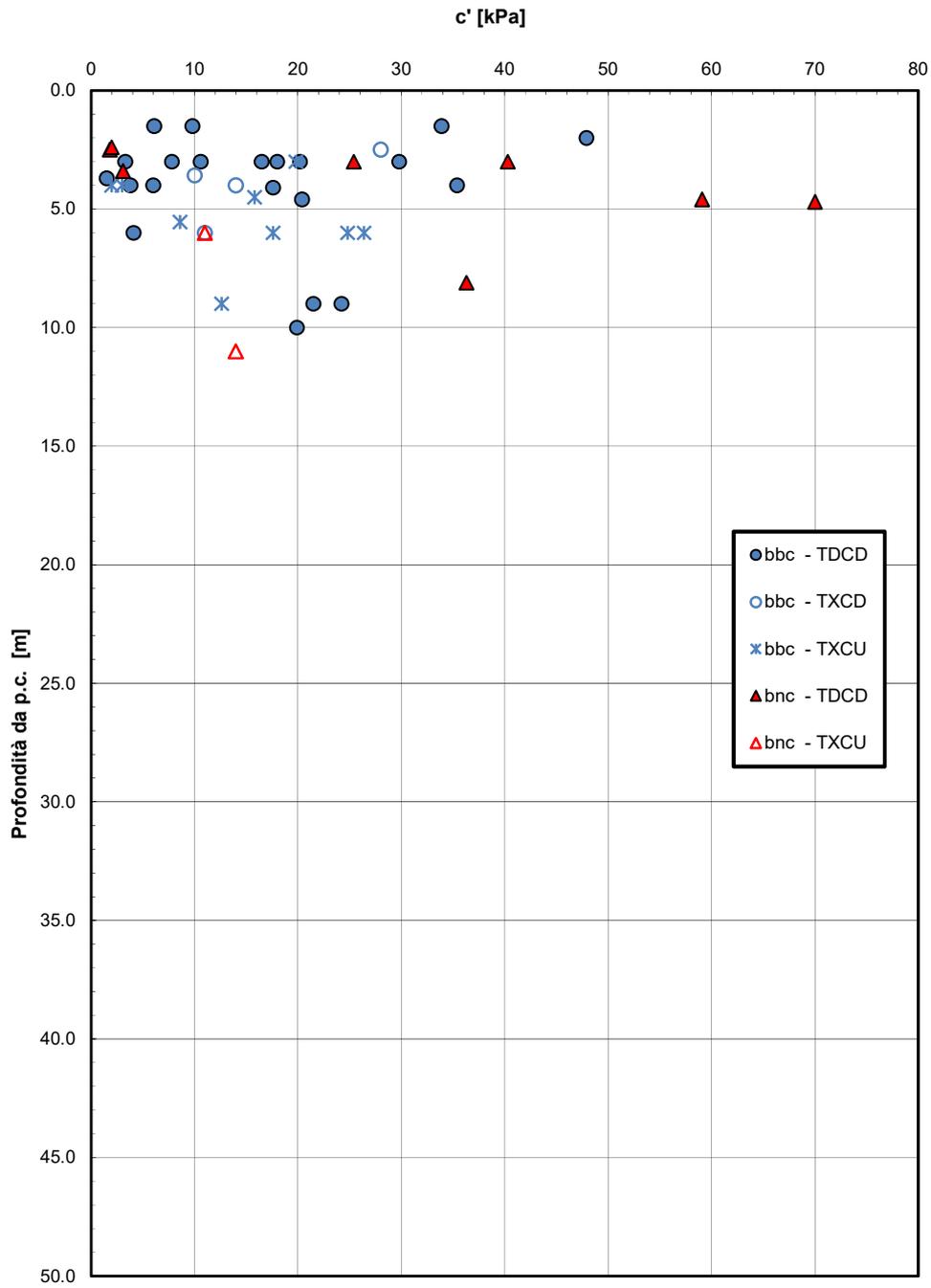


Figura 19 – Andamento della coesione drenata con la profondità – Unità bbc, bnc

Andamento della resistenza al taglio con la profondità

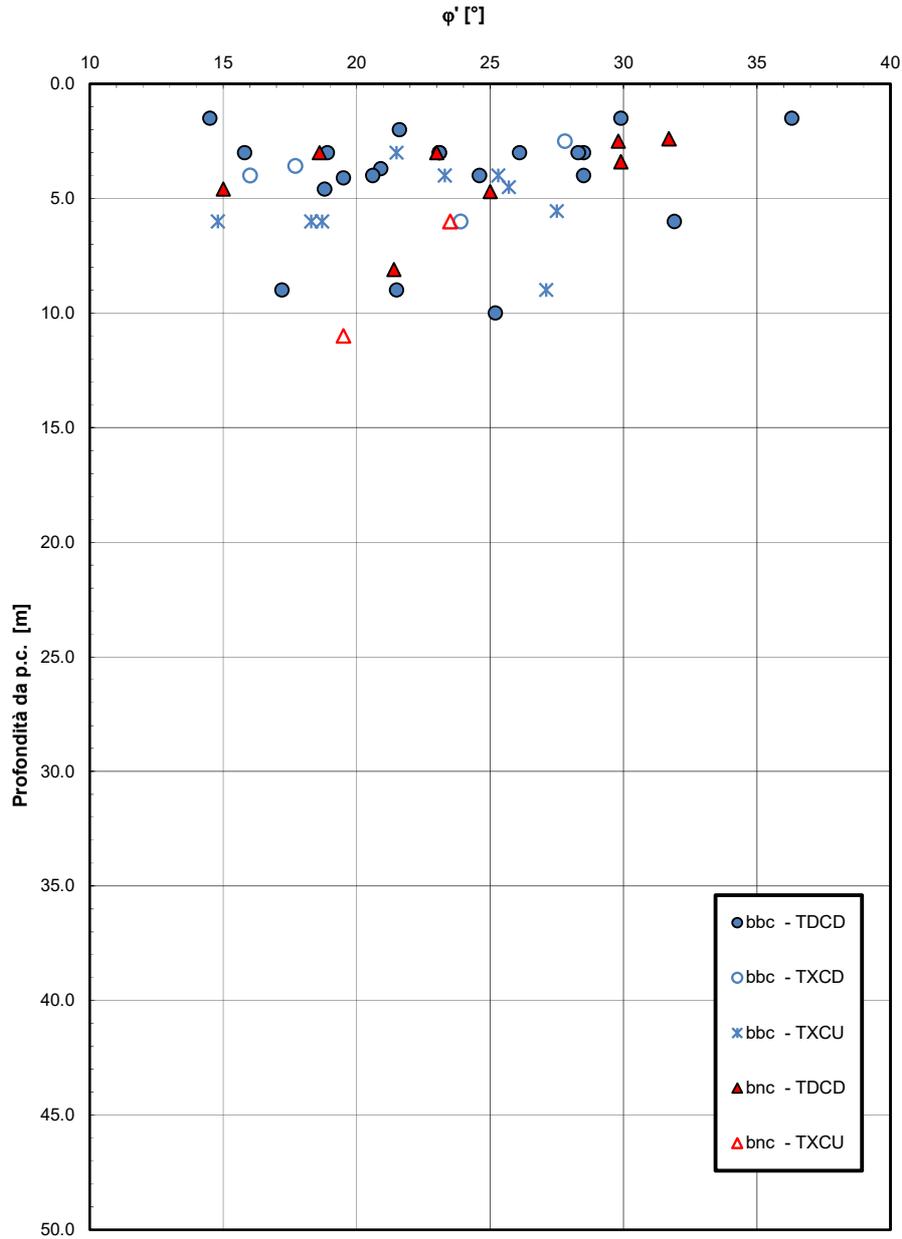


Figura 20 – Andamento dell'angolo di resistenza al taglio con la profondità – Unità bbc, bnc

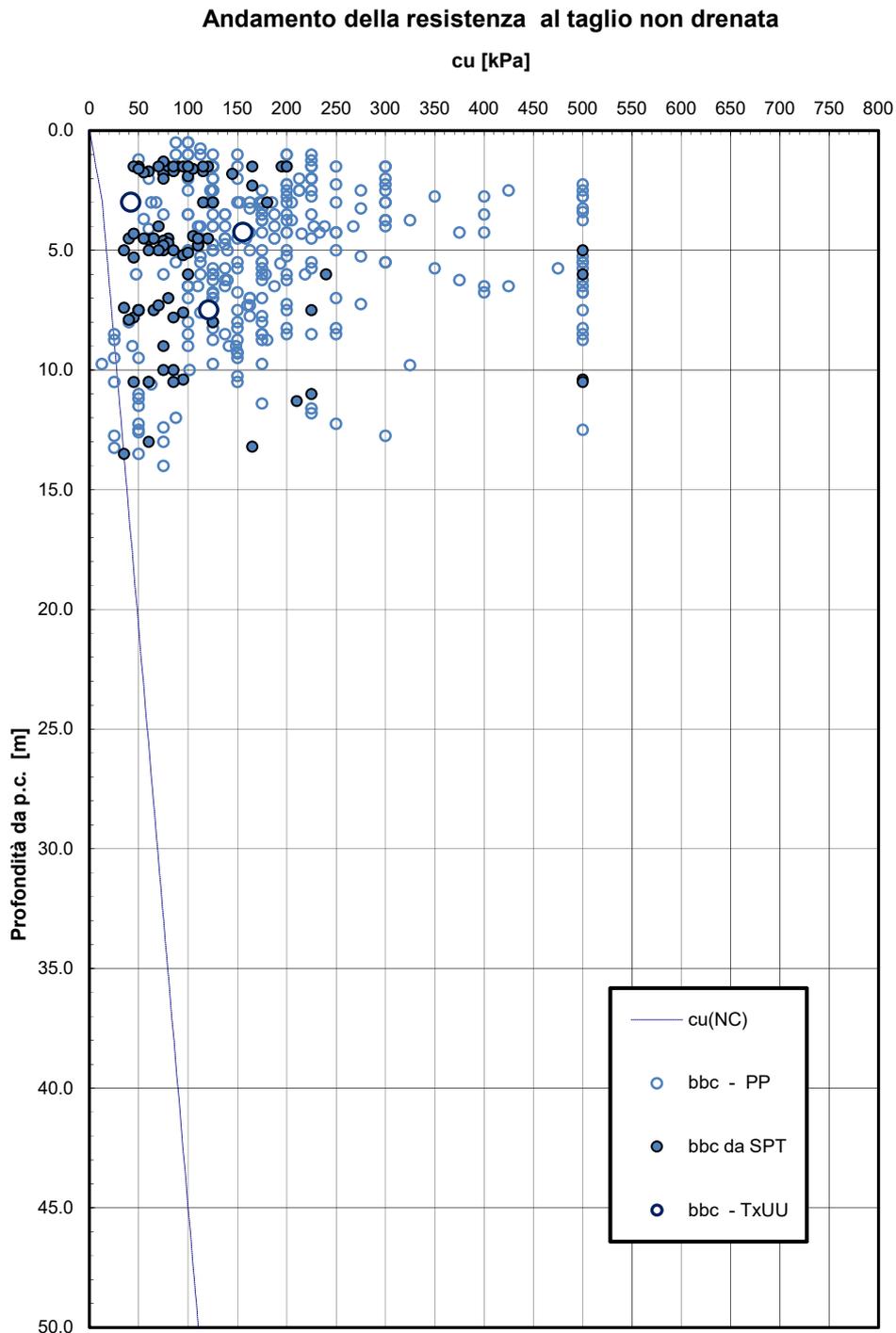


Figura 21 – Resistenza al taglio non drenata – unità bbc

Andamento della resistenza al taglio non drenata

cu [kPa]

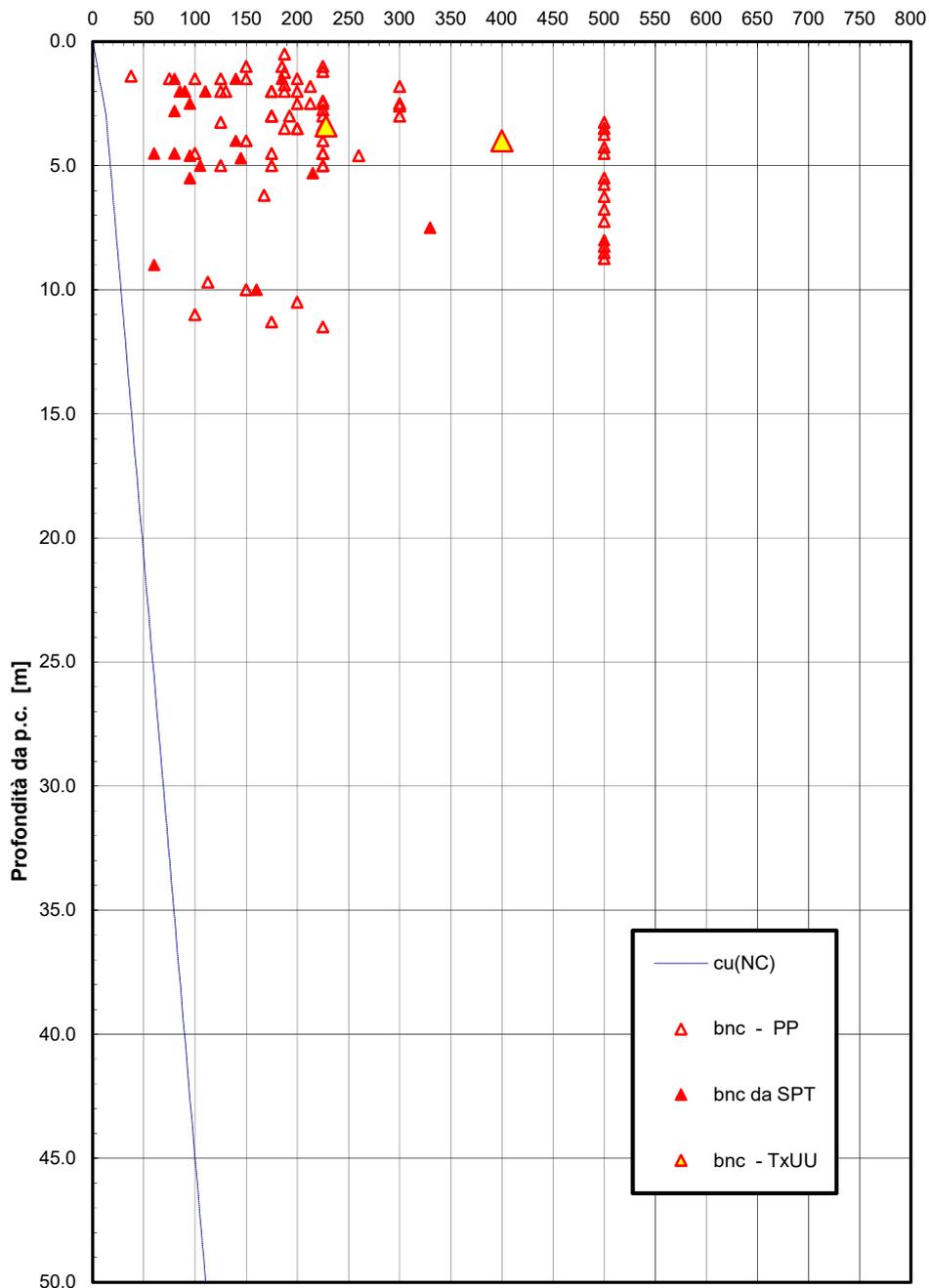


Figura 22 – Resistenza al taglio non drenata – unità bnc

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

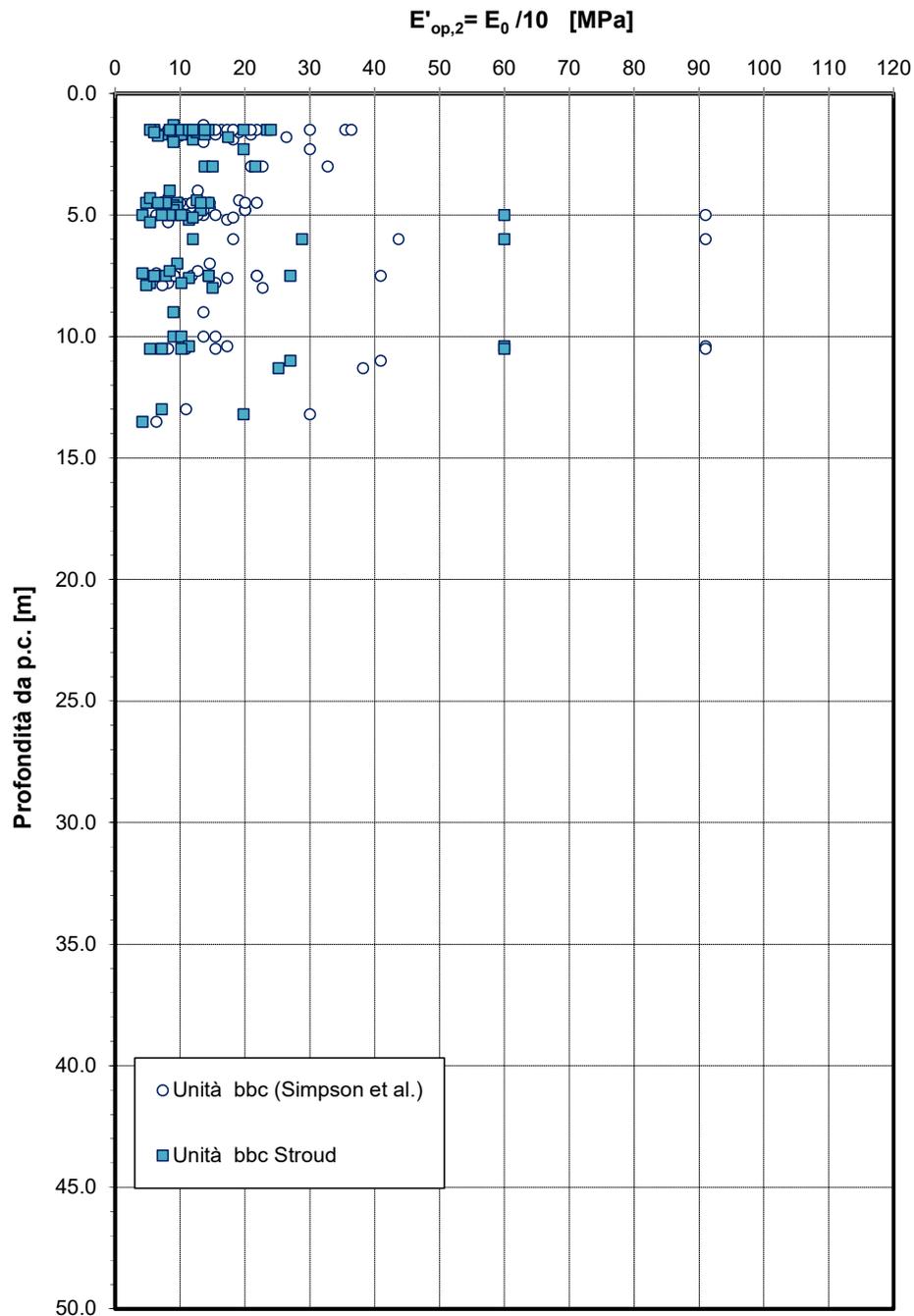


Figura 23 – Modulo di deformazione elastico operativo (Stroud, 1974) – unità bbc

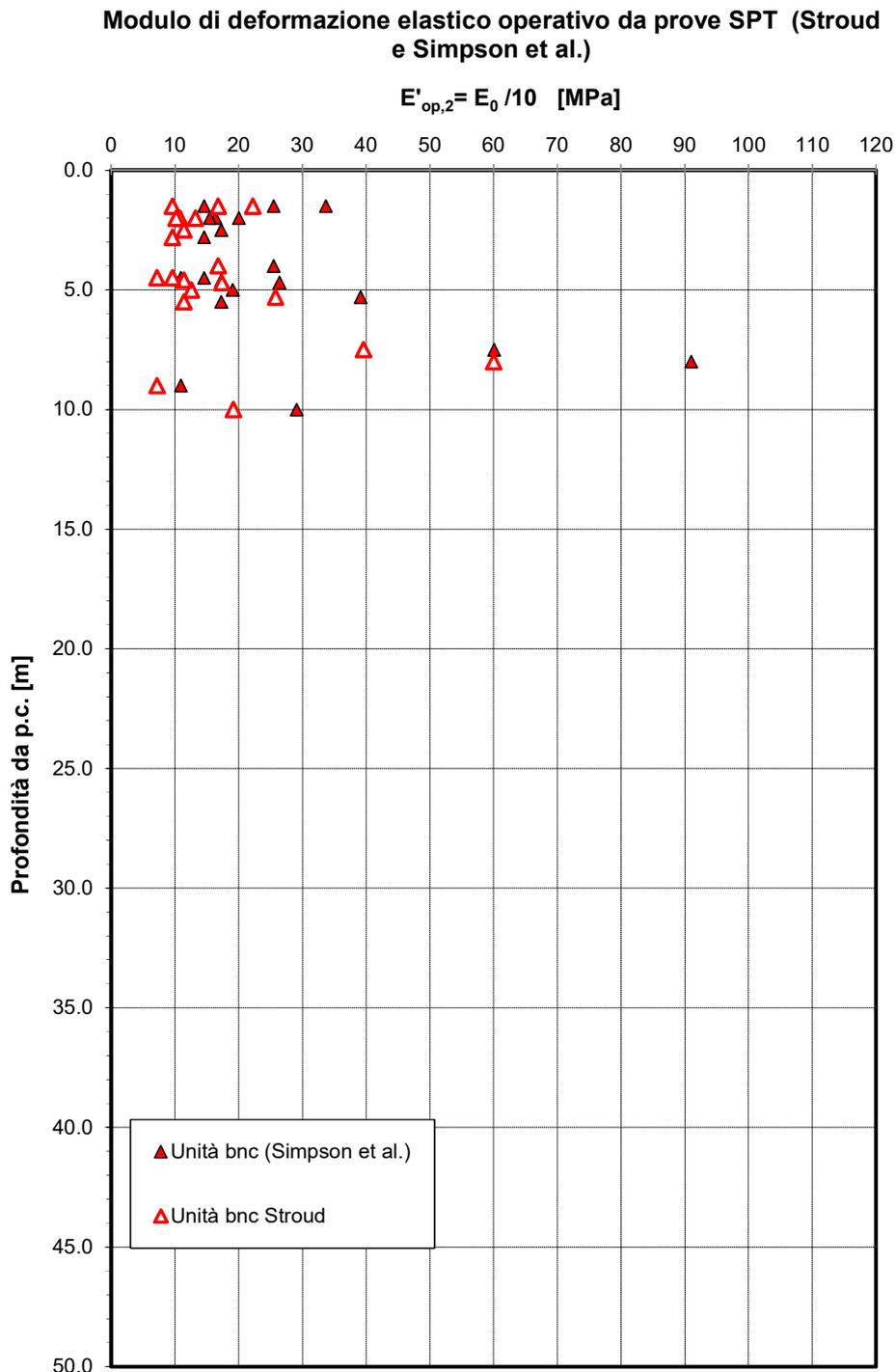


Figura 24 – Modulo di deformazione elastico operativo (Stroud, 1974) – unità bnc

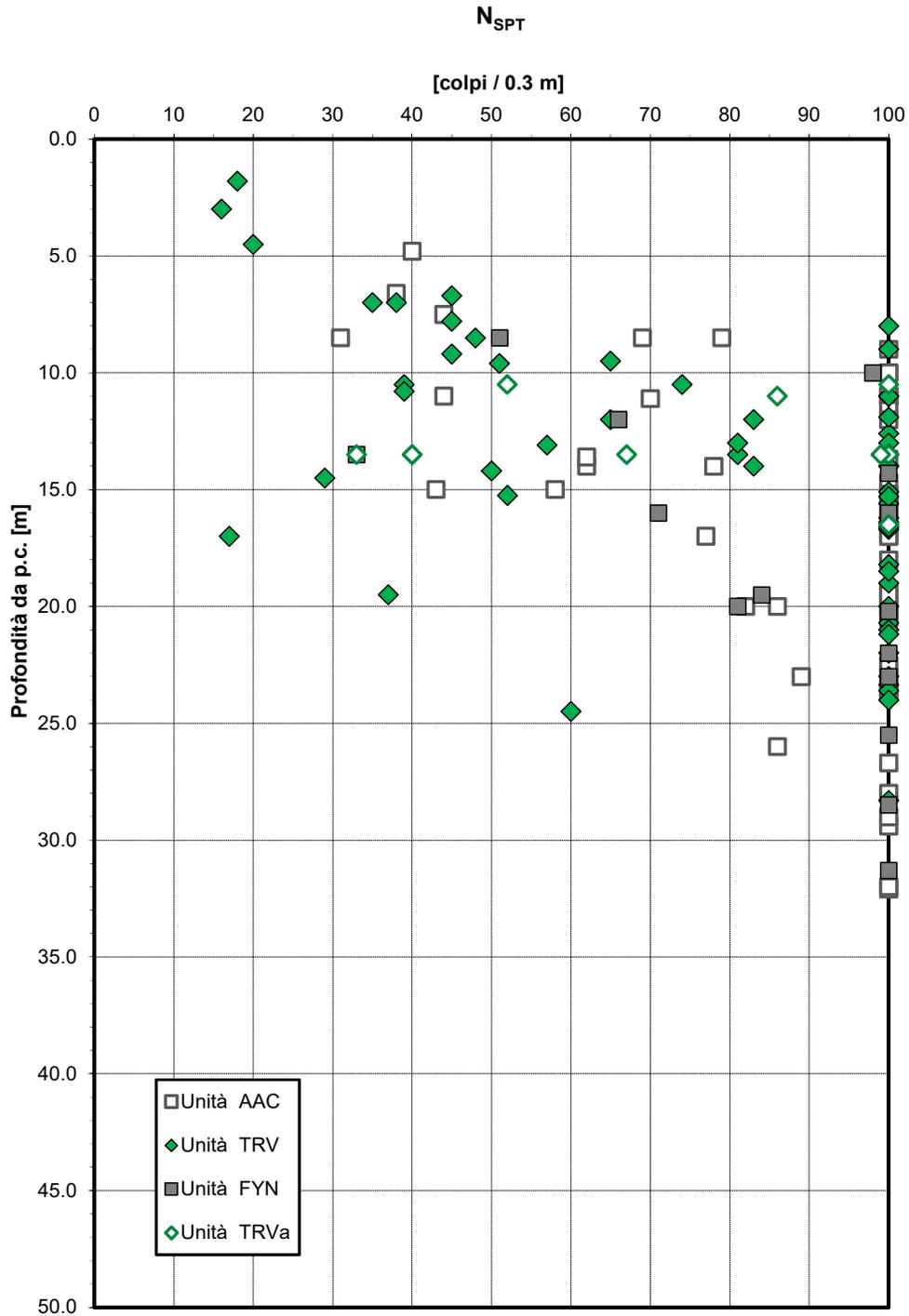


Figura 25 – Valori di N_{SPT} – unità AAC, TRV, TRVa, FYN

Granulometria unità AAC

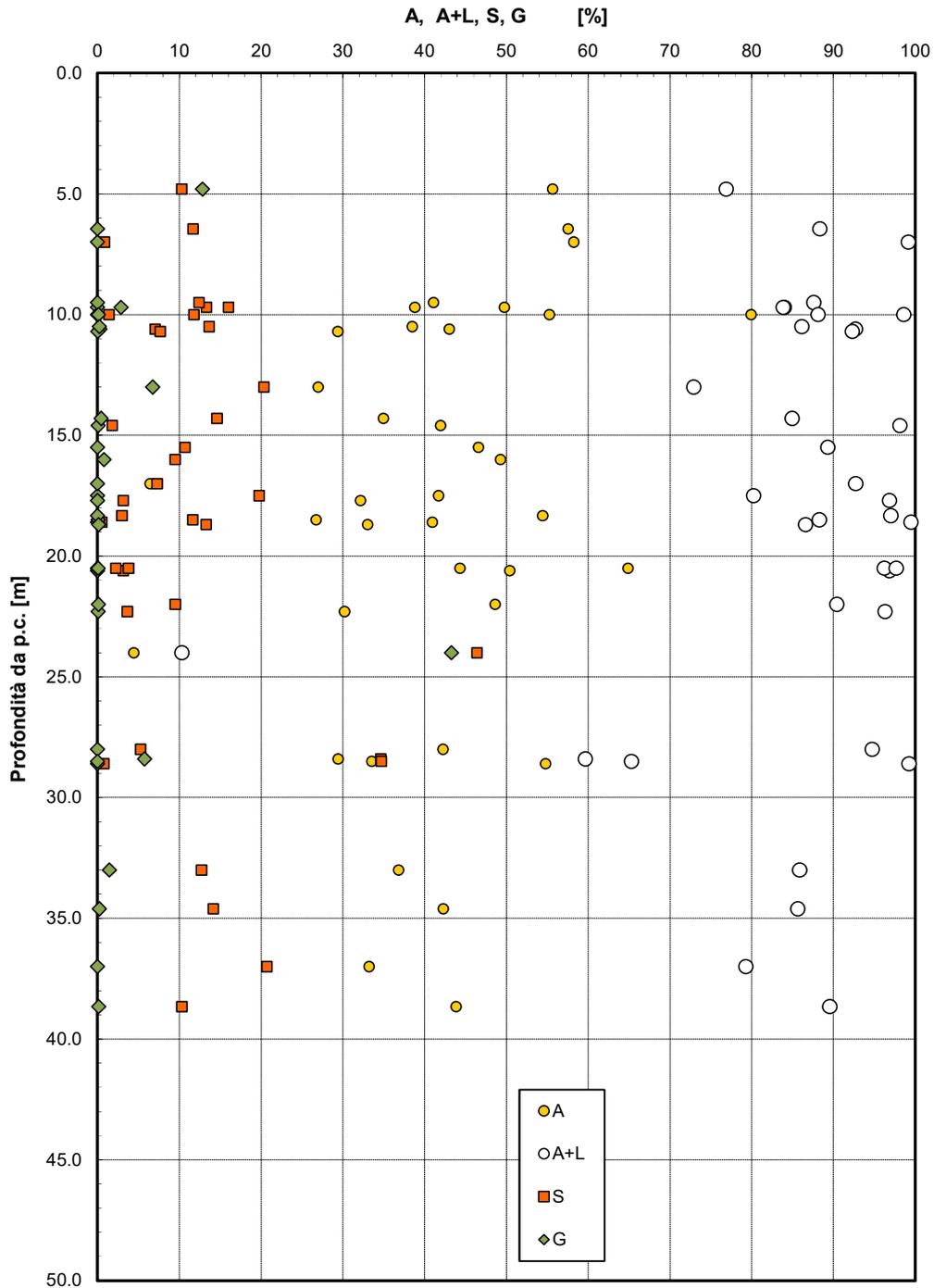


Figura 26 – Analisi granulometrica – Unità AAC

Granulometria unità TRV

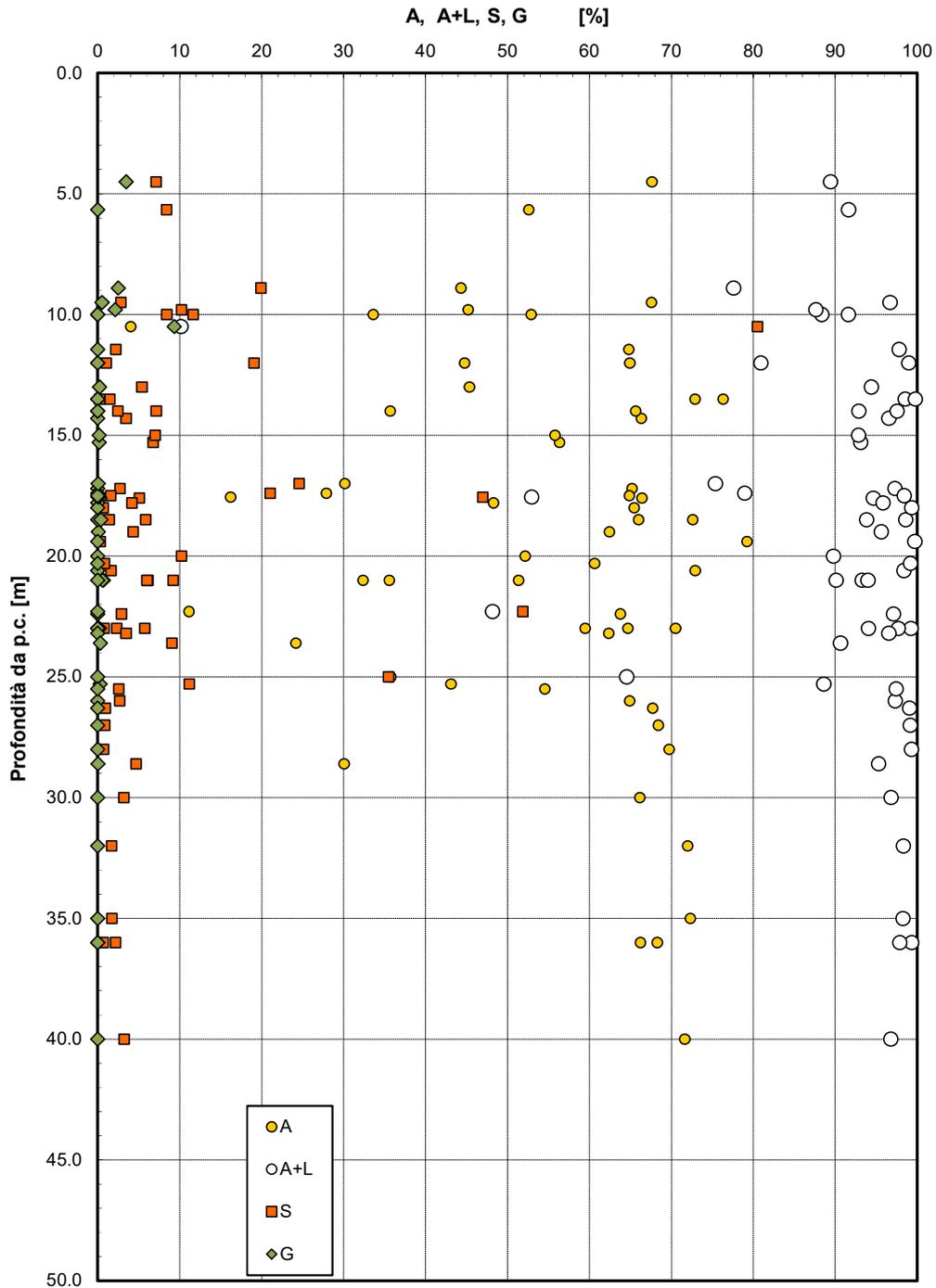


Figura 27 – Analisi granulometrica – Unità TRV

Granulometria unità TRVa

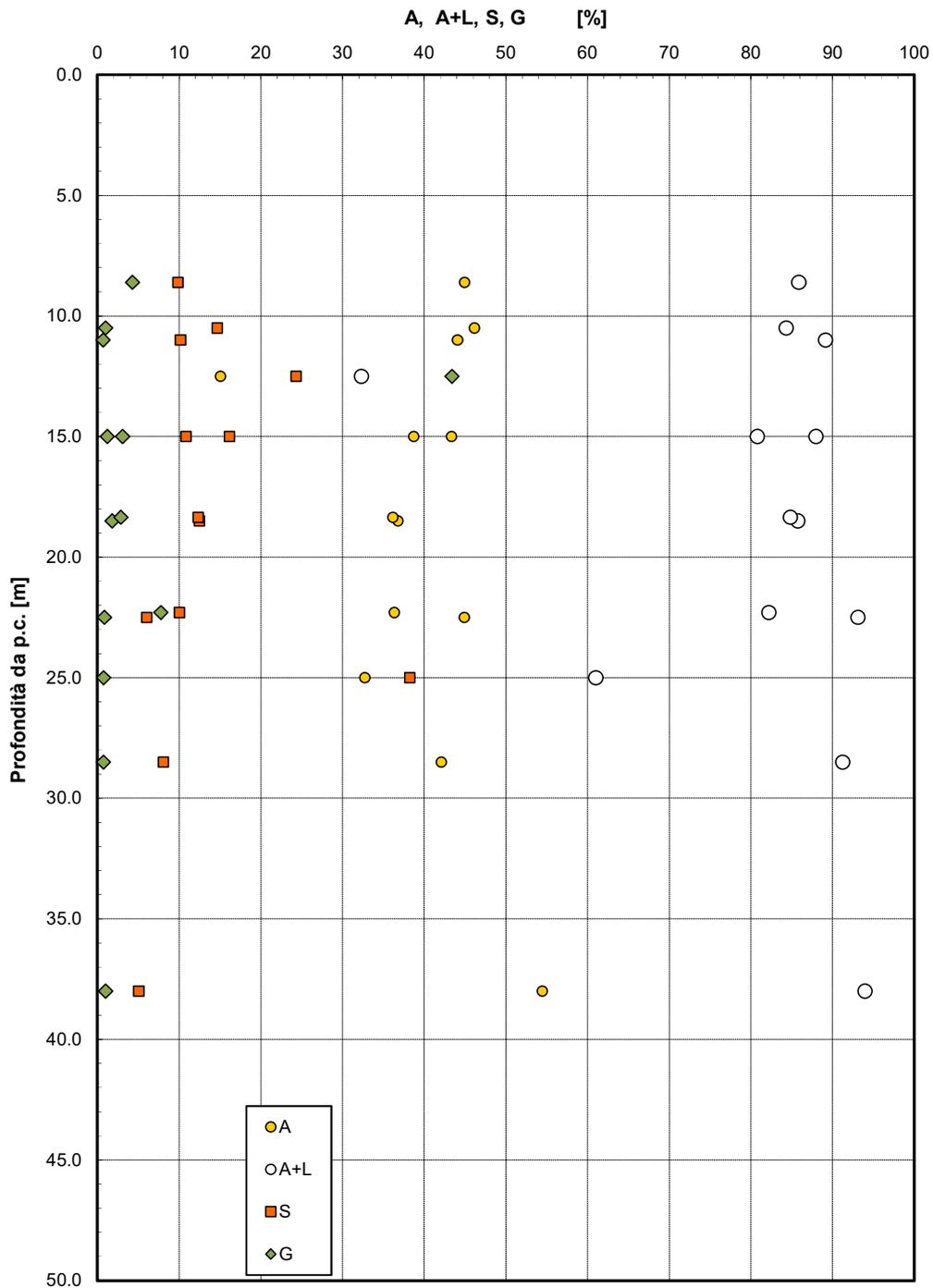


Figura 28 – Analisi granulometrica – Unità TRVa

Granulometria unità FYN

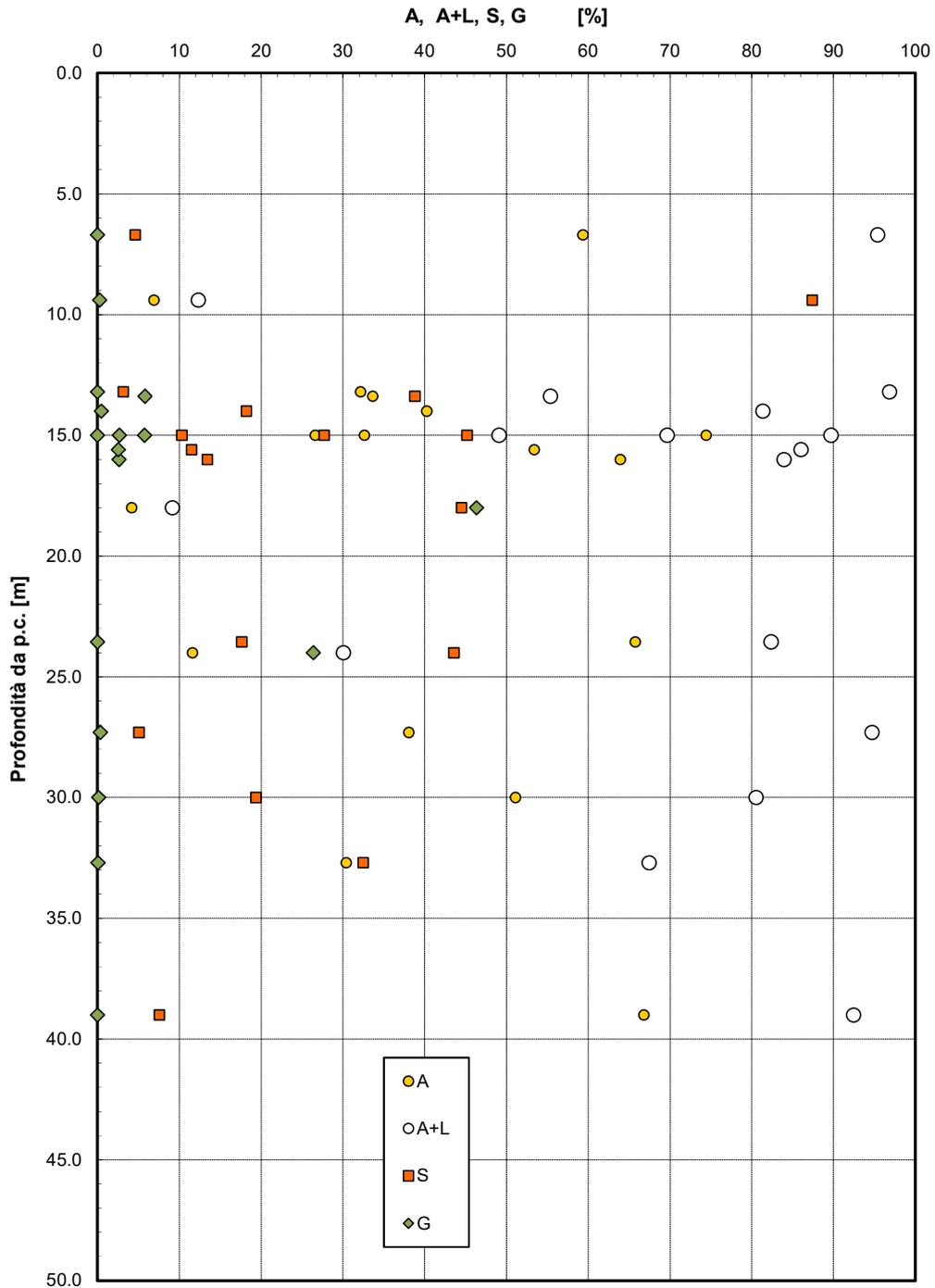


Figura 29 – Analisi granulometrica – Unità FYN

Limiti di Atterberg - Formazioni di base

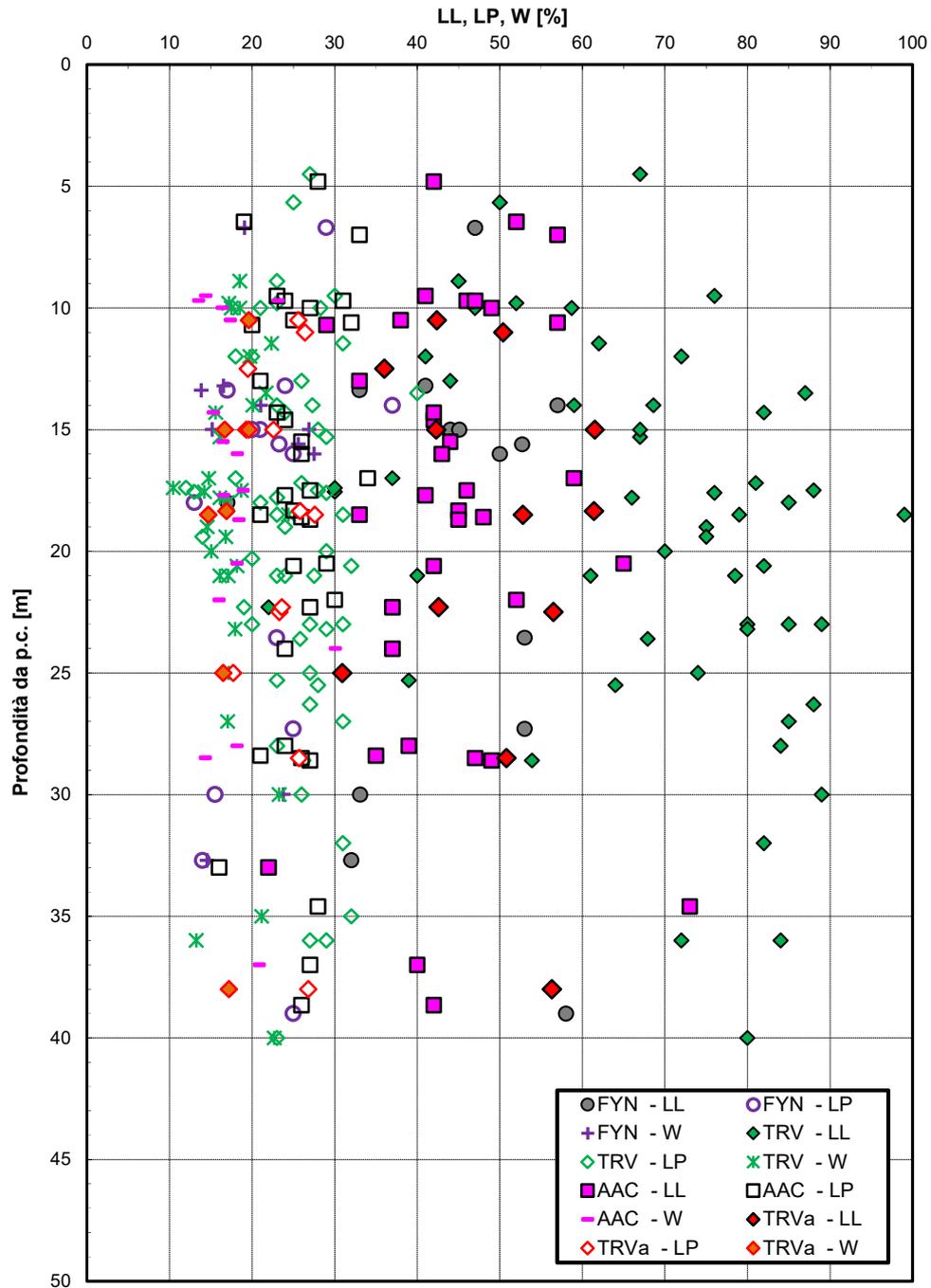


Figura 30 – Contenuto naturale d’acqua e limiti di consistenza – Unità AAC, FYN, TRV, TRVa

Carta di Plasticità di Casagrande - Formazioni di base

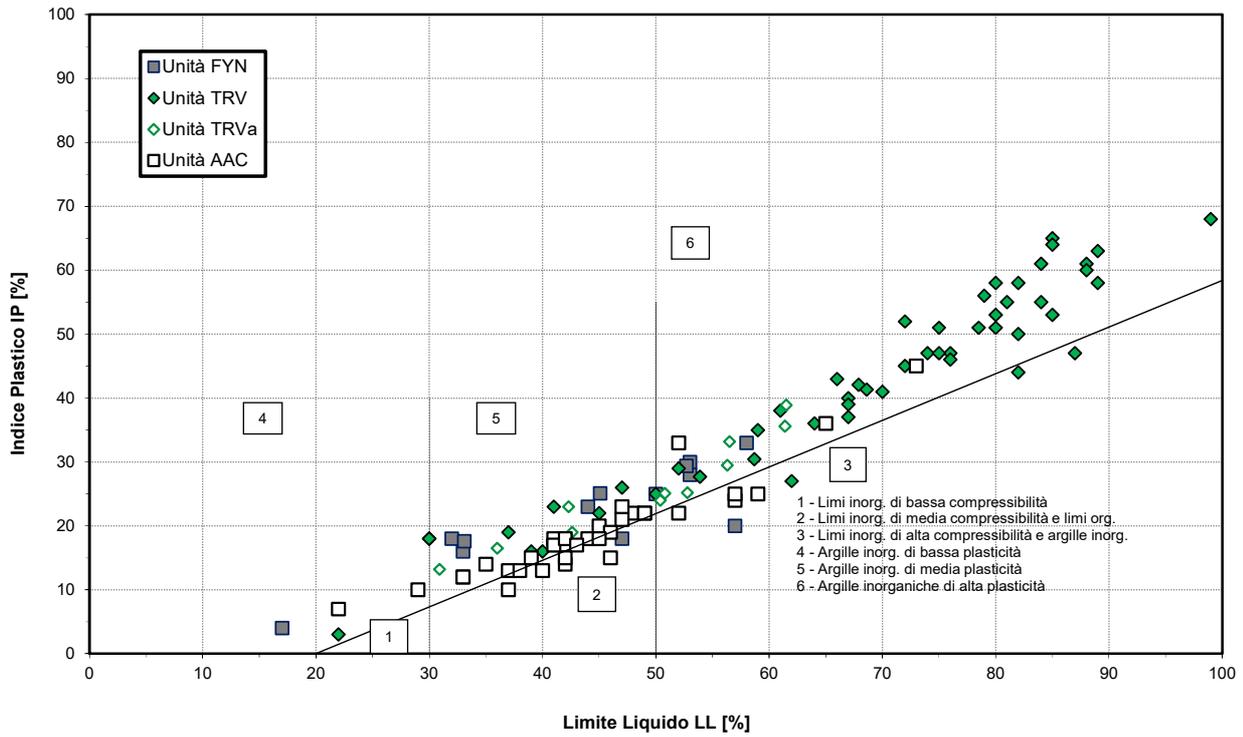


Figura 31 – Carta di plasticità di Casagrande – Unità AAC, FYN, TRV, TRVa

Andamento dell'indice di consistenza

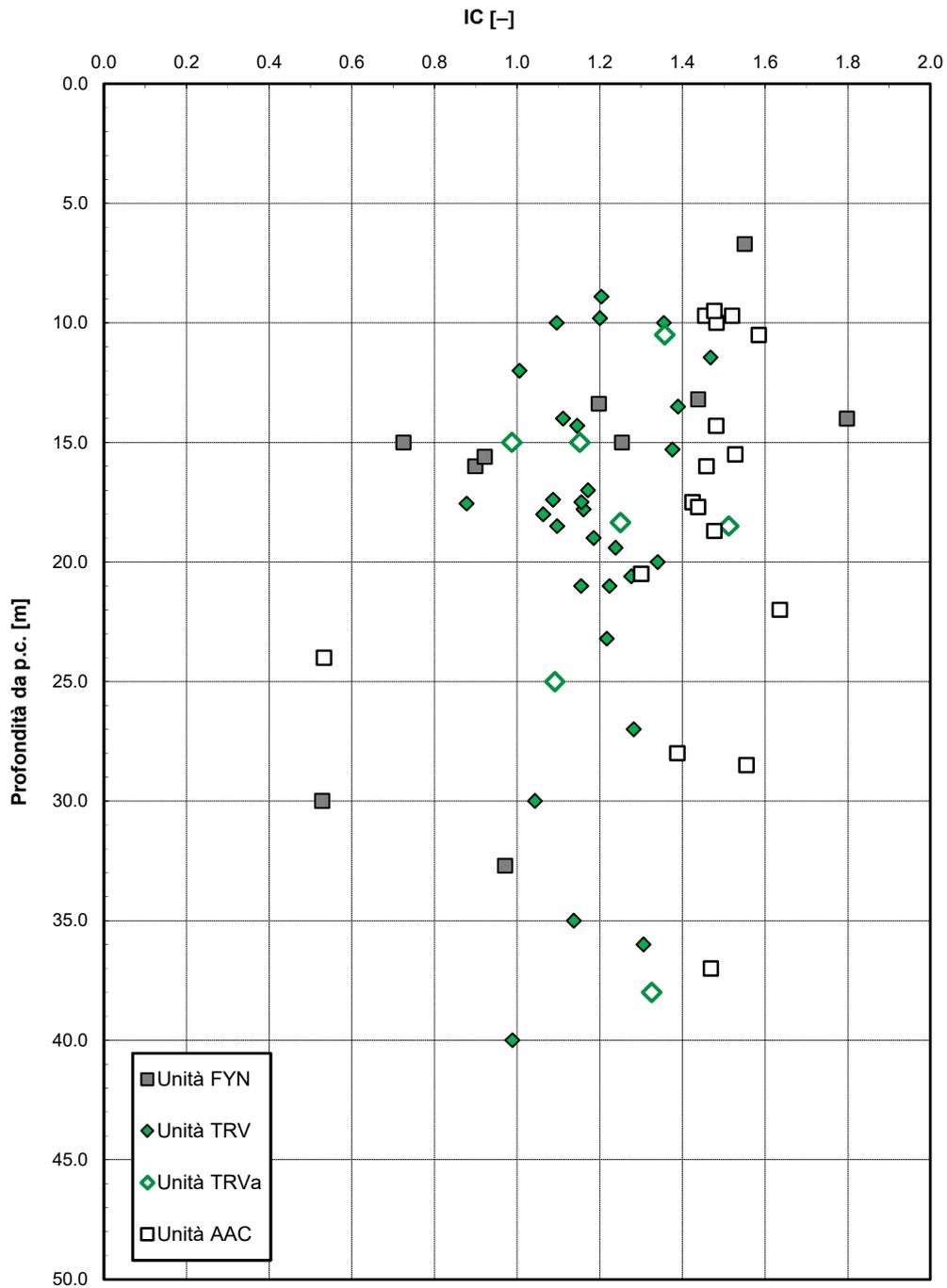


Figura 32 – Indice di consistenza – Unità AAC, FYN, TRV, TRVa

Andamento dell'indice plastico

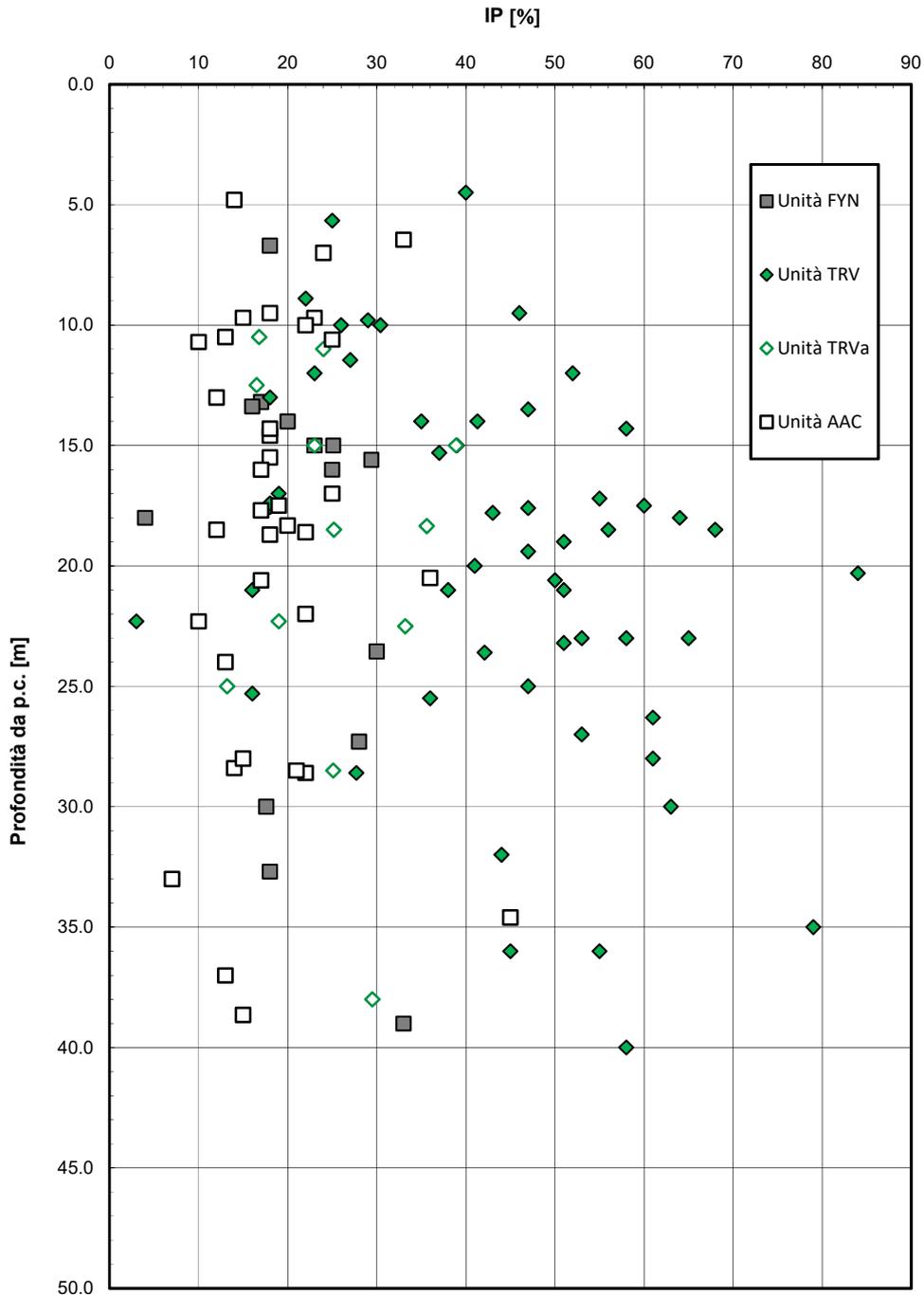


Figura 33 – Indice di plasticità – Unità AAC, FYN, TRV, TRVa

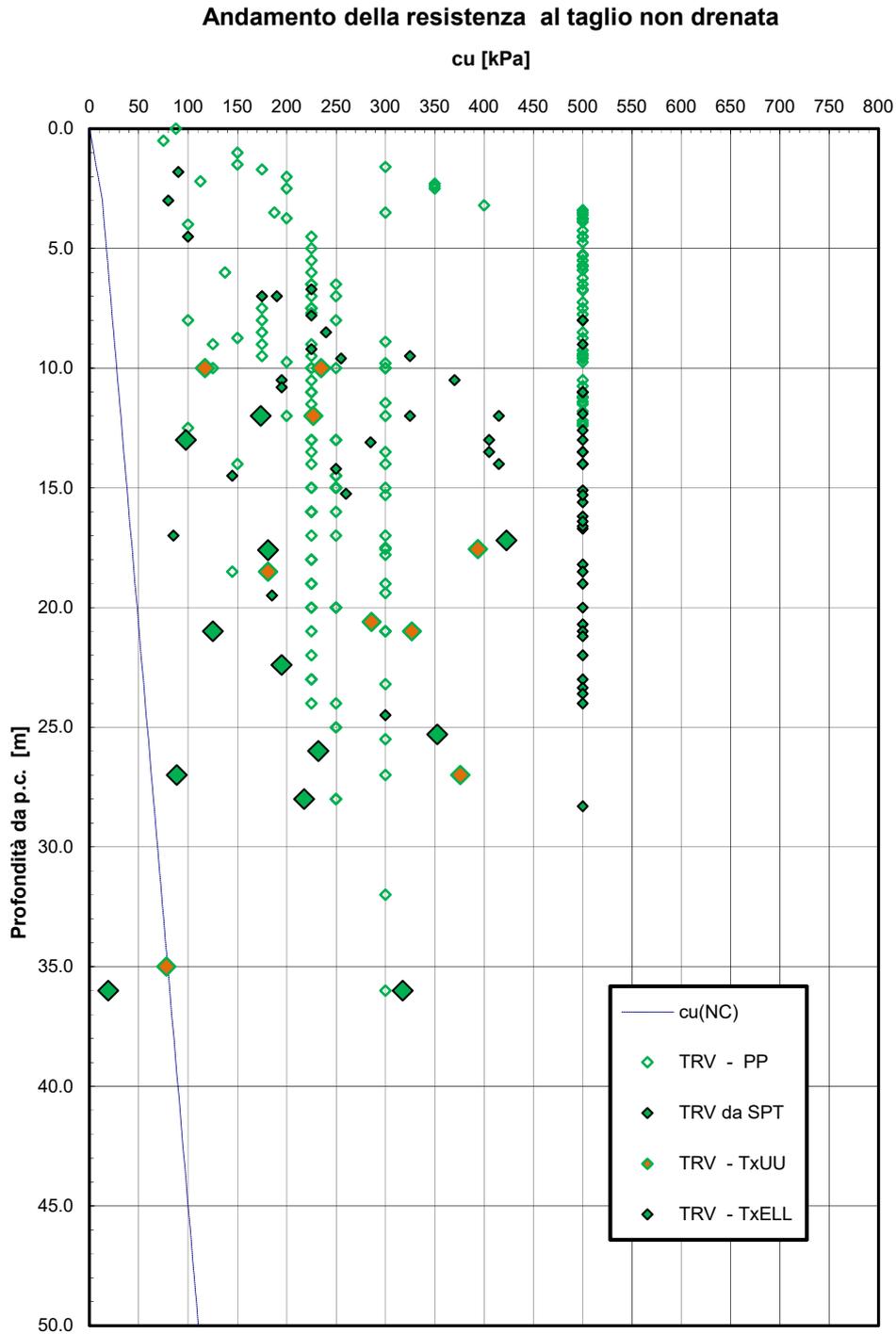


Figura 34 – Resistenza al taglio non drenata – Unità TRV

Andamento della coesione con la profondità

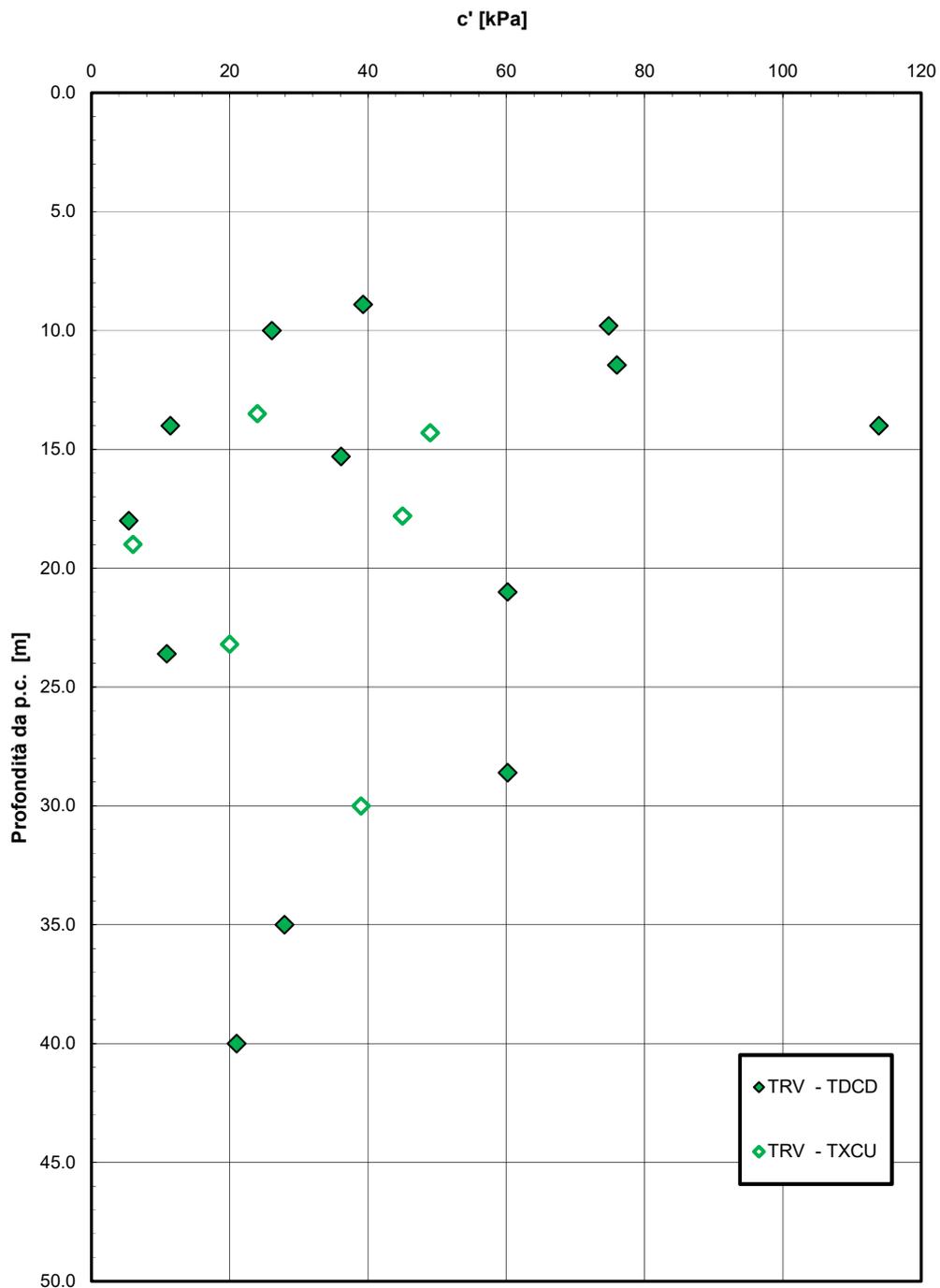


Figura 35 – Andamento della coesione con la profondità –Unità TRV

Andamento della resistenza al taglio con la profondità

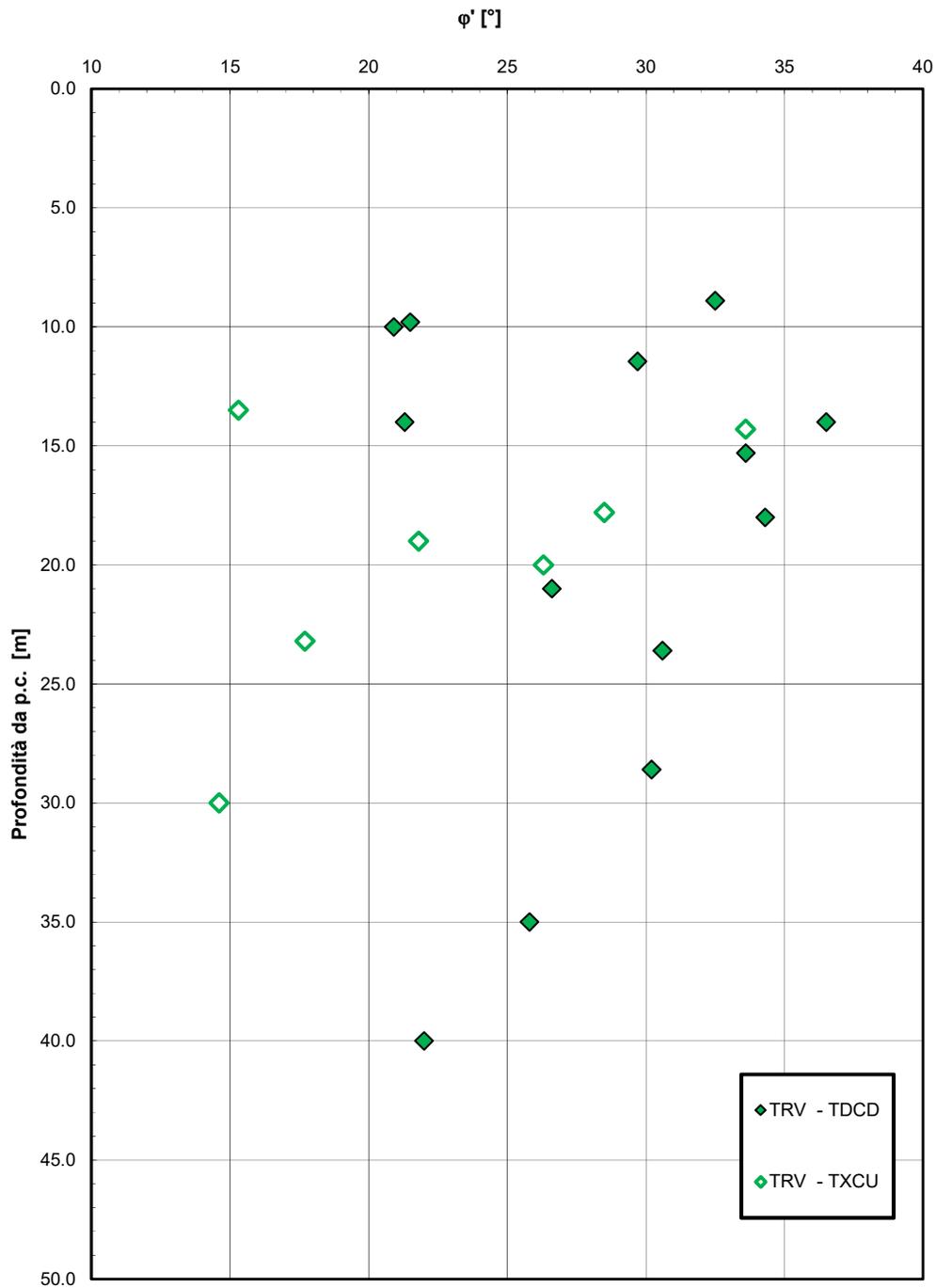


Figura 36 – Andamento della resistenza al taglio con la profondità –Unità TRV

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

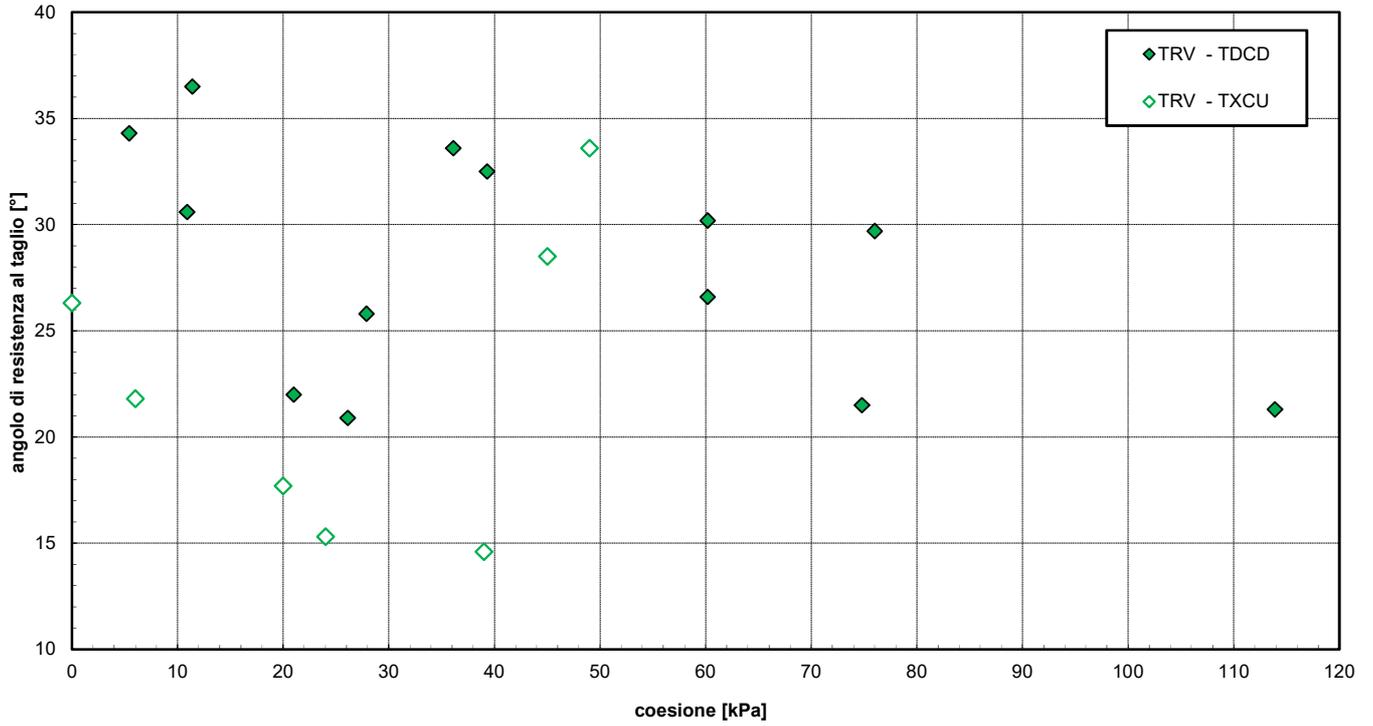


Figura 37 – Resistenza al taglio e coesione drenata (laboratorio) –Unità TRV

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

$$E'_{op,2} = E_0 / 10 \text{ [MPa]}$$

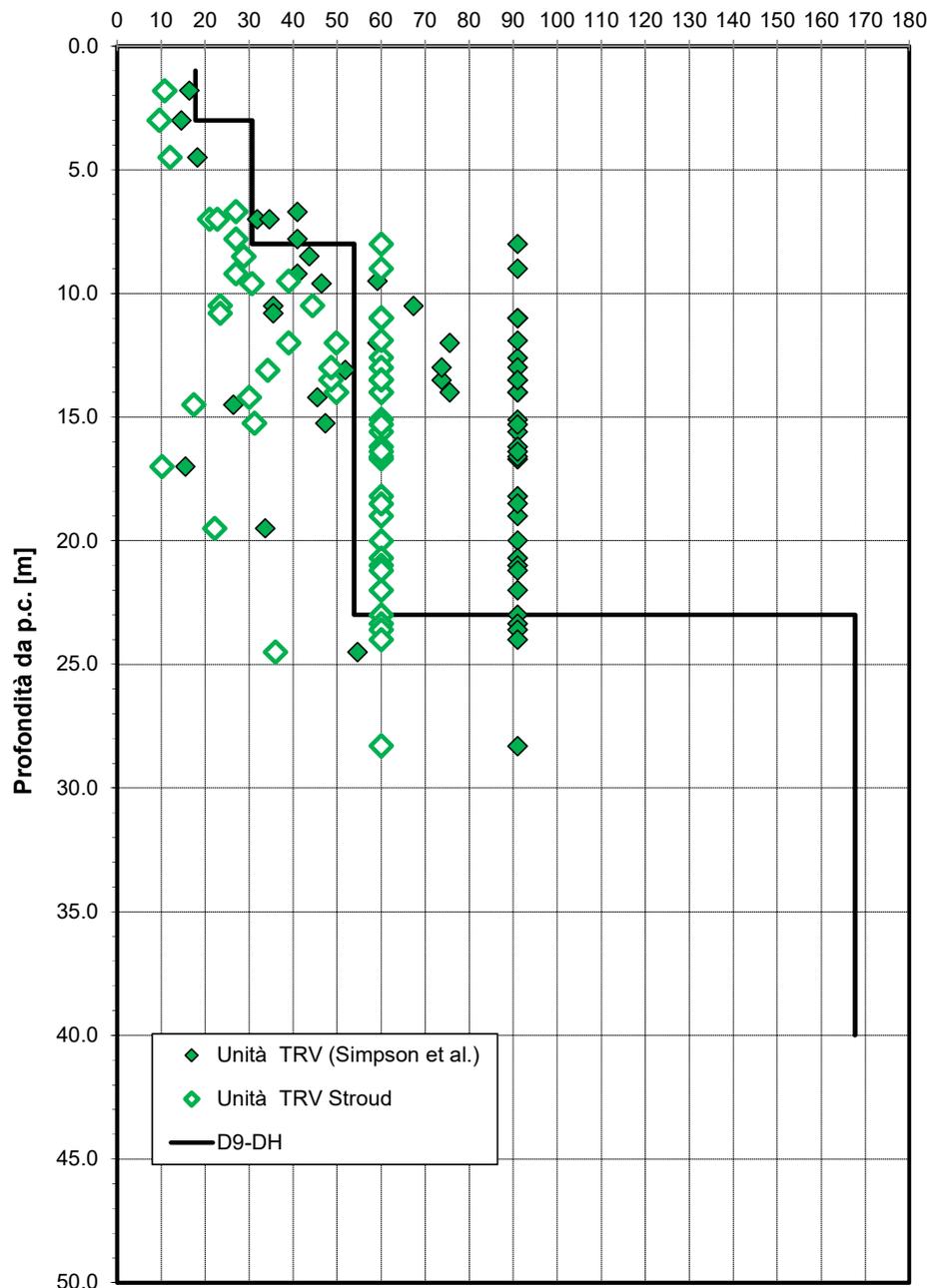


Figura 38 – Modulo di deformazione elastico operativo da SPT e DH –Unità TRV

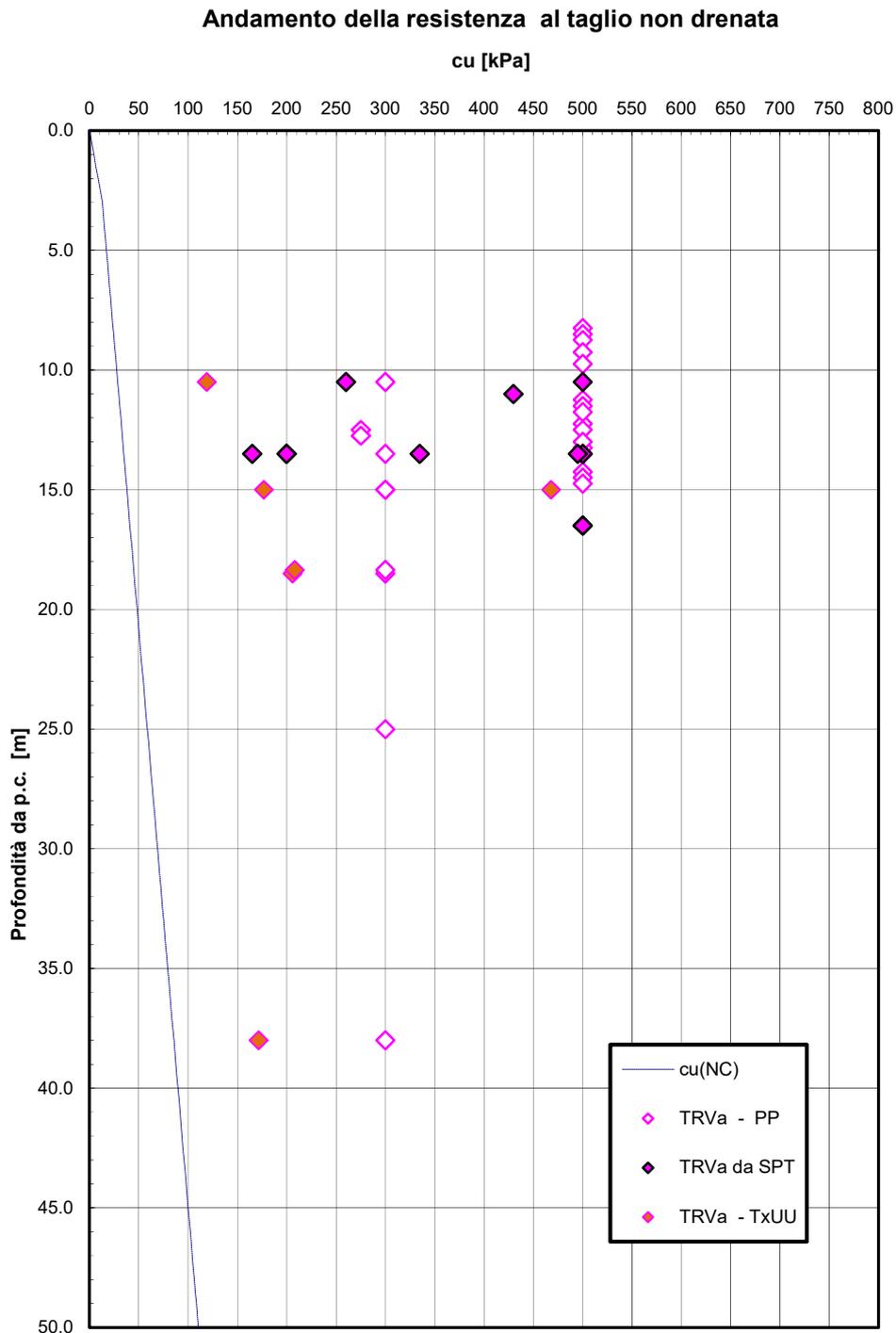


Figura 39 – Resistenza al taglio non drenata –Unità TRVa

Andamento della coesione con la profondità

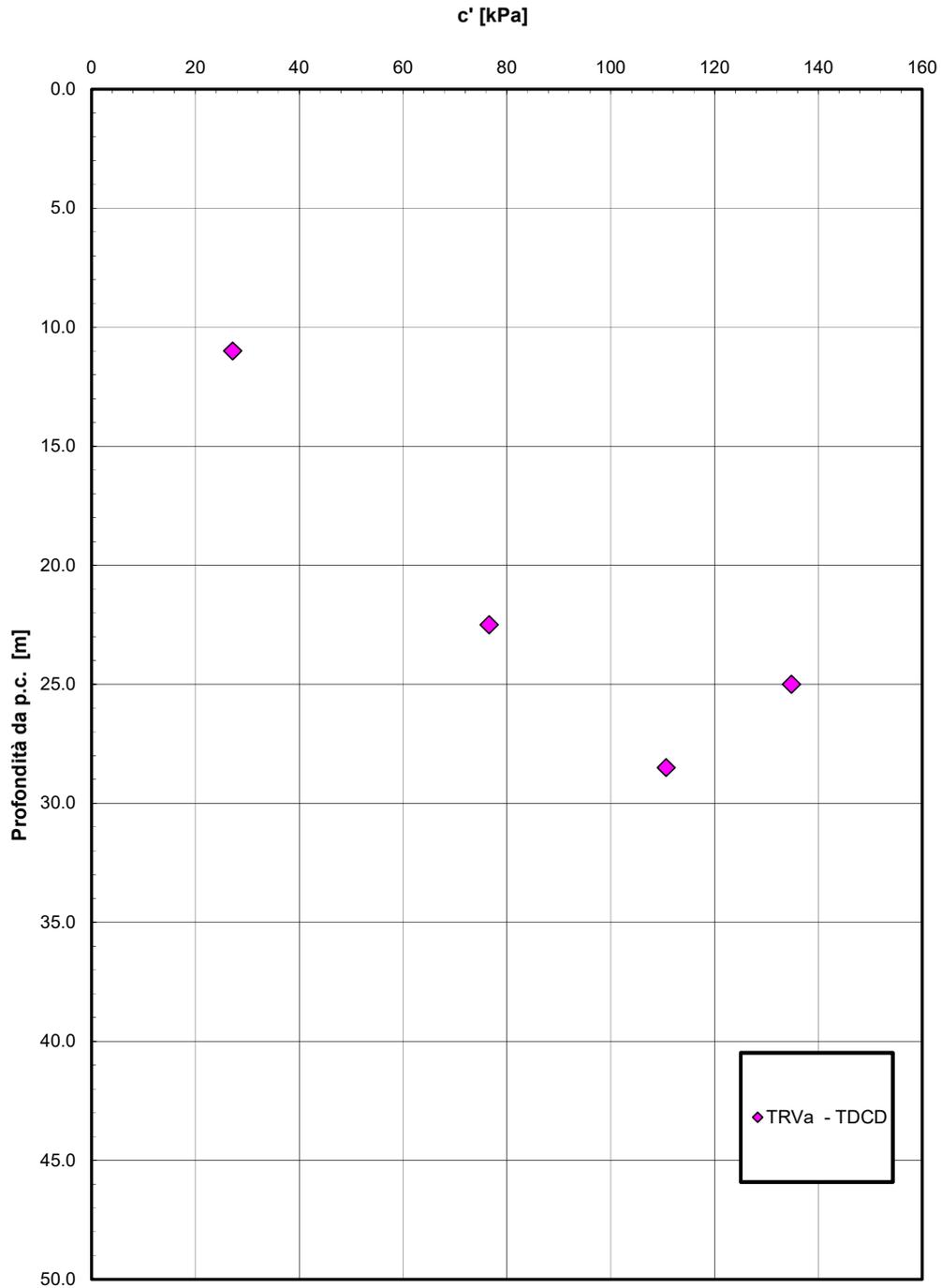


Figura 40 – Andamento della coesione con la profondità –Unità TRVa

Andamento della resistenza al taglio con la profondità

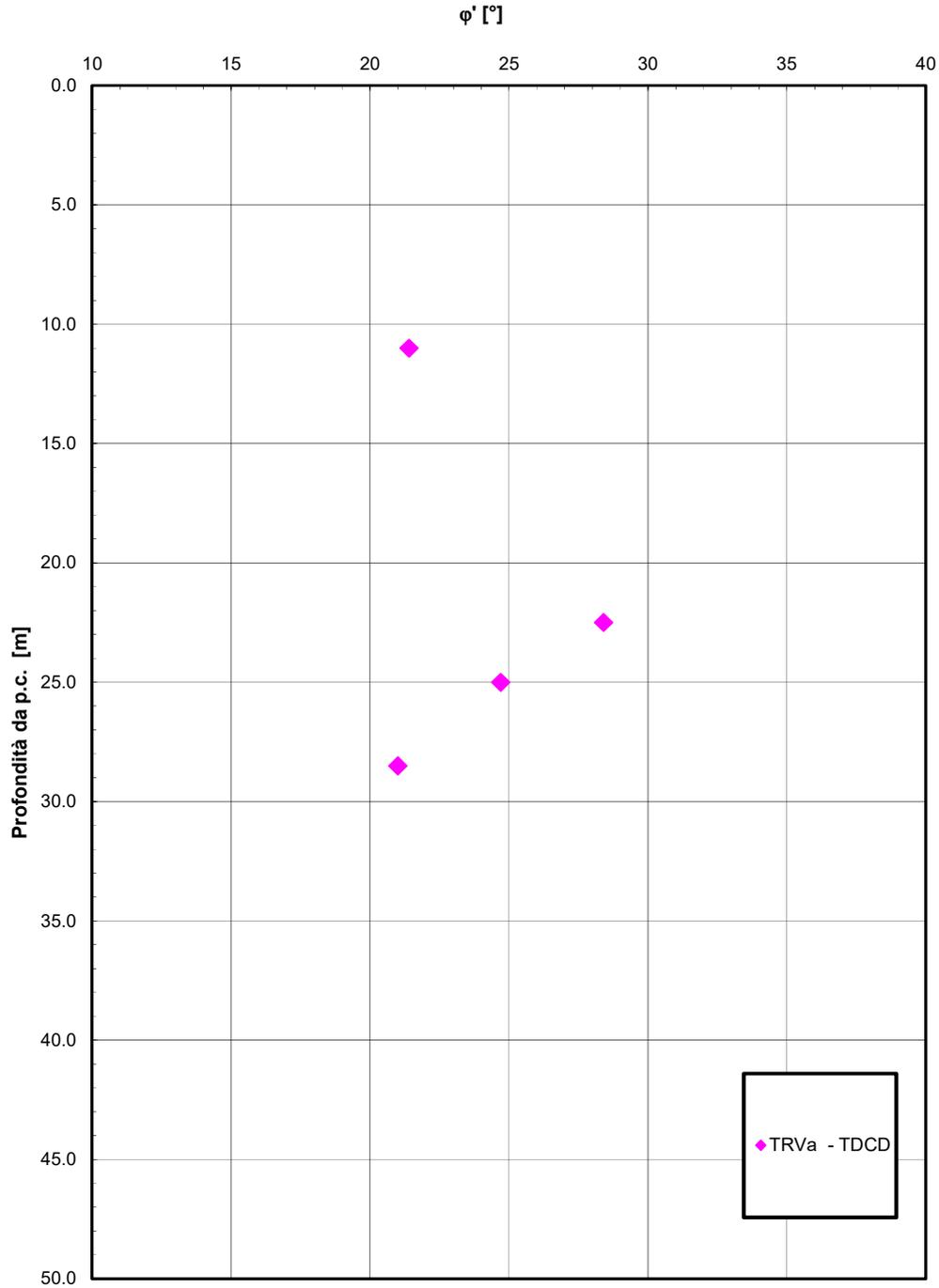


Figura 41 – Andamento della resistenza al taglio con la profondità –Unità TRVa

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

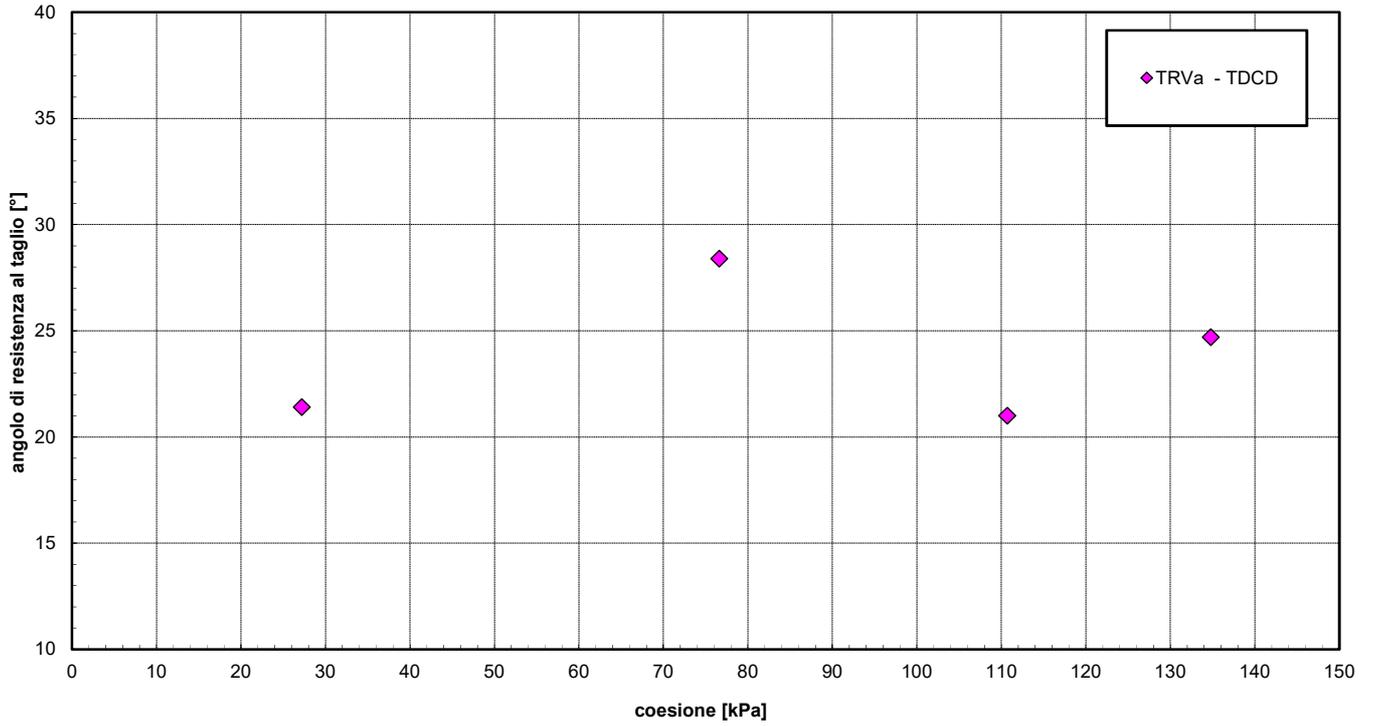


Figura 42 – Resistenza al taglio e coesione drenata (laboratorio) –Unità TRVa

Andamento della resistenza al taglio non drenata

cu [kPa]

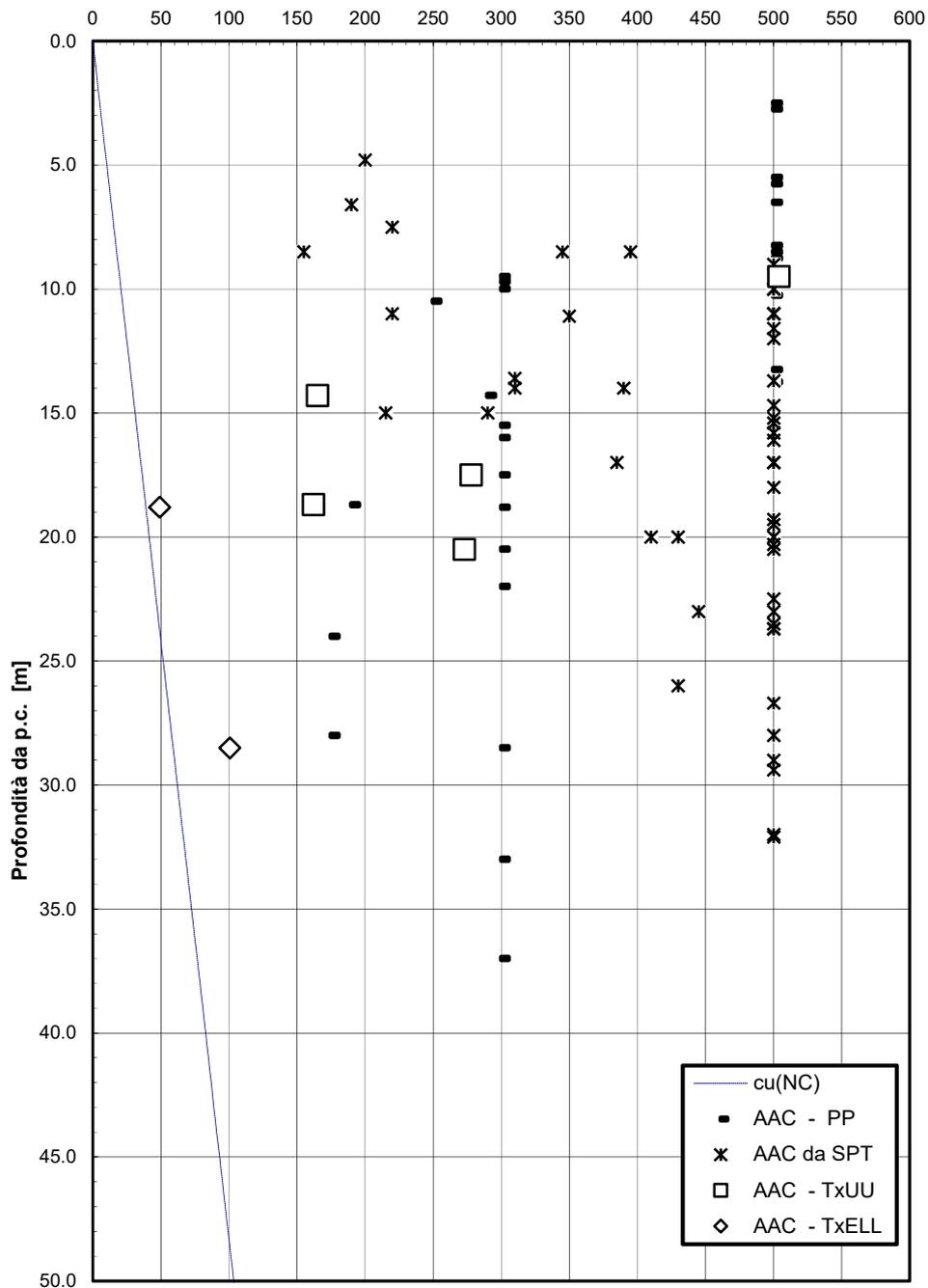


Figura 43 – Resistenza al taglio non drenata –Unità AAC

Andamento della coesione con la profondità

c' [kPa]

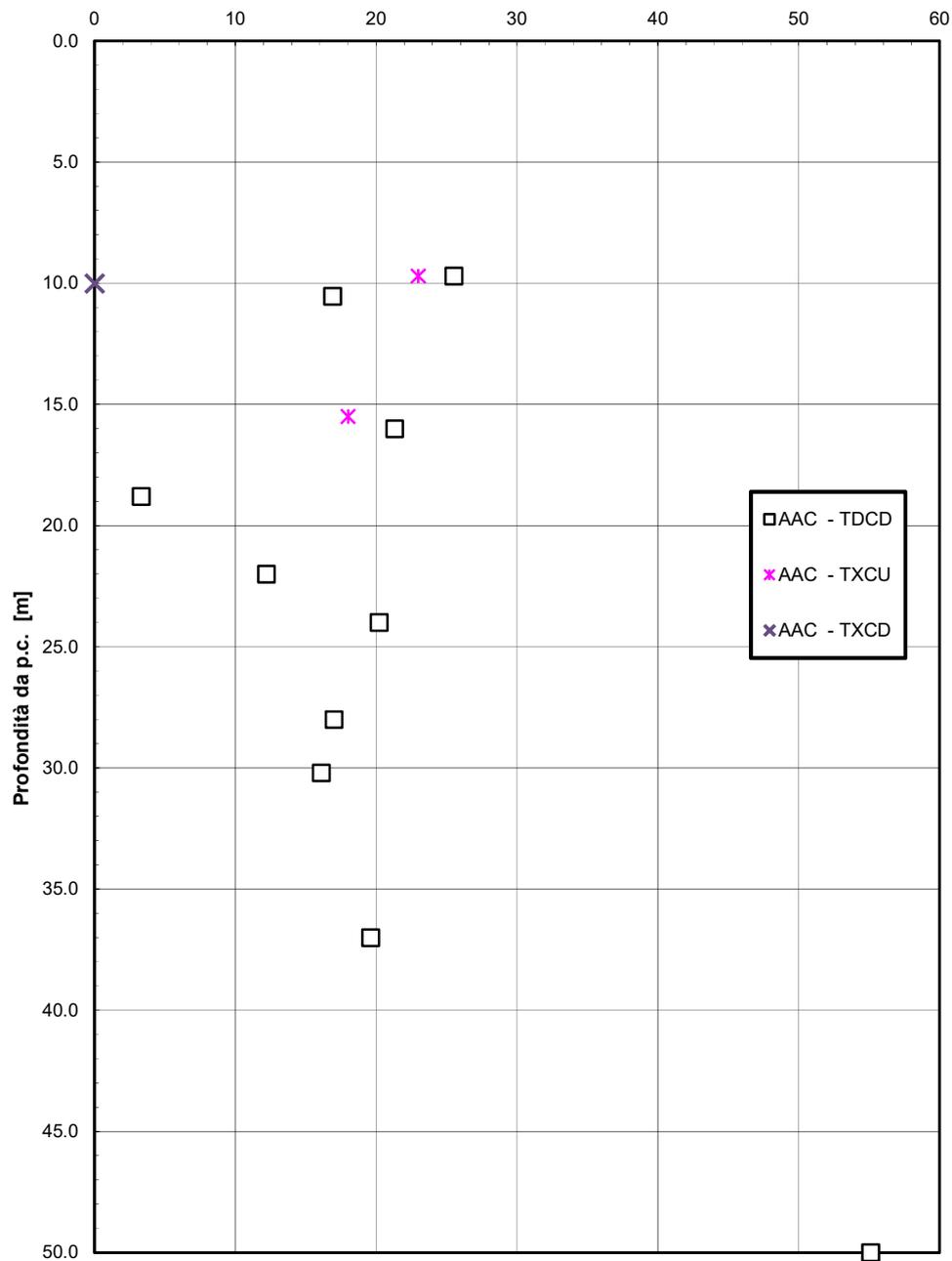


Figura 44 – Andamento della coesione con la profondità –Unità AAC

Andamento della resistenza al taglio con la profondità

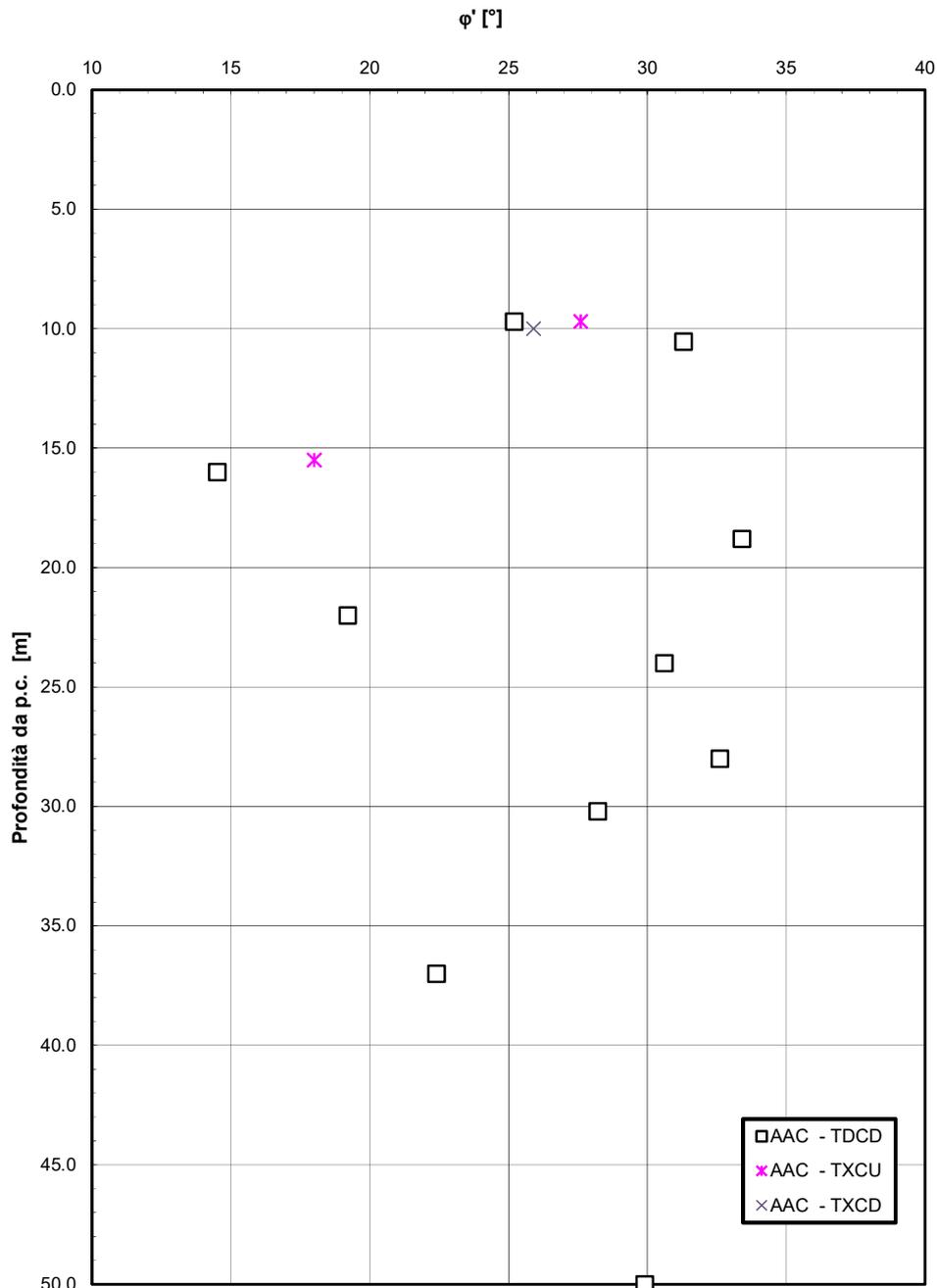


Figura 45 – Andamento della resistenza al taglio con la profondità –Unità AAC

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

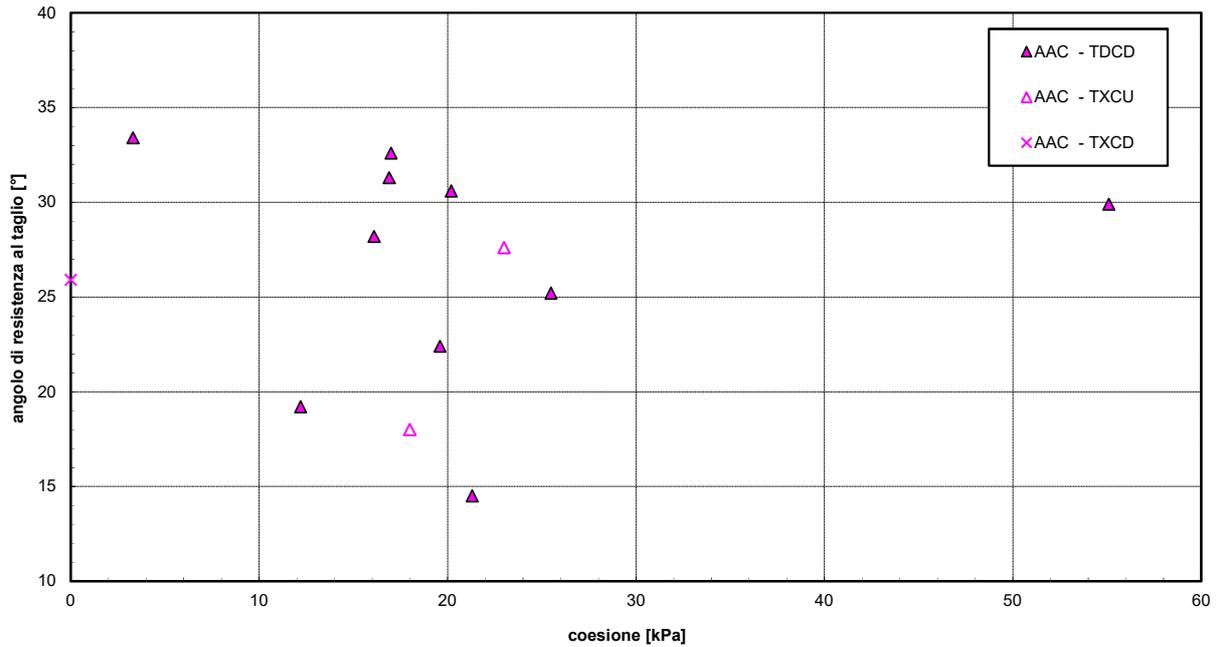


Figura 46 – Resistenza al taglio e coesione drenata (laboratorio) –Unità AAC

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

$$E'_{op,2} = E_0 / 10 \text{ [MPa]}$$

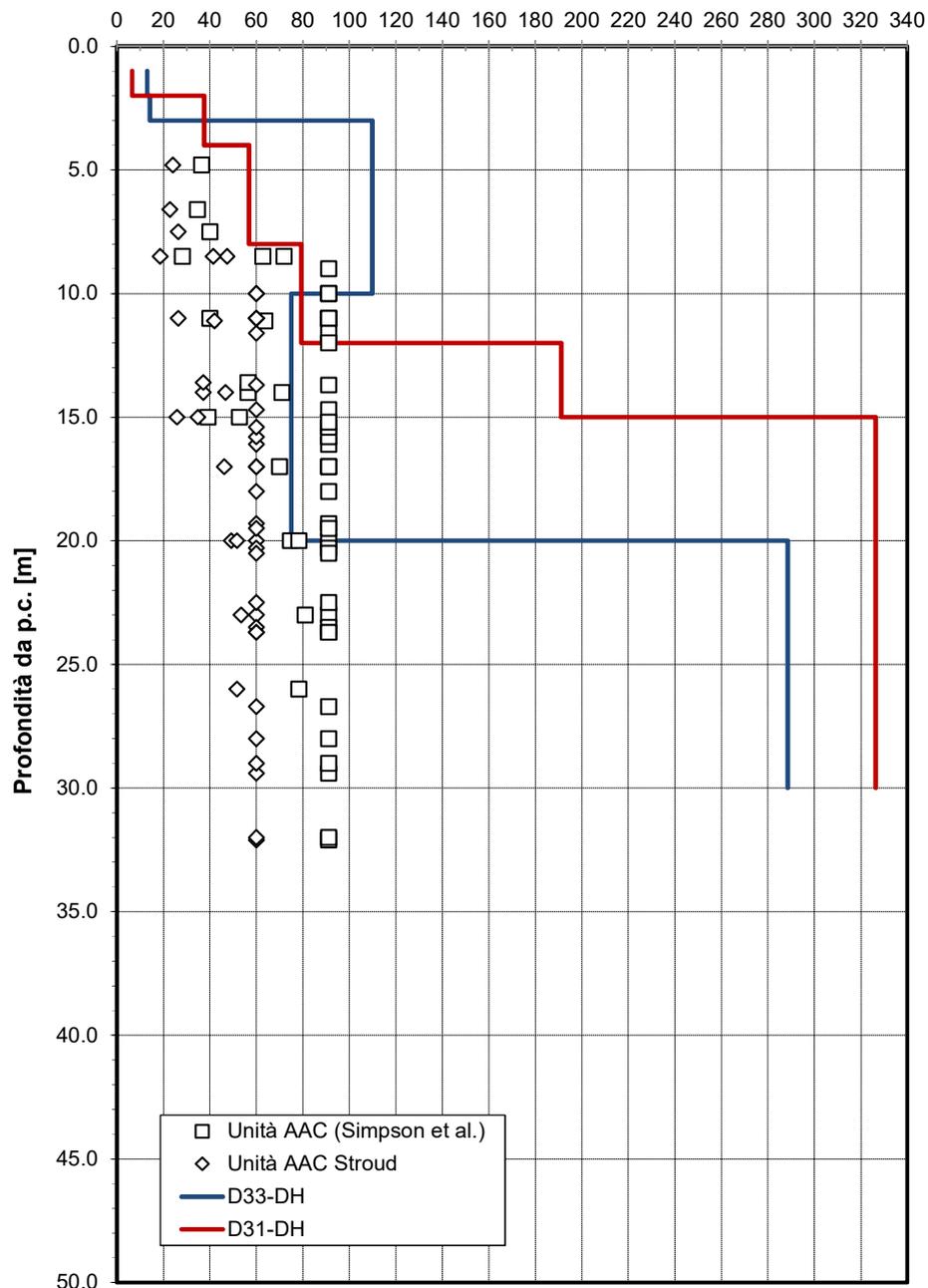


Figura 47 – Modulo di deformazione operativo da SPT e DH –Unità AAC

Andamento della resistenza al taglio non drenata

cu [kPa]

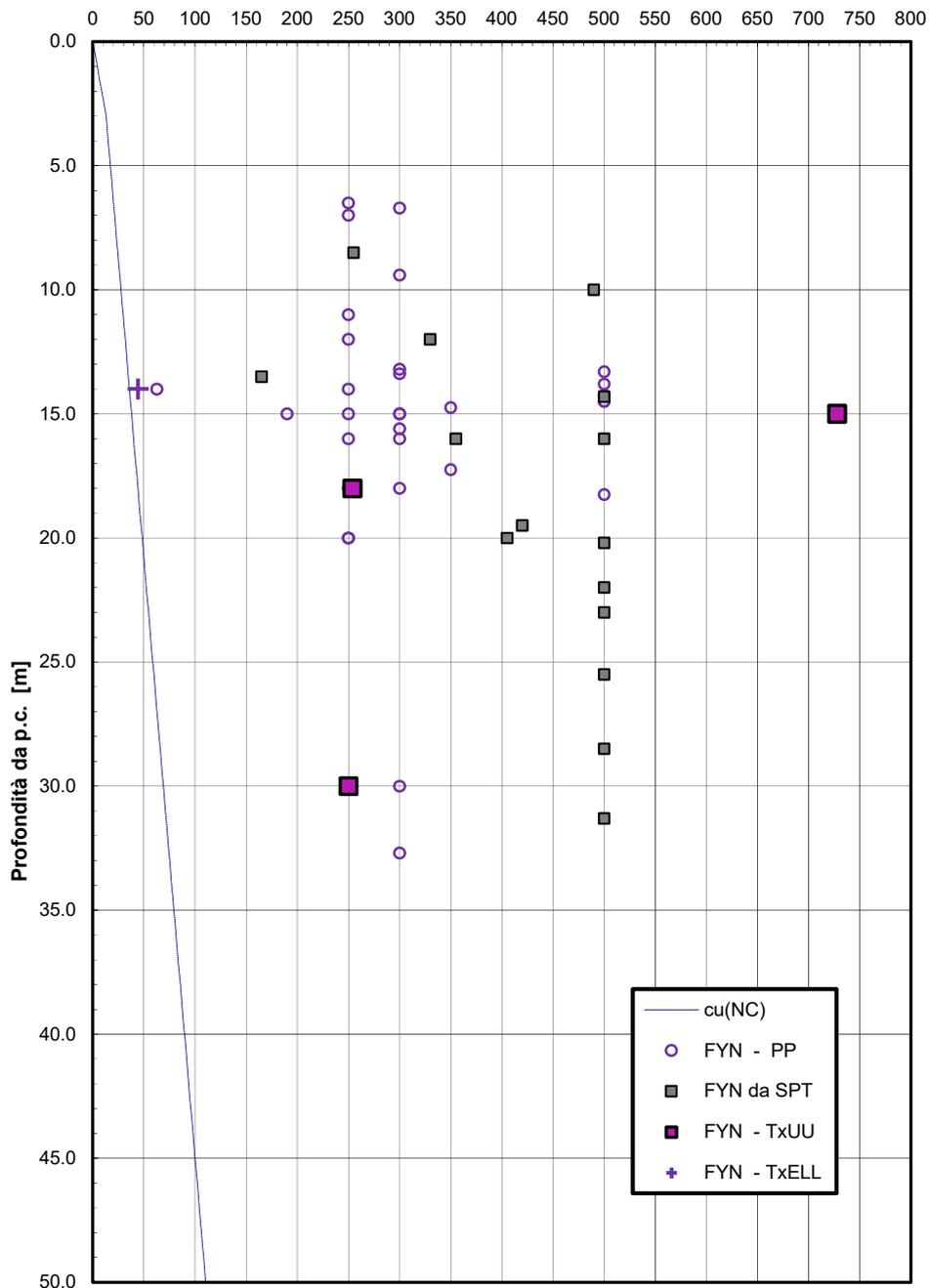


Figura 48 – Resistenza al taglio non drenata –Unità FYN

Andamento della coesione con la profondità

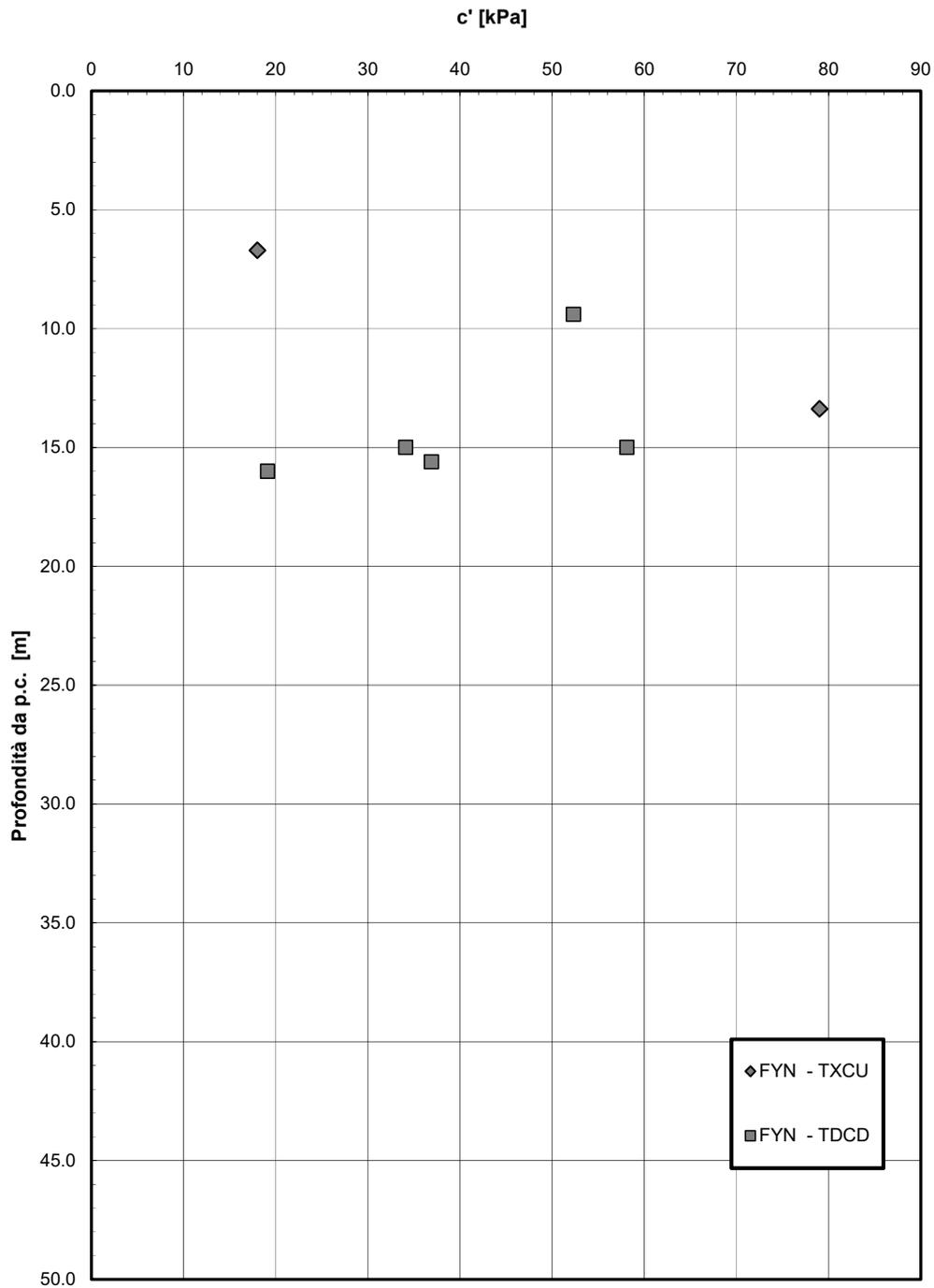


Figura 49 – Andamento della coesione con la profondità – Unità FYN

Andamento della resistenza al taglio con la profondità

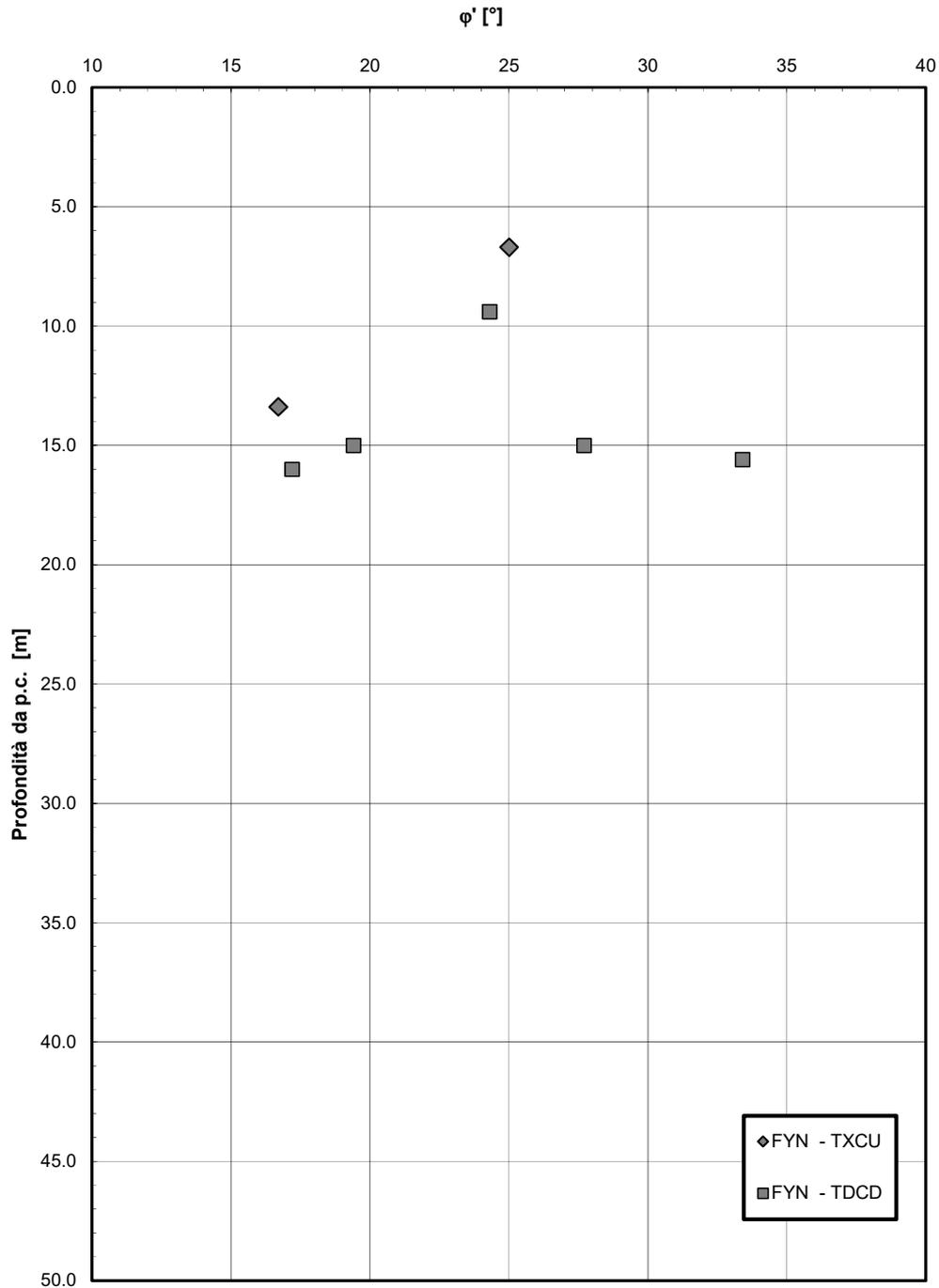


Figura 50 – Andamento della resistenza al taglio con la profondità –Unità FYN

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

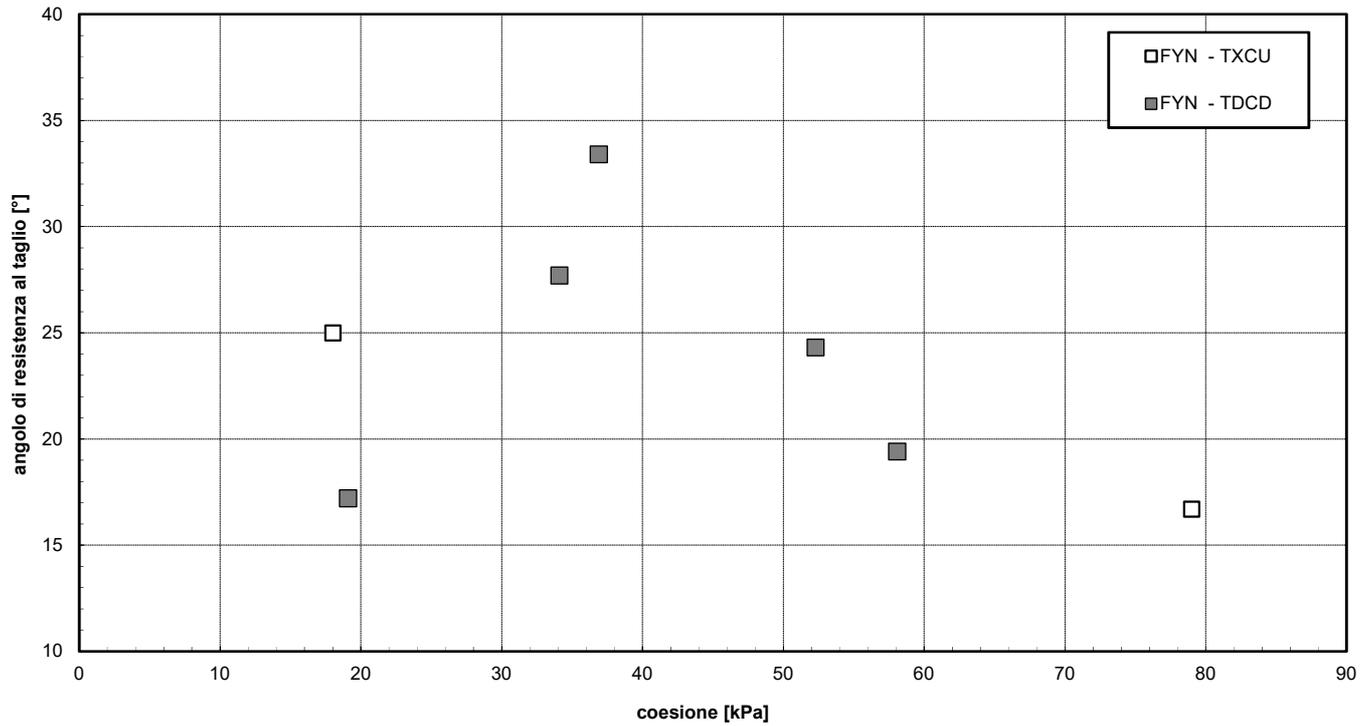


Figura 51 – Resistenza al taglio e coesione drenata (laboratorio) –Unità FYN

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

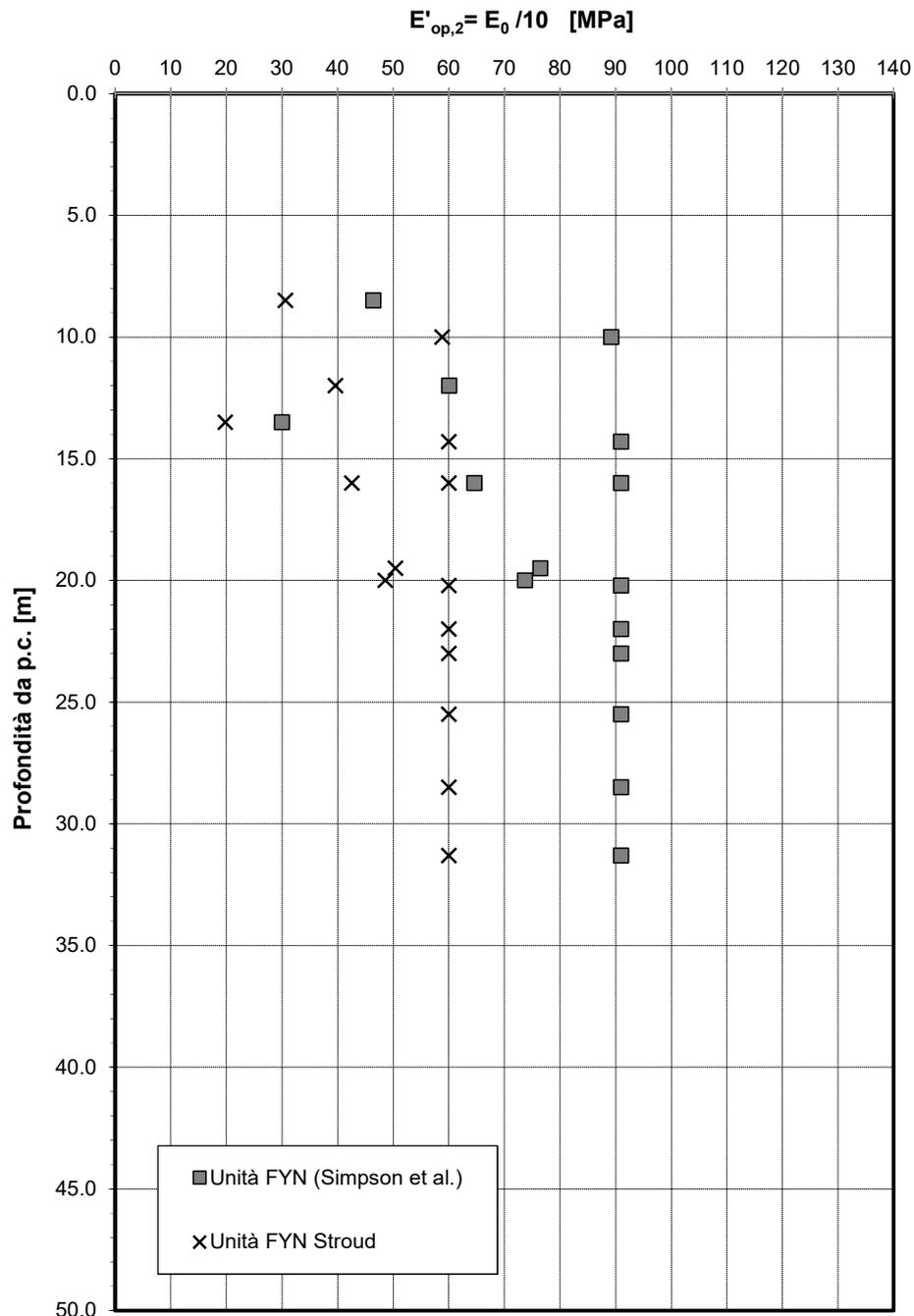


Figura 52 – Modulo di deformazione elastico operativo– unità FYN

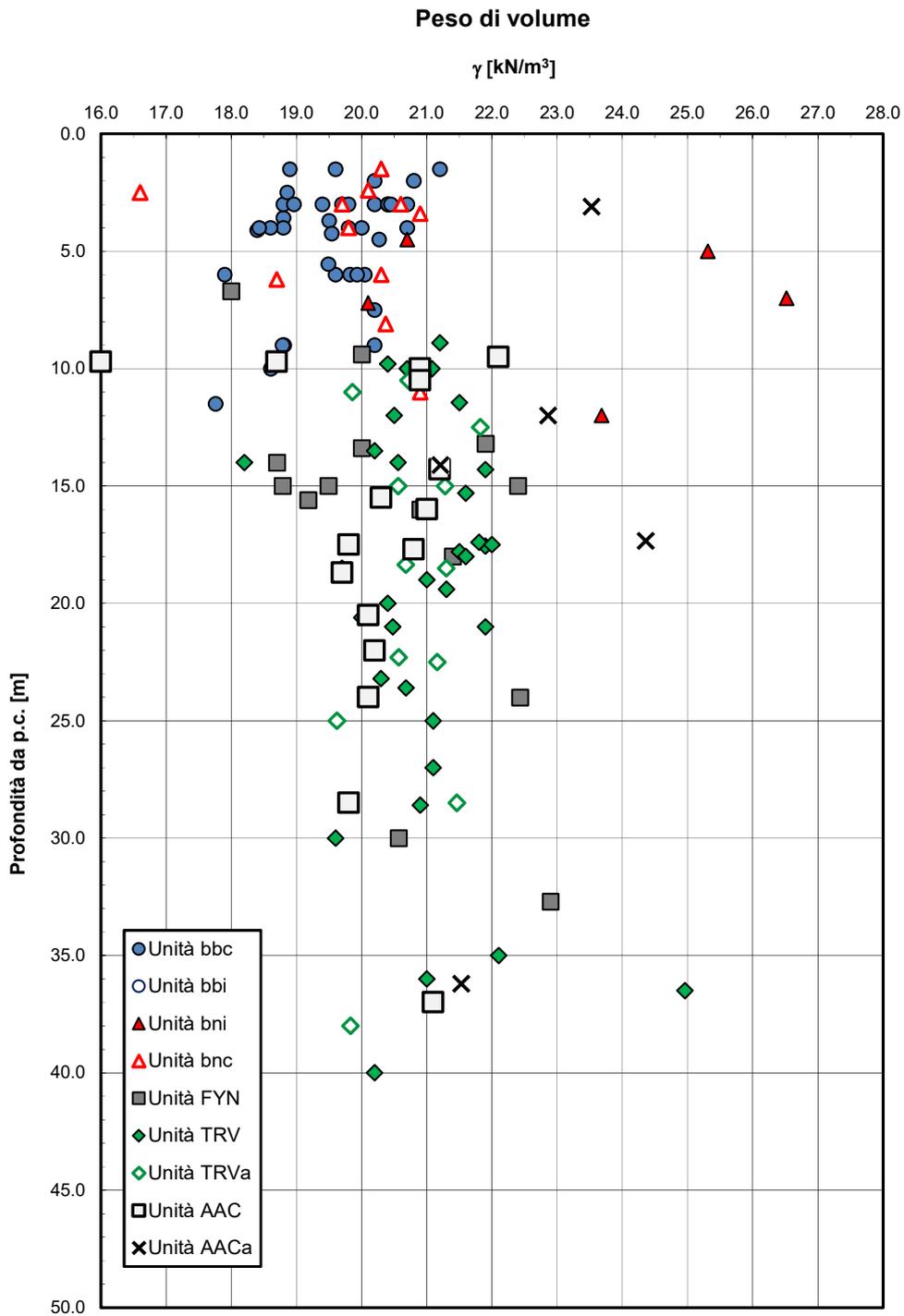


Figura 53 – Peso di volume naturale

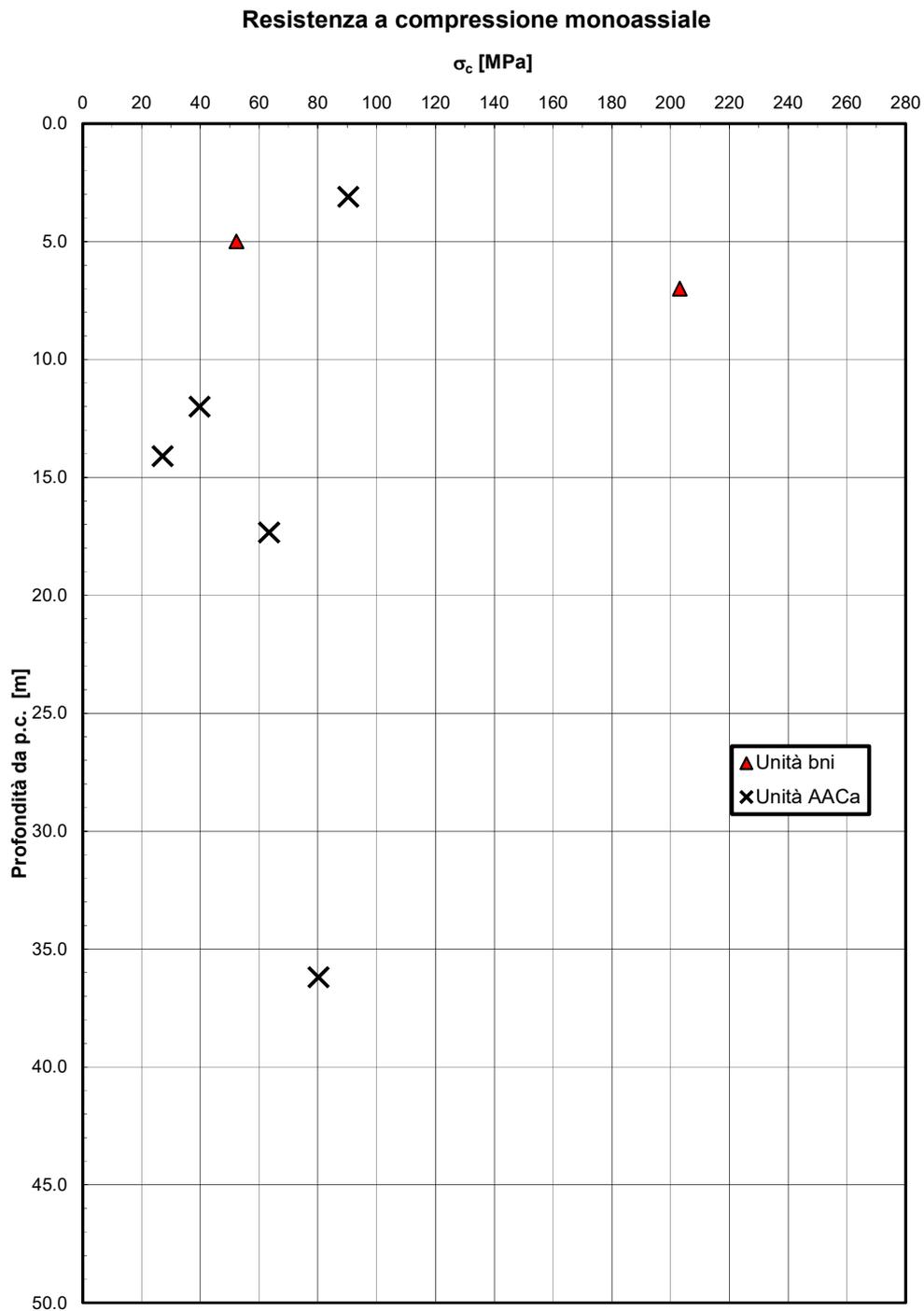


Figura 54 – Resistenza a compressione monoassiale – roccia

Modulo di deformazione edometrica

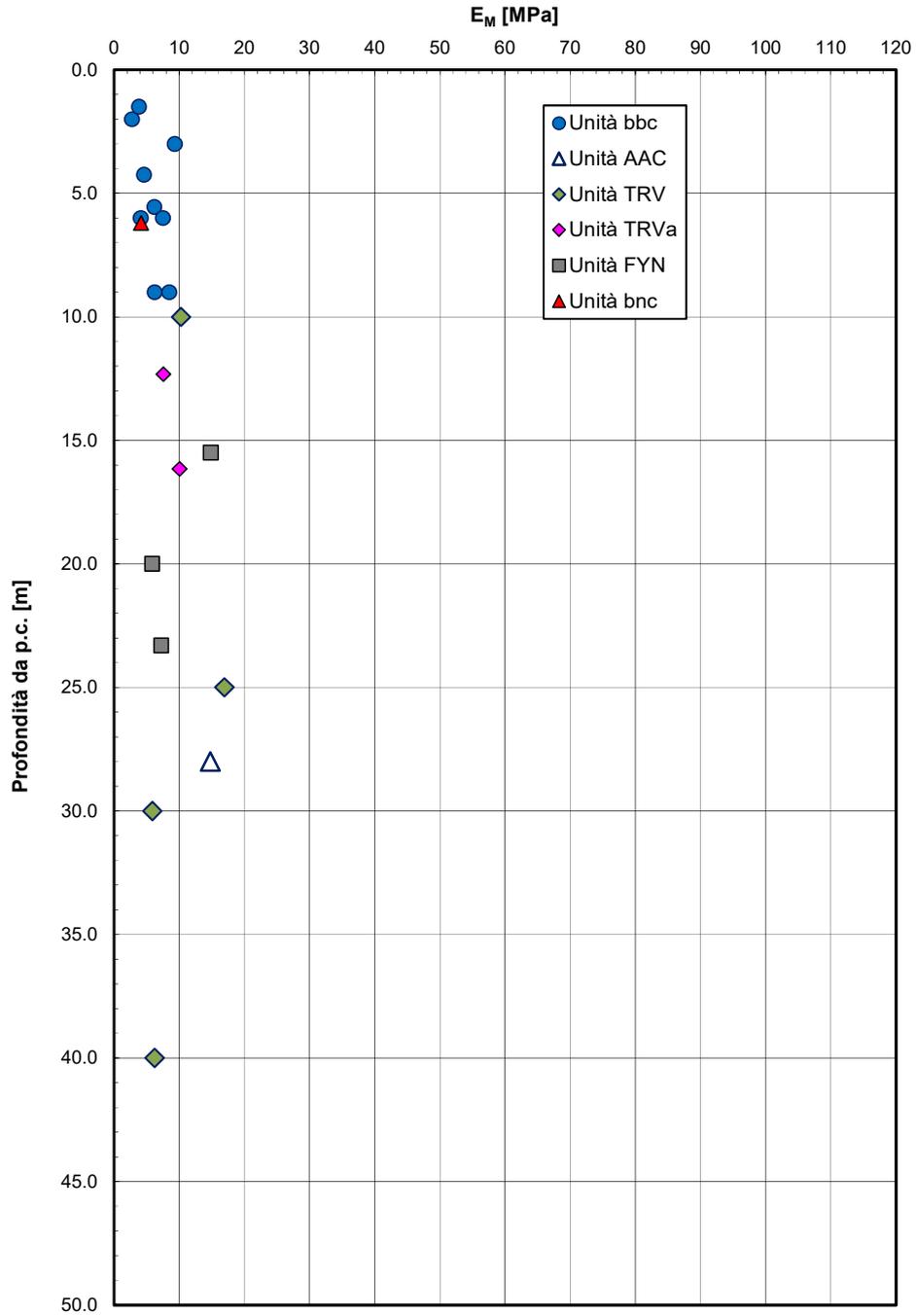


Figura 55 – Modulo edometrico (laboratorio)

Permeabilità da prove Lefranc e Lugeon

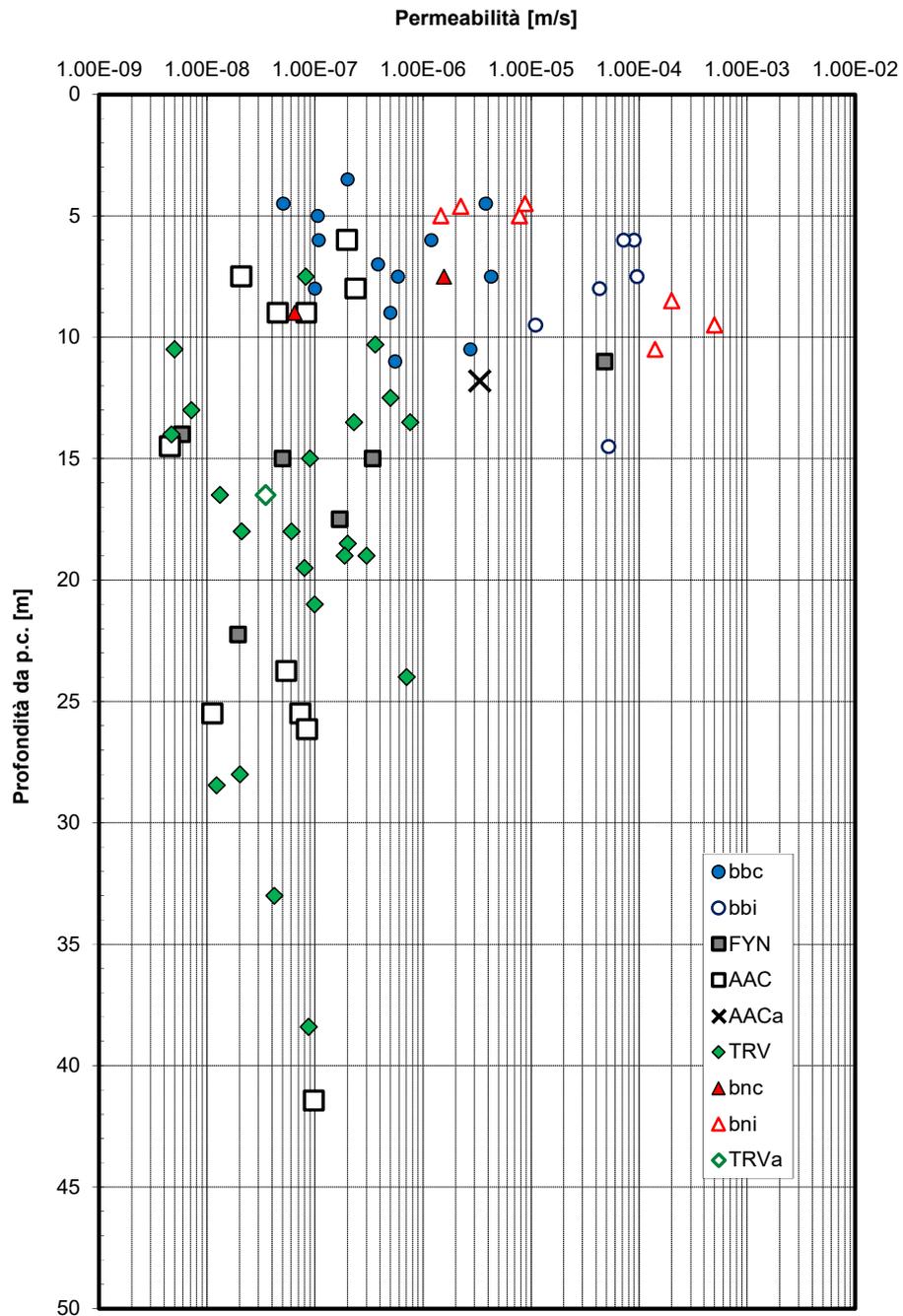


Figura 56 – Permeabilità da prove Lefranc e Lugeon

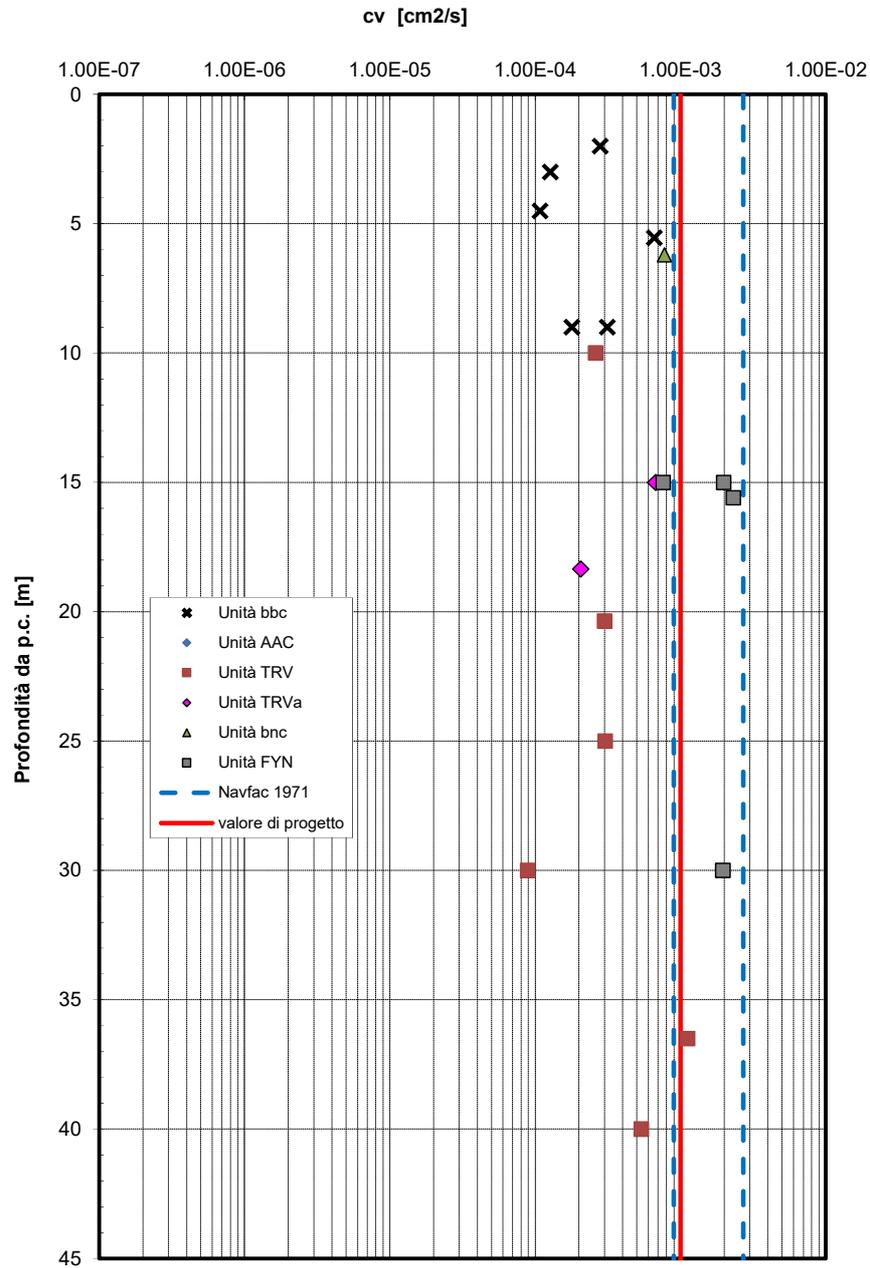


Figura 57 – Coefficiente di consolidazione primaria da prove edometriche (laboratorio)

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche

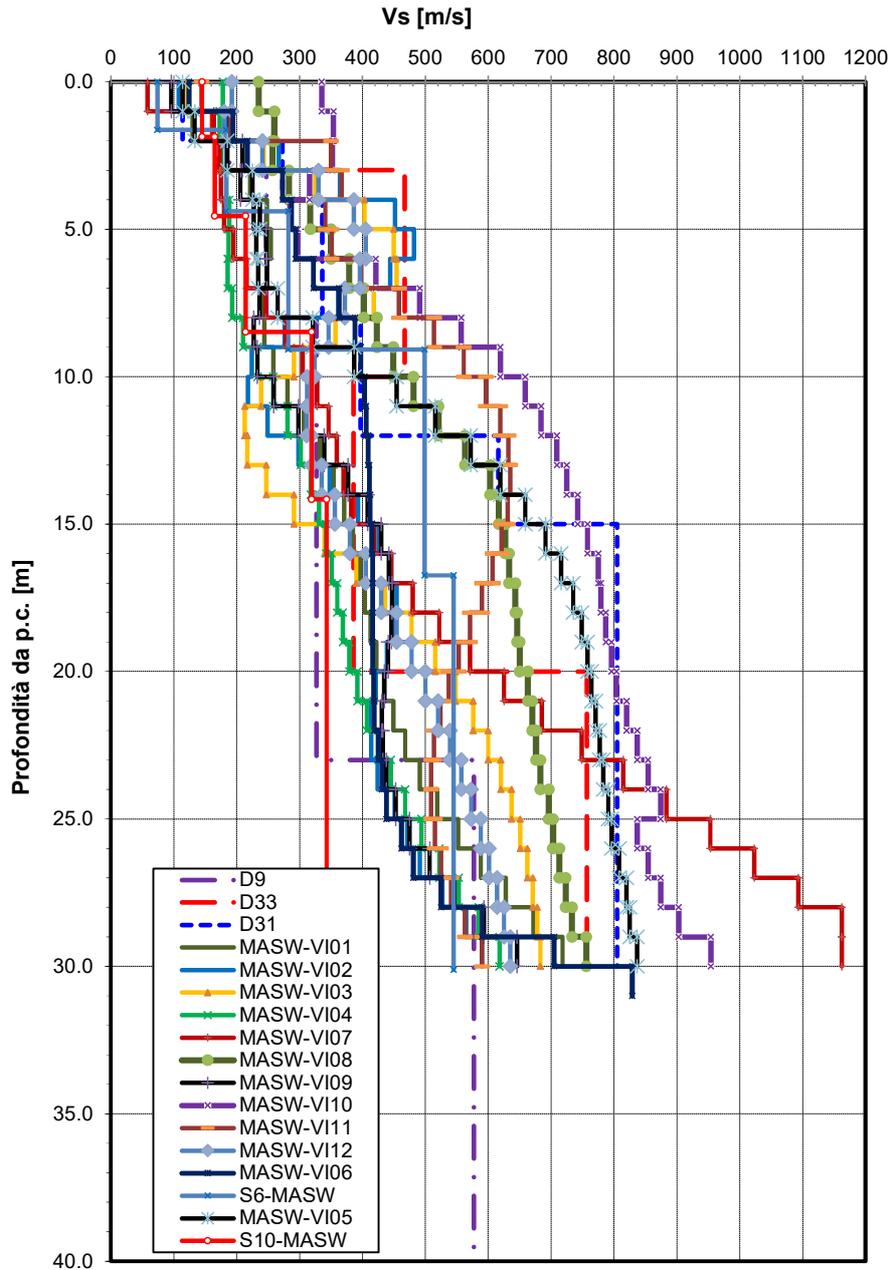


Figura 58 – Velocità di taglio da prove DH e MASW

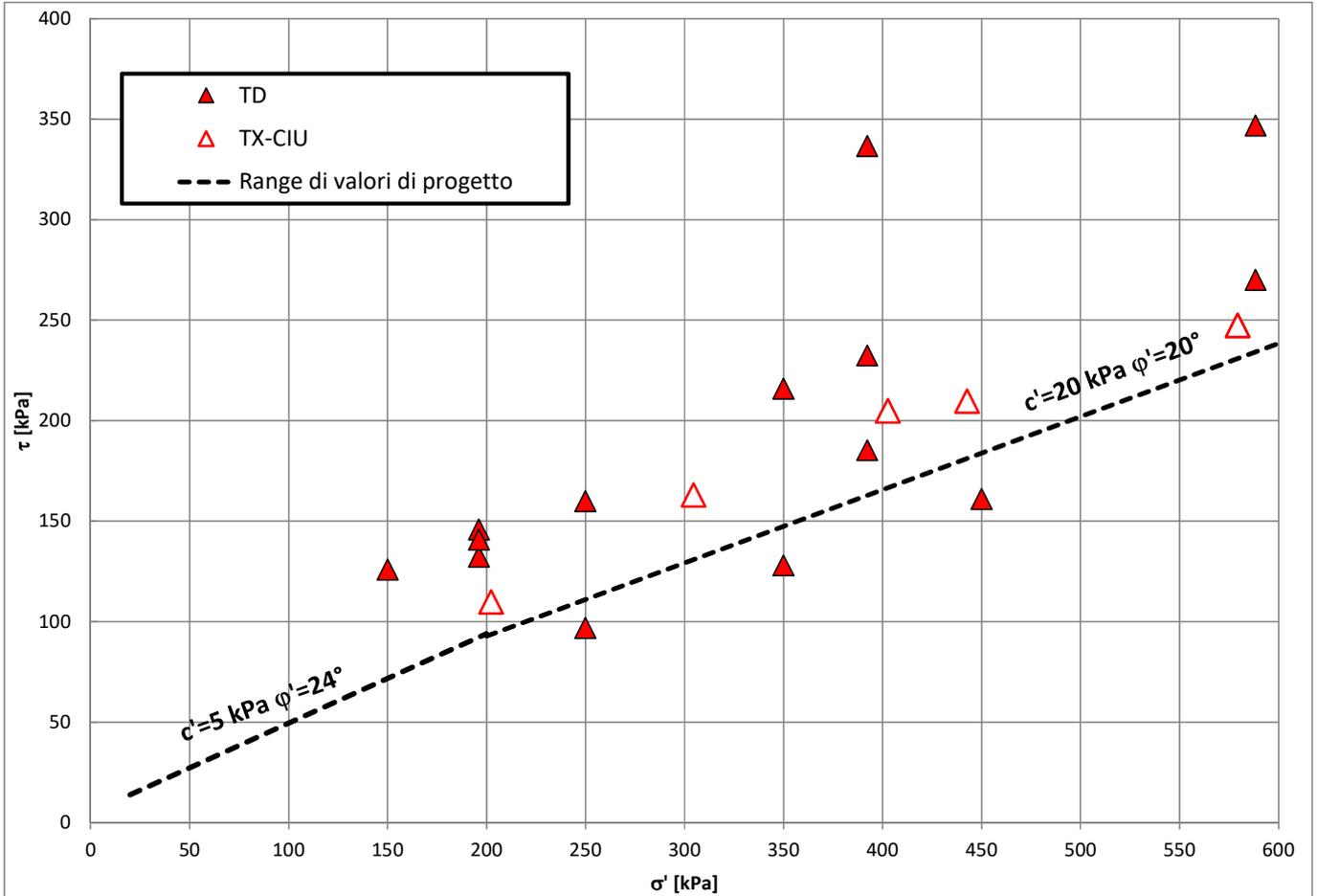


Figura 59 – Formazione FYN

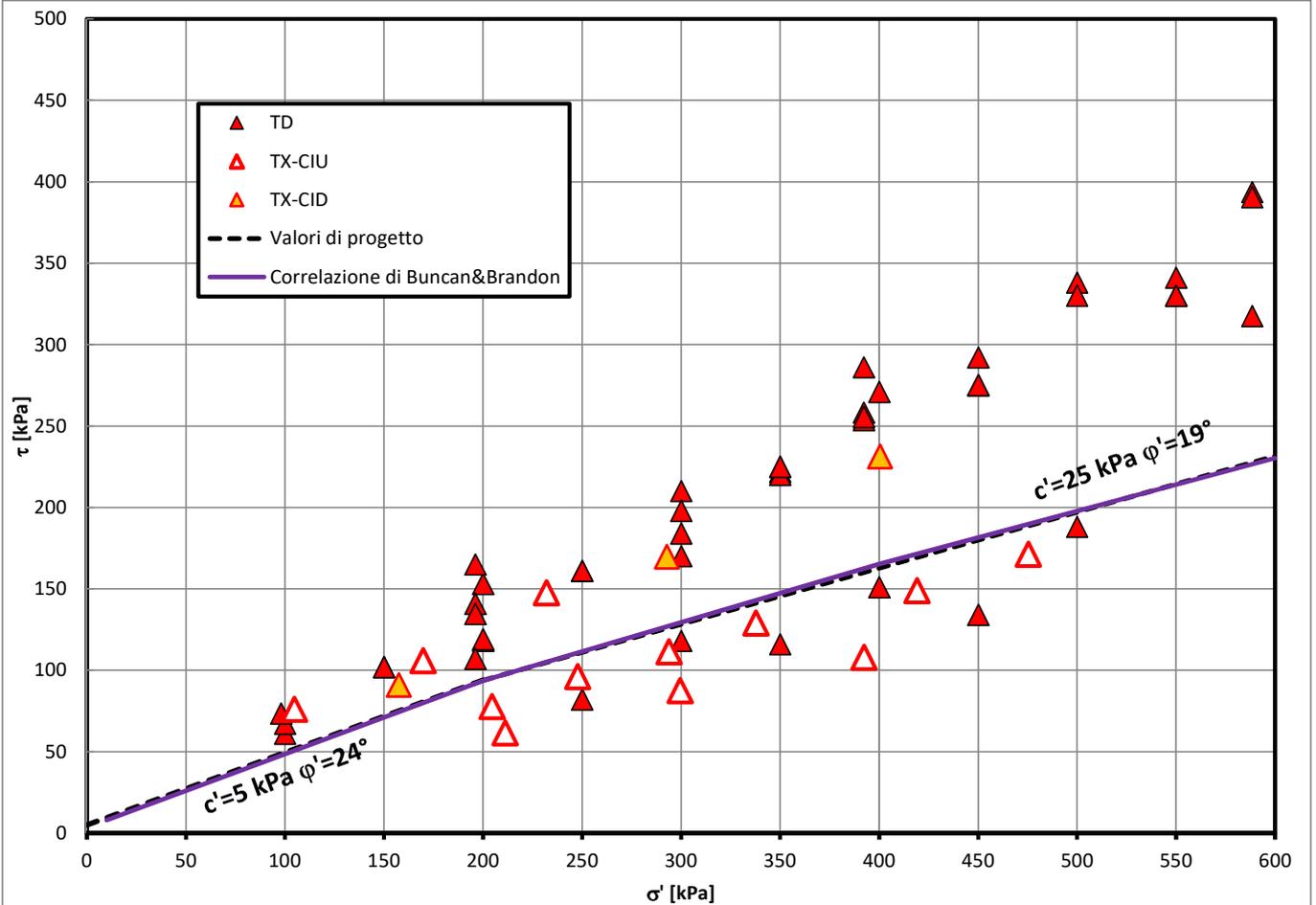


Figura 60 – Formazione AAC

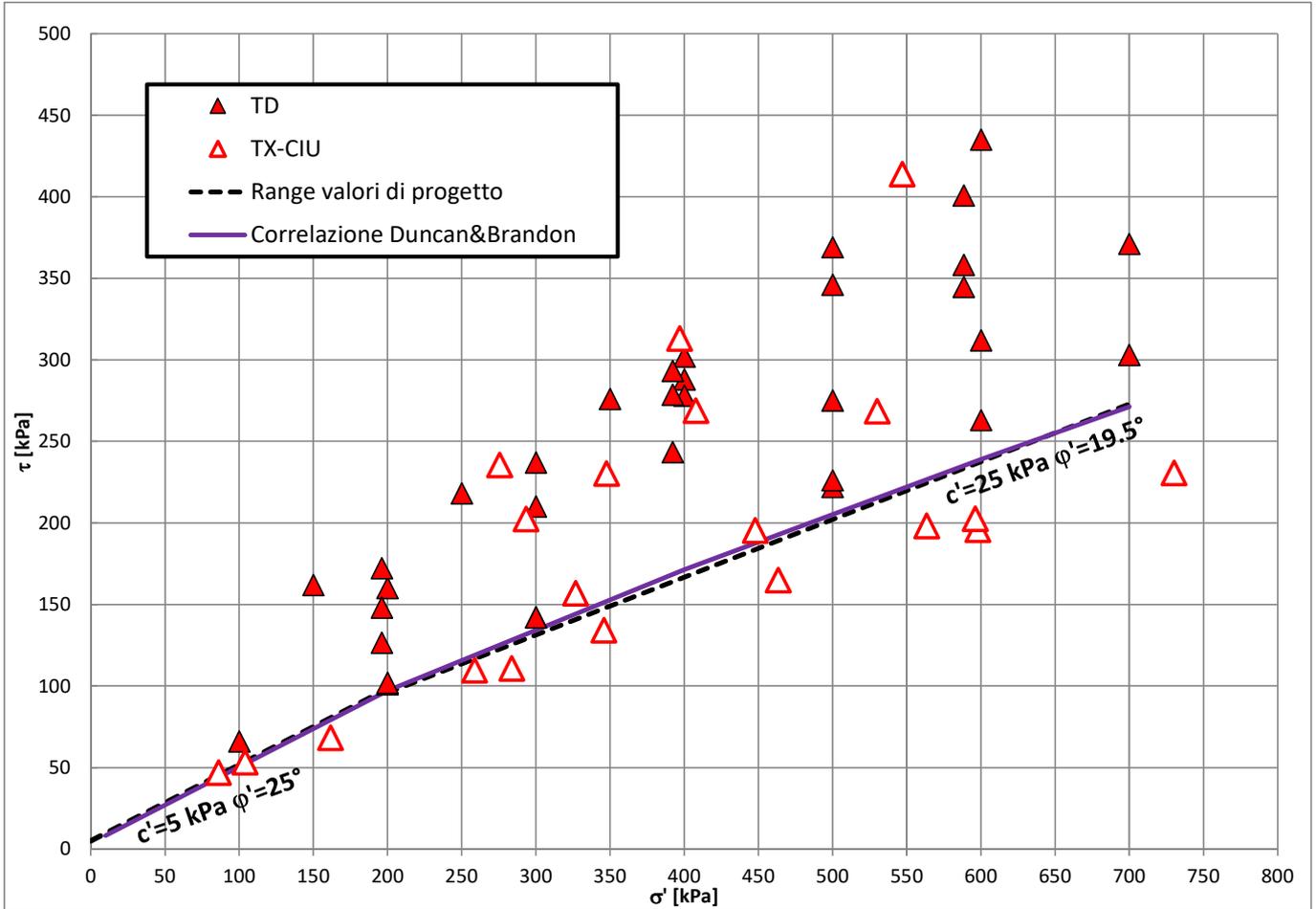


Figura 61 – Formazione TRV

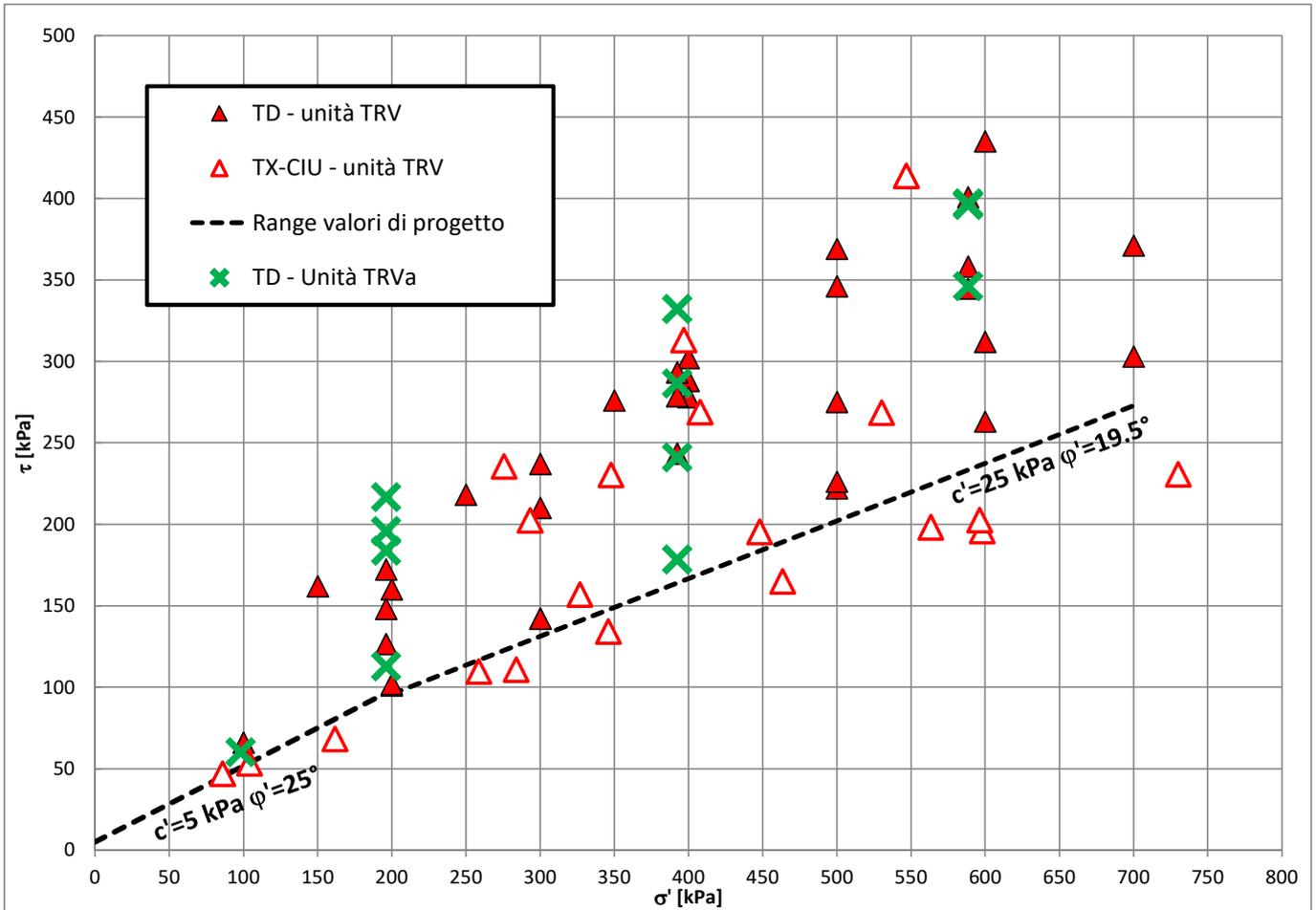


Figura 62 – Formazione TRVa

Parametri di resistenza al taglio - Unità bbc

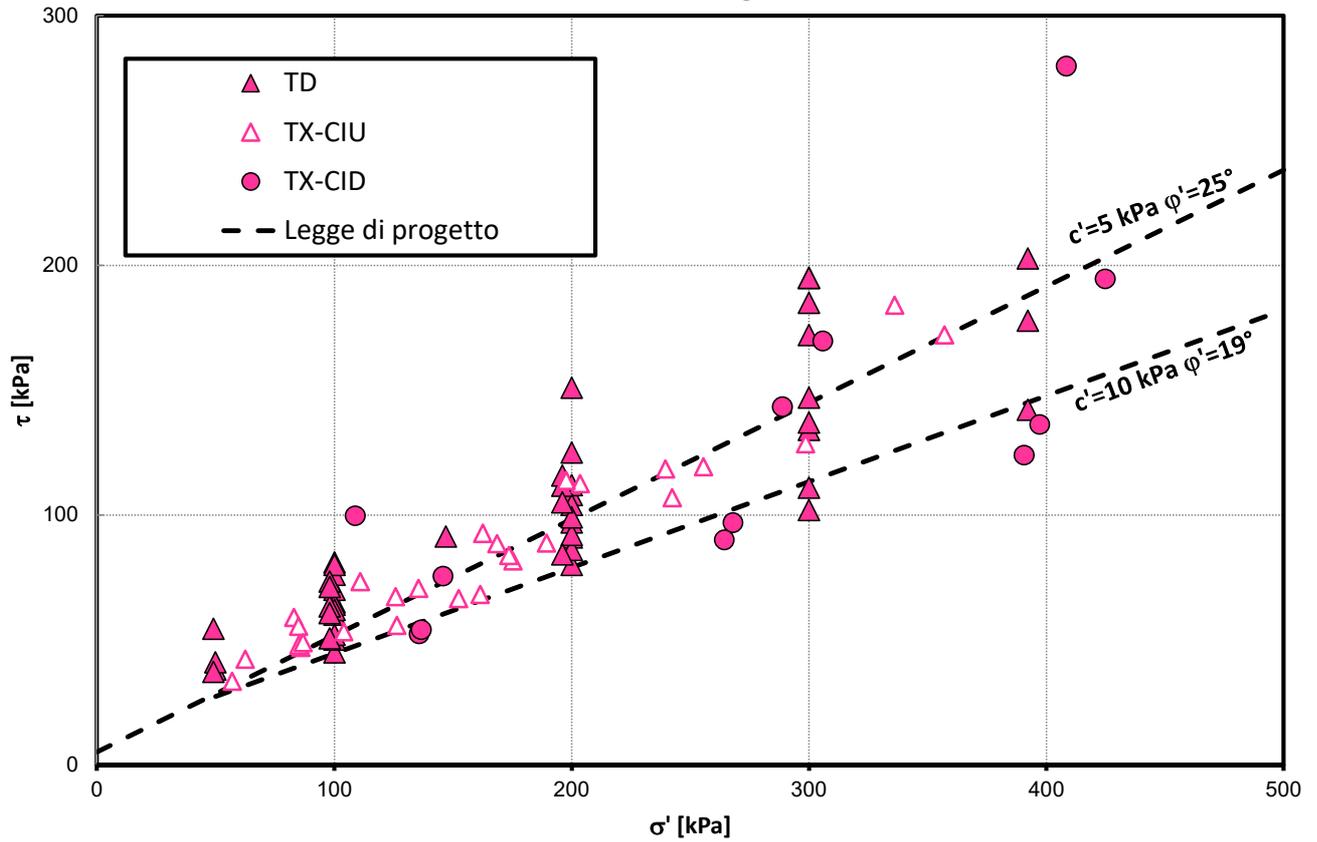


Figura 63 – Formazione bbc

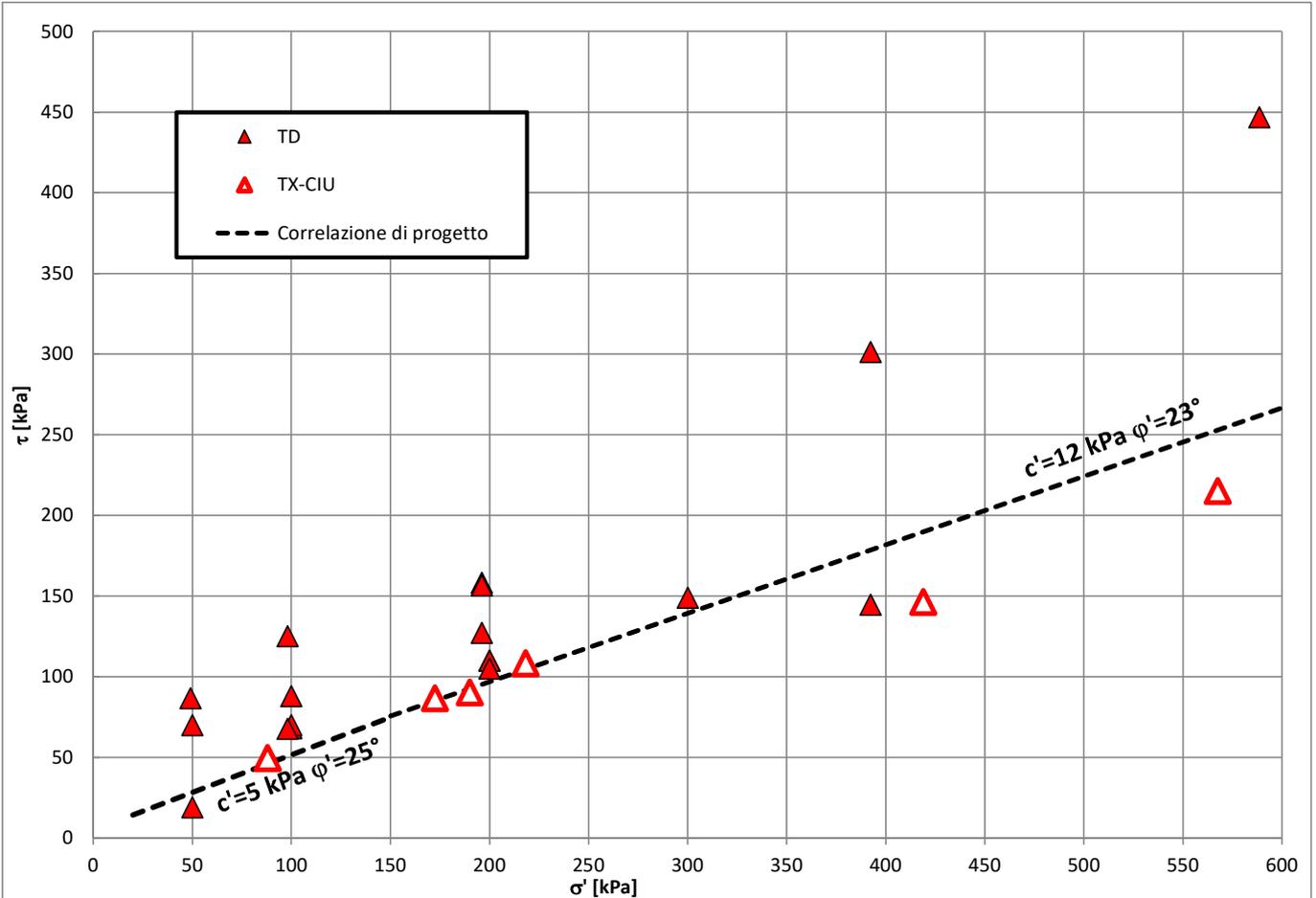


Figura 64 – Formazione bnc

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	159 di 322

5.13 Falda

Nelle seguenti tabelle si riportano le letture piezometriche disponibili sui piezometri installati nelle varie campagne d'indagine. Nelle tabelle sono indicate le misure piezometriche espresse in profondità da p.c. ed in quota assoluta (m s.l.m.), inoltre sono indicati il valore minimo, massimo ed il valore medio delle letture.

Il periodo di monitoraggio dei piezometri relativi alle prime due campagne di indagine (2013 e 2015) è iniziato da novembre 2014 e terminato a dicembre 2015. Alcuni di questi strumenti sono stati monitorati anche a novembre 2018.

Gli strumenti installati nella campagna di indagine del 2018 sono stati monitorati da luglio a novembre 2018.

Lungo il tracciato il livello di falda è piuttosto variabile da 1 e 10 m di profondità dal p.c. in relazione all'andamento della morfologia locale, della presenza di fiumi, fossi, ecc.. La falda generalmente si colloca entro le alluvioni o comunque al passaggio di strato tra le alluvioni ed il substrato argilloso di base.

Le oscillazioni di falda dei singoli piezometri sono molto basse, generalmente contenute entro 1-2 m, ad eccezione dei piezometri D14, D34 e 5_S14vi, in cui si ha una oscillazione di 4-5 m nell'intervallo temporale monitorato.

Allo stato attuale di monitoraggio, il livello di falda da assumere per il dimensionamento delle opere provvisorie coinciderà con quello per le opere definitive.

Per il dimensionamento delle fondazioni ubicate in zona di alveo o golena di fiumi e torrenti, si consiglia di assumere il livello falda a p.c. per le condizioni definitive a lungo termine.

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 78 RH GE0006 001 A 161 di 322

SONDAGGIO	Quota boccafioro m s.l.m.	21-05-2015	27-05-2015	10-06-2015	19-06-2015	24-06-2015	26-06-2015	16-07-2015	28-07-2015	26-08-2015	04-09-2015	24-09-2015	31-10-2015
S1	148.50					142.50			142.25	142.05	142.21	141.94	
S2	160.00					158.35			158.25	158.16	158.31	157.91	157.83
S3	147.60					135.85			135.90	135.86	135.92	135.90	138.65
S4	154.00					148.00			147.94	147.91	147.91	147.88	147.90
S5	163.00					159.41			159.43	159.39	159.42	159.32	160.01
S6	170.23					163.93			164.56	164.40	164.40	164.36	166.03
S7	149.00					141.01			140.93	140.96	140.98	140.92	140.89
S9	198.79					188.09			188.57	188.54	188.55	188.47	188.46
S11	204.00					197.61			197.33	197.23	197.21	196.78	196.55
D3	194.91					184.41			184.27	184.27	184.21	184.11	184.13
D7	184.50					180.76			180.58	180.91		180.56	180.59
D10	188.90					178.77			178.64	178.54	178.60	178.57	178.55
D13	226.40	223.68		224.09				222.43	222.63	222.61	222.54	222.49	222.40
D14	204.00					196.50		196.00	195.81	200.16	198.81	197.82	197.65
D18	170.40					163.15			165.14	165.19	165.21	165.06	165.05
D22	168.90					157.66			157.53	157.50	157.50	157.51	157.50
D26	155.00					152.45			152.15	152.03	152.05	151.90	151.81
D29	183.00	162.79	162.85			162.14		162.14	162.08	162.03	162.02	162.17	162.04
D32	152.00					137.98			137.77	137.69	137.66	137.63	137.58
D35	132.92					125.22			124.45	124.24	123.93	123.63	123.62
D1	204.90								201.43	201.35	201.34	201.33	201.20
D2	195.30								187.66	187.60	187.63	187.65	187.68
D4	188.00								182.86	182.66	182.63	182.62	182.56
D5	187.70								184.08	183.97	183.95	183.92	183.58
D6	187.80									183.07	183.06	183.03	182.99
D8	185.30						178.46		178.40	178.34	178.33	178.38	178.26
D11	187.30						178.15		178.15	178.05	178.05	177.98	177.89
D12	187.40						183.94		183.33	183.30	183.16	183.05	182.90
D15	184.20											172.22	172.17
D19	171.40									163.30	164.97	165.51	165.70
D21	171.74									161.88	161.88	161.86	161.85
D23	164.50								158.15	158.06	158.03	158.00	157.99
D25 [TA]	162.30								153.71	153.55	153.51	153.45	153.37
D25 [CC]	162.30								153.54	153.55	153.55	153.46	153.39
D28	149.00									147.58	147.54	147.48	147.42
D30	134.60							129.80	129.73	129.58	129.40	129.30	129.18
D34	136.50						129.00		127.80	126.22	125.26	124.31	124.00
B2	116.70		112.79						112.53	112.4	112.42	112.66	112.66
5_S07vi	206.30												
5_S08vi	205.90												
5_S09vi	204.00												
5_S10vi [C1]	201.10												
5_S10vi [C2]	201.10												
5_S11vi	209.50												
5_S14vi	165.90												
5_S15vi	152.40												
5_S17vi	153.90												
5_S1gn	226.80												
5_S2gn	175.00												
5_S3gn	227.20												
5_Sgnpz	203.60												

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 78 RH GE0006 001 A 162 di 322

SONDAGGIO	Quota boccafioro m s.l.m.	30-11-2015	30-12-2015	01-07-2018	30-07-2018	01-09-2018	30-09-2018	01-10-2018	24-10-2018	31-10-2018	30-11-2018	MAX (m s.l.m.)	MIN (m s.l.m.)	MEDIA (m da pc)	
S1	148.50											141.71	148.50	142.51	
S2	160.00	159.07	158.42								158.14	157.80	159.27	158.34	
S3	147.60	138.74	139.85									134.98	139.85	136.02	
S4	154.00	148.10	147.95									147.76	148.17	147.93	
S5	163.00	160.10	159.95									158.82	160.10	159.37	
S6	170.23	166.13	166.15									163.82	170.23	164.89	
S7	149.00	141.01	140.96								141.32	140.78	141.32	140.98	
S9	198.79	188.59										188.09	198.79	189.07	
S11	204.00	197.57	197.50									196.55	204.00	197.53	
D3	194.91	184.82	184.51									184.11	184.87	184.40	
D7	184.50	181.19										180.56	181.31	180.84	
D10	188.90	178.52	178.82									178.52	178.82	178.65	
D13	226.40	222.29	222.32									222.29	224.09	222.85	
D14	204.00											195.81	200.87	197.95	
D18	170.40	165.19	165.14									163.15	165.25	164.93	
D22	168.90	157.60	157.74									157.50	157.74	157.58	
D26	155.00	151.98	151.92									150.68	150.68	152.02	
D29	183.00	161.99	162.02									161.99	162.99	162.27	
D32	152.00	138.05	138.01									137.58	138.13	137.83	
D35	132.92	124.80	124.90									123.62	125.82	124.58	
D1	204.90	201.44	201.48									201.20	201.48	201.37	
D2	195.30	187.84	187.87									187.60	187.87	187.70	
D4	188.00	182.71	182.82									182.56	182.86	182.69	
D5	187.70	183.98	184.08									183.58	184.08	183.94	
D6	187.80	183.27	183.35									182.99	183.35	183.13	
D8	185.30	178.36	178.46									178.26	178.46	178.37	
D11	187.30	178.08	178.22									177.89	178.22	178.07	
D12	187.40	184.37	184.25									182.90	184.37	183.54	
D15	184.20	172.09	172.13									172.09	172.22	172.15	
D19	171.40	165.83	165.99									163.30	165.99	165.22	
D21	171.74	161.93	161.94								162.04	161.85	162.04	161.91	
D23	164.50	159.02	158.95									158.48	157.99	159.02	158.34
D25 [TA]	162.30	153.53	153.37									153.22	153.22	153.71	153.46
D25 [CC]	162.30	153.47	153.37									153.22	153.22	153.55	153.44
D28	149.00	147.84	147.73									147.42	147.84	147.60	
D30	134.60	129.80	130.08									129.31	129.18	130.08	129.58
D34	136.50	125.82	127.04									126.47	124.00	129.00	126.21
B2	116.70	113.01	113.08									112.40	113.08	112.69	
5_S07vi	206.30						198.64					199.77	198.64	199.77	199.21
5_S08vi	205.90					203.74	203.68					203.68	203.74	203.71	
5_S09vi	204.00						194.59					196.07	194.59	196.07	195.33
5_S10vi [C1]	201.10														
5_S10vi [C2]	201.10									192.24	193.35	192.24	193.35	192.80	
5_S11vi	209.50					206.72	206.69					206.7	206.69	206.72	206.70
5_S14vi	165.90			158.23	158.7							153.66	153.66	158.70	156.86
5_S15vi	152.40									147.17	147.53	147.17	147.53	147.35	
5_S17vi	153.90									141.64	141.87	141.64	141.87	141.76	
5_S1gn	226.80							225.08	225.05	224.84		224.84	225.08	224.99	
5_S2gn	175.00							166.62	166.69		166.98	166.62	166.98	166.76	
5_S3gn	227.20							209.69	209.66		207.1	207.10	209.69	208.82	
5_Sgnpz	203.60							200.65	200.71	201.19		200.65	201.19	200.85	

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 78 RH GE0006 001 A 164 di 322

SONDAGGIO	Quota boccaforo m s.l.m.	21-05-2015	27-05-2015	10-06-2015	19-06-2015	24-06-2015	26-06-2015	16-07-2015	28-07-2015	26-08-2015	04-09-2015	24-09-2015	31-10-2015
S1	148.50					6.00			6.25	6.45	6.29	6.56	
S2	160.00					1.65			1.75	1.84	1.69	2.09	2.17
S3	147.60					11.75			11.70	11.74	11.68	11.70	11.75
S4	154.00					6.00			6.06	6.09	6.09	6.12	6.10
S5	163.00					3.59			3.57	3.61	3.58	3.68	3.69
S6	170.23					6.30			5.67	5.83	5.83	5.87	5.87
S7	149.00					7.99			8.07	8.04	8.02	8.08	8.11
S9	198.79					10.70			10.22	10.25	10.24	10.32	10.33
S11	204.00					6.39			6.67	6.77	6.79	7.22	4.75
D3	194.91					10.50			10.64	10.64	10.70	10.80	10.78
D7	184.50					3.74			3.92	3.59		3.94	3.91
D10	188.90					10.13			10.26	10.36	10.30	10.33	10.35
D13	226.40	2.72		2.31				3.97	3.77	3.79	3.86	3.91	4.00
D14	204.00					7.50		8.00	8.19	3.84	5.19	6.18	6.35
D18	170.40					7.25			5.26	5.21	5.19	5.34	5.35
D22	168.90					11.24			11.37	11.40	11.40	11.39	11.40
D26	155.00					2.55			2.85	2.97	2.95	3.10	3.19
D29	183.00	20.21	20.15			20.86		20.86	20.92	20.97	20.98	20.83	20.96
D32	152.00					14.02			14.23	14.31	14.34	14.37	14.42
D35	132.92					7.70			8.47	8.68	8.99	9.29	9.30
D1	204.90								3.47	3.55	3.56	3.57	3.70
D2	195.30								7.64	7.70	7.67	7.65	7.62
D4	188.00								5.14	5.34	5.37	5.38	5.44
D5	187.70								3.62	3.73	3.75	3.78	4.12
D6	187.80									4.73	4.74	4.77	4.81
D8	185.30						6.84		6.90	6.96	6.97	6.92	7.04
D11	187.30						9.15		9.15	9.25	9.25	9.32	9.41
D12	187.40						3.46		4.07	4.10	4.24	4.35	4.50
D15	184.20											11.98	12.03
D19	171.40									8.10	6.43	5.89	5.70
D21	171.74									9.86	9.86	9.88	9.89
D23	164.50								6.35	6.44	6.47	6.50	6.51
D25 [TA]	162.30								8.59	8.75	8.79	8.85	8.93
D25 [CC]	162.30								8.76	8.75	8.75	8.84	8.91
D28	149.00									1.42	1.46	1.52	1.58
D30	134.60							4.8	4.87	5.02	5.20	5.30	5.42
D34	136.50						7.50		8.70	10.28	11.24	12.19	12.50
B2	116.70		3.91						4.17	4.30	4.28	4.04	4.04
5_S07vi	206.30												
5_S08vi	205.90												
5_S09vi	204.00												
5_S10vi [C1]	201.10												
5_S10vi [C2]	201.10												
5_S11vi	209.50												
5_S14vi	165.90												
5_S15vi	152.40												
5_S17vi	153.90												
5_S1gn	226.80												
5_S2gn	175.00												
5_S3gn	227.20												
5_Sgnpz	203.60												

(segue da pagina precedente)

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3E 50 D 78 RH GE0006 001 A 165 di 322

SONDAGGIO	Quota boccaforo m s.l.m.	30-11-2015	30-12-2015	01-07-2018	30-07-2018	01-09-2018	30-09-2018	01-10-2018	24-10-2018	31-10-2018	30-11-2018	MAX soggiacenza (m da pc)	MIN soggiacenza (m da pc)	MEDIA (m da pc)
S1	148.50												6.79	5.99
S2	160.00	0.93	1.58								1.86	0.73	2.20	1.66
S3	147.60	11.66	10.55									10.55	12.62	12.00
S4	154.00	5.99	6.05								5.83	5.83	6.24	6.07
S5	163.00	3.60	3.75									3.44	4.18	3.74
S6	170.23	5.77	5.75									5.38	6.41	5.92
S7	149.00	7.99	8.04								7.68	7.68	8.22	8.02
S9	198.79	10.20										10.05	10.70	10.29
S11	204.00	6.43	6.50									4.75	7.30	6.68
D3	194.91	10.09	10.40									10.04	10.80	10.51
D7	184.50	3.31										3.19	3.94	3.66
D10	188.90	10.38	10.08									10.08	10.38	10.25
D13	226.40	4.11	4.08									2.31	4.11	3.55
D14	204.00											3.13	8.19	6.05
D18	170.40	5.21	5.26									5.15	7.25	5.47
D22	168.90	11.30	11.16									11.16	11.40	11.32
D26	155.00	3.02	3.08								4.32	2.32	4.32	2.98
D29	183.00	21.01	20.98									20.01	21.01	20.73
D32	152.00	13.95	13.99									13.87	14.42	14.17
D35	132.92	8.12	8.02								8.64	7.10	9.30	8.34
D1	204.90	3.46	3.42									3.42	3.70	3.53
D2	195.30	7.46	7.43									7.43	7.70	7.60
D4	188.00	5.29	5.18									5.14	5.44	5.31
D5	187.70	3.72	3.62									3.62	4.12	3.76
D6	187.80	4.53	4.45									4.45	4.81	4.67
D8	185.30	6.94	6.84									6.84	7.04	6.93
D11	187.30	9.22	9.08									9.08	9.41	9.23
D12	187.40	3.03	3.15									3.03	4.50	3.86
D15	184.20	12.11	12.07									11.98	12.11	12.05
D19	171.40	5.57	5.41									5.41	8.10	6.18
D21	171.74	9.81	9.80								9.70	9.70	9.89	9.83
D23	164.50	5.48	5.55								6.02	5.48	6.51	6.17
D25 [TA]	162.30	8.77	8.93								9.08	8.59	9.08	8.84
D25 [CC]	162.30	8.83	8.93								9.08	8.75	9.08	8.86
D28	149.00	1.16	1.27									1.16	1.58	1.40
D30	134.60	4.80	4.52								5.29	4.52	5.42	5.02
D34	136.50	10.68	9.46								10.03	7.50	12.50	10.29
B2	116.70	3.69	3.62									3.62	4.30	4.01
5_S07vi	206.30						7.63				6.50	6.50	7.63	7.07
5_S08vi	205.90					2.12	2.18					2.12	2.18	2.15
5_S09vi	204.00						9.44				7.96	7.96	9.44	8.70
5_S10vi [C1]	201.10													
5_S10vi [C2]	201.10								8.86		7.75	7.75	8.86	8.31
5_S11vi	209.50										2.75	2.73	2.76	2.75
5_S14vi	165.90			7.67	7.73						12.24	7.67	12.24	9.21
5_S15vi	152.40									5.26	4.9	4.90	5.26	5.08
5_S17vi	153.90									12.23	12	12.00	12.23	12.12
5_S1gn	226.80							1.76	1.79			1.76	2.00	1.85
5_S2gn	175.00							8.38	8.31		8.02	8.02	8.38	8.24
5_S3gn	227.20							17.51	17.54		20.1	17.51	20.10	18.38
5_Sgnpz	203.60							2.9	2.84		2.36	2.36	2.90	2.70

(segue da pagina precedente)

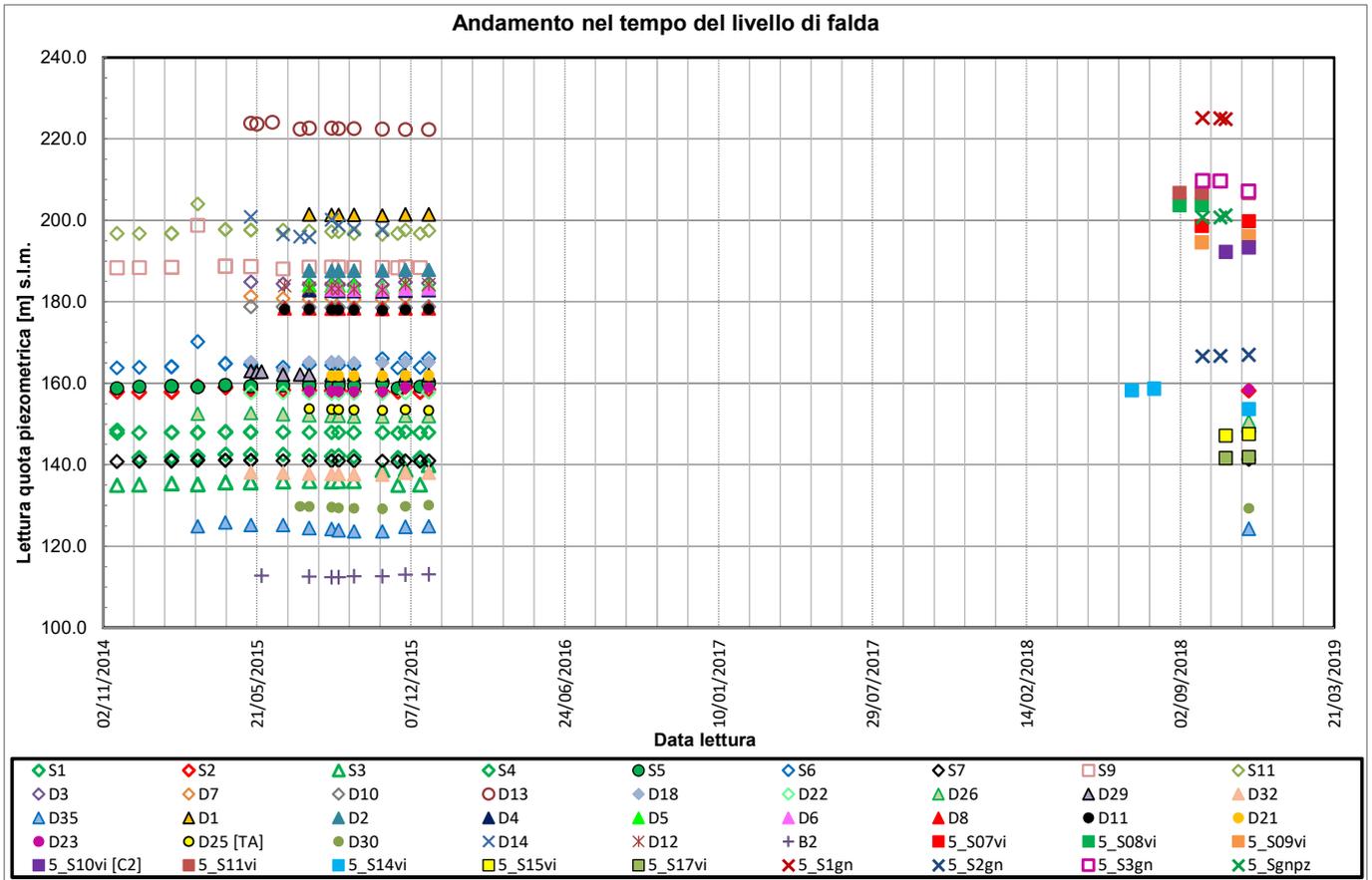


Figura 65–Livello falda in quota assoluta

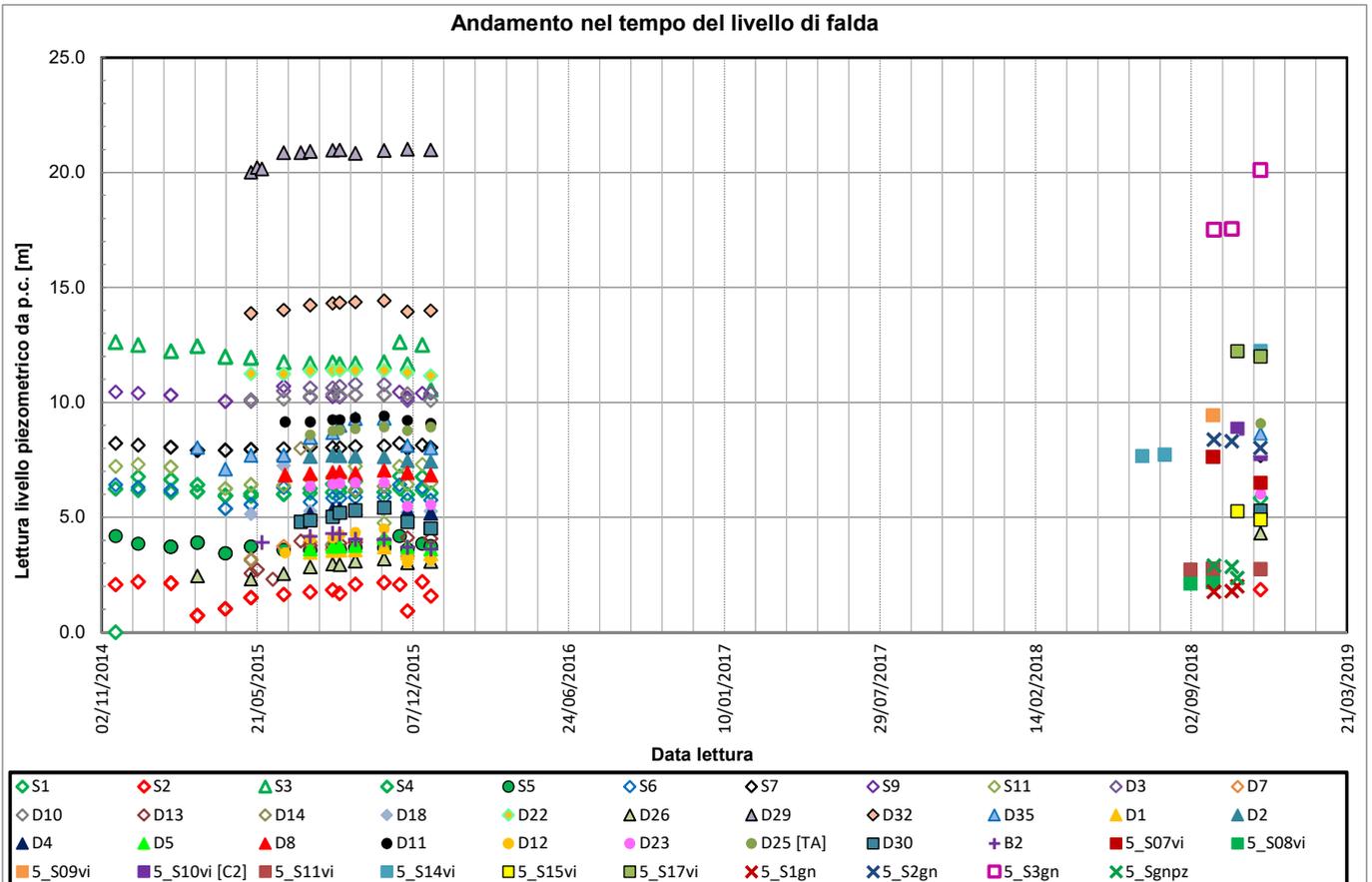


Figura 66–Livello falda – profondità da p.c.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

6 CLASSIFICAZIONE SISMICA E STABILITA' DEL SITO.

6.1 RISPOSTA SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

I risultati dello studio di pericolosità sono forniti, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km) e nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g , del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 , del periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c^* ;
- per diverse probabilità di superamento in 75 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 45 e 1462 anni, estremi inclusi.

Pertanto, per individuare, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Infatti, fissata la vita di riferimento V_R , T_R è esprimibile in funzione di P_{VR} mediante l'espressione:

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

La vita di riferimento è calcolata come:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove V_N è la vita nominale dell'opera e C_U la classe d'uso.

Per le opere d'arte del presente progetto si ha in linea generale: $V_N=75$ anni e $C_U=1.5$ (classe d'uso III).

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Fa eccezione il tratto dell'opera VI04 in corrispondenza dello scavalco dell'autostrada A19 Palermo-Catania (viabilità di tipo A e quindi strategica), si tratta della campata di scavalco dell'autostrada e delle due adiacenti, per cui si ha: $V_N = 100$ anni e $C_U = 2.0$ (classe d'uso IV).

Nota l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido ag, l'accelerazione di picco a_{max} è valutata sulla base della risposta sismica locale:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove S_S è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione stratigrafica, S_T è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione topografica. Nella relazione geologica sono riportati, per vari punti lungo il tracciato, i parametri sismici di riferimento.

Nel seguito viene definita la categoria di sottosuolo e le azioni sismiche di progetto.

6.1.1 Categoria di sottosuolo

La classificazione della categoria di sottosuolo viene eseguita sulla base di misure dirette dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$. Si può ricavare il parametro $V_{s,30}$ mediante la relazione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Per la definizione della categoria di sottosuolo sismica, in accordo alla normativa vigente sono state eseguite indagini sismiche finalizzate alla determinazione della $V_{s,30}$, in particolare sono state eseguite prove sismiche di tipo MASW (nella campagna geognostica del 2011), prove Down-Hole (campagna d'indagine II fase del 2015) e prove MASW in concomitanza dei viadotti in progetto accoppiate con prove HVSR (nella campagna geognostica del 2018); nella tabella seguente sono sintetizzati i risultati (V_s e categoria sottosuolo). Come si osserva dalla tabella, in cui sono riportati i diretti risultati della $V_{s,30}$ lungo la verticale di prova, lungo il tracciato, i valori delle velocità delle onde di taglio identificano terreni di tipo B, di tipo C e di tipo E.

Tabella 25 – Categoria sottosuolo

INDAGINE	$V_{s,30}$ [m/s]	Categoria sottosuolo
B1	416	B
D9 - DH	318	C
D31 - DH	426	B
D33 - DH	414	B
S4 - MASW	403	E
S6 - MASW	321	C
S7 - MASW	447	B
S9 - MASW	367	B
S10 - MASW	282	C
MASW VI 01	308	C
MASW VI 02	339	C (*)
MASW VI 03	351	C (*)
MASW VI 04	287	C
MASW VI 05	361	E
MASW VI 06	353	E
MASW VI 07	260	E
MASW VI 08	481	B
MASW VI 09	306	C
MASW VI 10	506	B
MASW VI 11	445	B (*)
MASW VI 12	381	C/B (*)
(*) con importante inversione di velocità.		

Nelle relazioni di calcolo delle opere verrà definita per ogni singola opera la categoria di sottosuolo sulla base dell'indagine sismica più vicina. Per le opere con indagini sismiche che hanno evidenziato importanti inversioni delle velocità delle onde con la profondità, è stata appositamente analisi di risposta sismica locale.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

6.1.2 Azioni sismiche di progetto

Per il sito in esame, sulla base di quanto riportato nei capitoli precedenti, considerando il punto con l'accelerazione massima (avente coordinate longitudine 14.747 e latitudine 37.528, punto 47861 desunto dalla mappa di pericolosità sismica della relazione geologica) si ha:

- evento sismico atteso è di magnitudo (M) pari a 6.53;
- per $V_N=75$ anni, $C_U=1.5$, categoria di sottosuolo C: le accelerazioni massime attese al piano campagna sono pari a $a_{max} = 0.285$ g.
- per $V_N=100$ anni, $C_U=2.0$, categoria di sottosuolo C: le accelerazioni massime attese al piano campagna sono pari a $a_{max} = 0.336$ g.

Tabella 26 – Localizzazione sito con ag massima

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

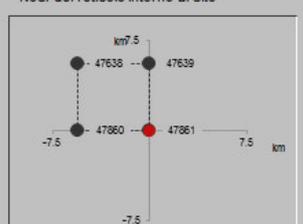
Tabella parametri

Reticolo di riferimento



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	172 di 322

$V_N=75$ anni, $C_U=1.5$, categoria di sottosuolo C

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
SLO	68	0.060	2.615	0.291
SLD	113	0.077	2.482	0.320
SLV	1068	0.204	2.455	0.515
SLC	2193	0.271	2.544	0.542

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.204 g
F_o	2.455
T_C	0.515 s
S_S	1.399
C_C	1.307
S_T	1.000
q	2.400

Parametri dipendenti

S	1.399
η	0.417
T_B	0.224 s
T_C	0.673 s
T_D	2.416 s

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	173 di 322

$V_N=100$ anni, $C_U=2.0$, categoria di sottosuolo C

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.078	2.498	0.323
SLD	201	0.093	2.658	0.340
SLV	1898	0.256	2.526	0.537
SLC	2475	0.285	2.560	0.547

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.256 g
F_o	2.526
T_C^*	0.537 s
S_S	1.312
C_C	1.289
S_T	1.000
q	2.400

Parametri dipendenti

S	1.312
η	0.417
T_B	0.231 s
T_C	0.692 s
T_D	2.625 s

6.2 LIQUEFAZIONE

L'analisi del rischio di potenziale liquefazione dei terreni è oggetto di apposita relazione, a cui si rimanda.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	174 di 322

7 OPERE D'ARTE MAGGIORI

Nel presente capitolo vengono descritte per le opere d'arte maggiori del tracciato in progetto, la stratigrafia, i parametri geotecnici di progetto, il livello di falda e la categoria di sottosuolo sulla base delle indagini più vicine all'opera in esame. La stratigrafia è in accordo a quanto riportato nel profilo stratigrafico longitudinale.

Per le fondazioni delle opere che ricadono in zona di alveo o golena di fiumi/torrenti si consiglia di assumere il livello di falda di progetto, per le opere a lungo termine, a quota p.c. locale.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	175 di 322

7.1 Viadotto VI10

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini indicate nella tabella seguente.

Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc /Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC / Prova DH
5 S09vi	40.0	204.0	3	2	-	5	2	-	TA[3÷10]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]

CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]

Inoltre è disponibile l'indagine sismica MASW-VI10.

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente: (quota riferimento +204 m s.l.m.):

STRATIGRAFIA	
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bbc	0.0÷6.0
bbis	6.0÷11.0
TRVa	11.0÷40.0
FALDA: +196.1 m s.l.m.	

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
bbc	19.5	75	0	25	185÷220	65÷90	150	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbis	19.5	-	0	34	230	100	250	$E_o / 3$	$E_o / 10$
TRVa	21.0	250 $z < 15m$ 300 $z > 15m$	5	24	300÷600(*)	170÷700	450-800	$E_o / 3$	$E_o / 10$

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_o = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) dalla prova MASW VI10

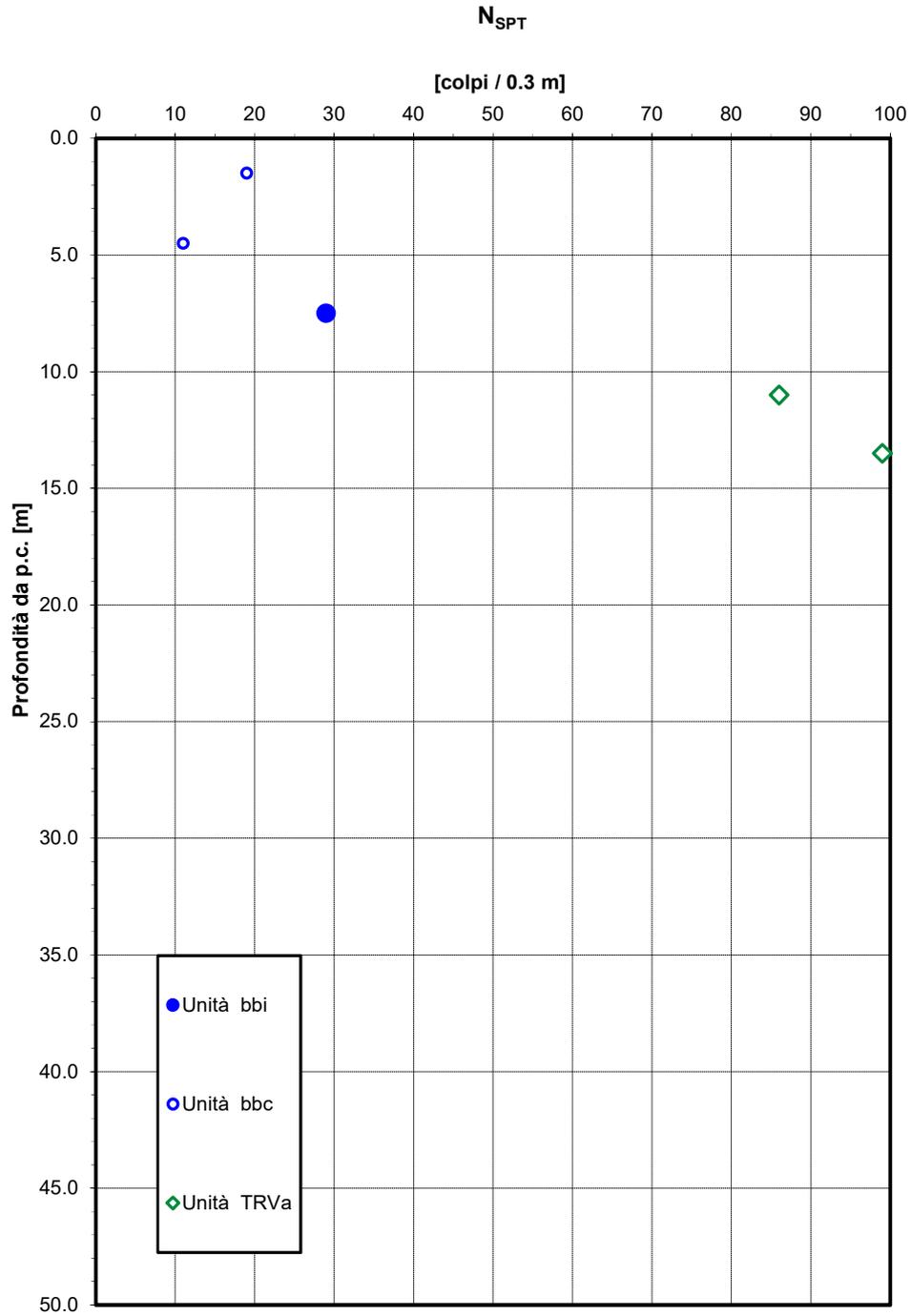


Figura 67 – Valori di N_{SPT} VI10

Densità relativa da prove SPT

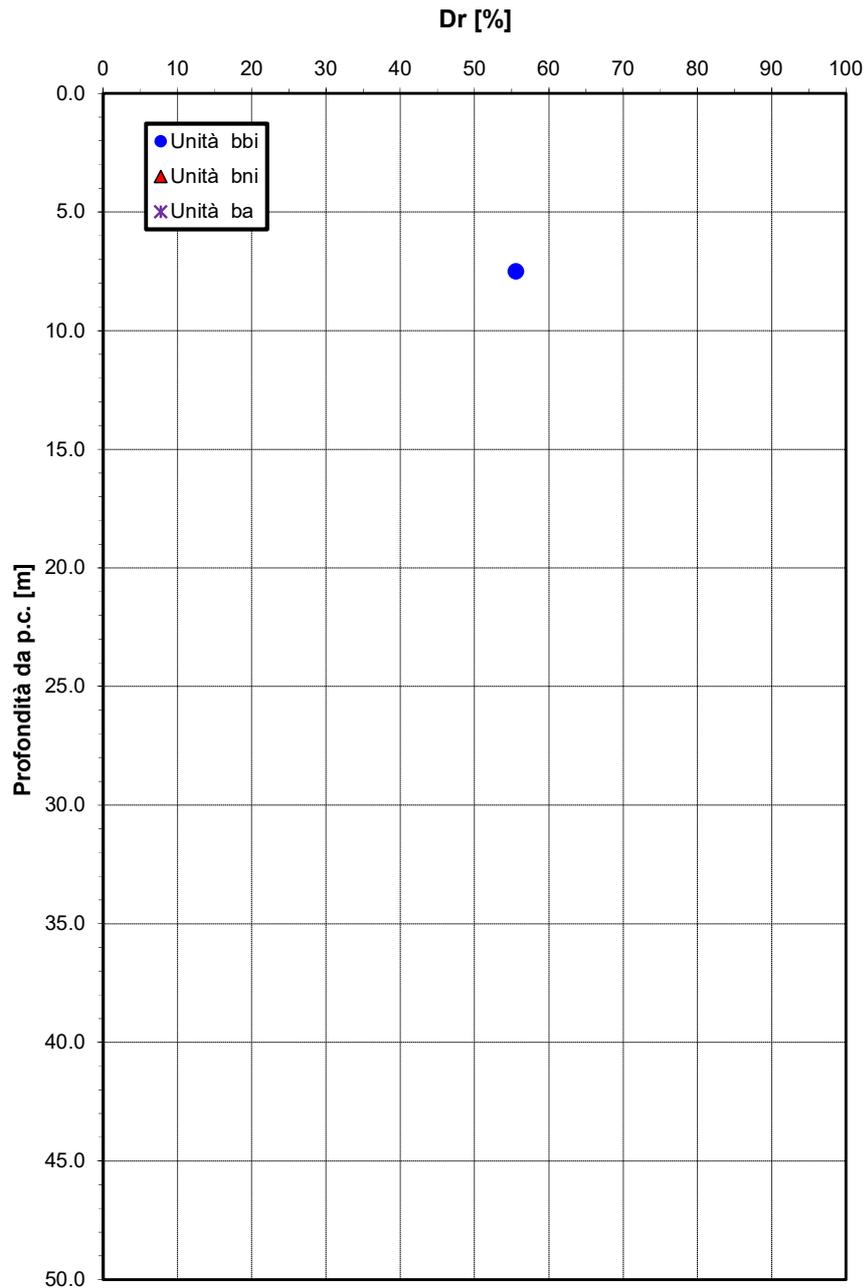


Figura 68 – Densità relativa da prove SPT VI10

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

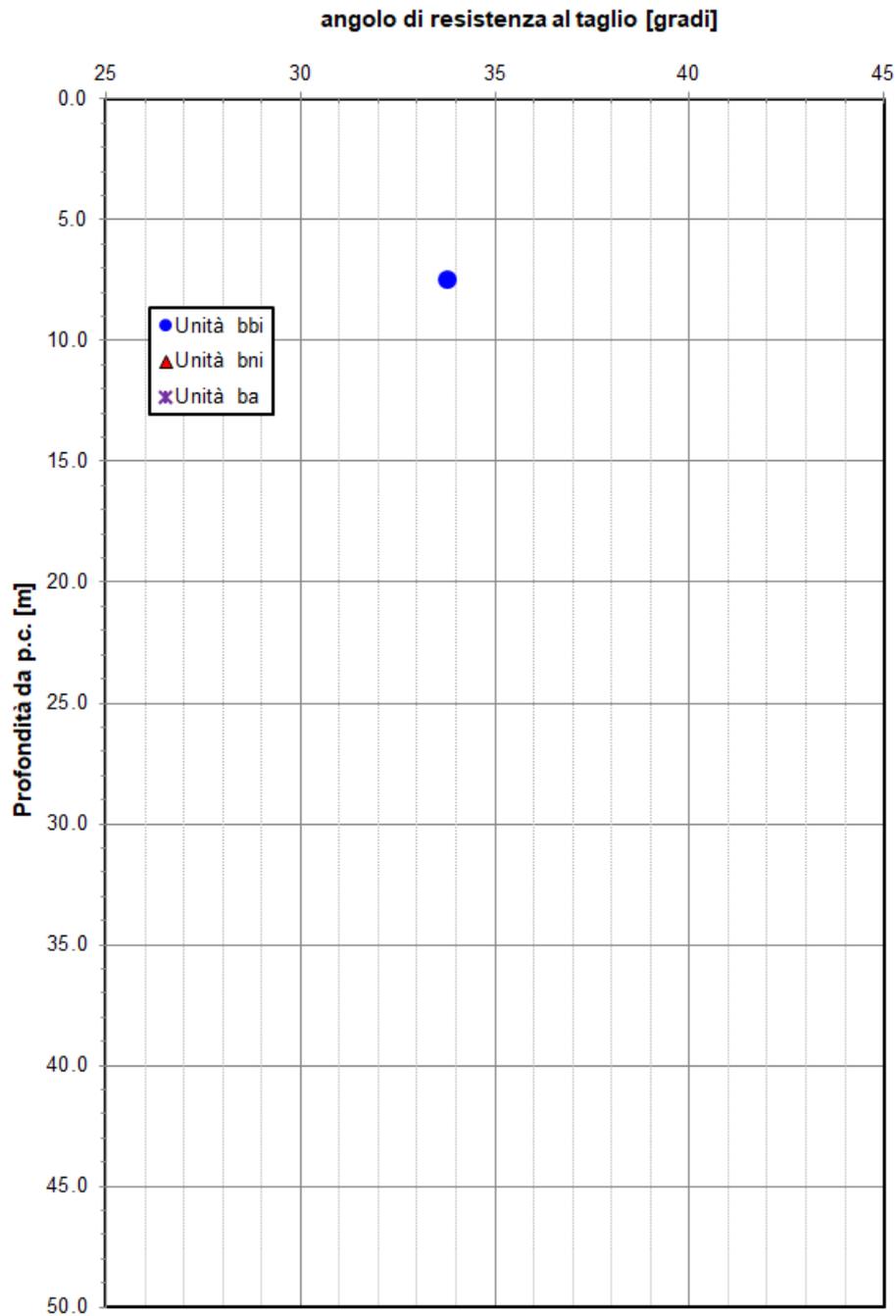


Figura 69 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT VI10

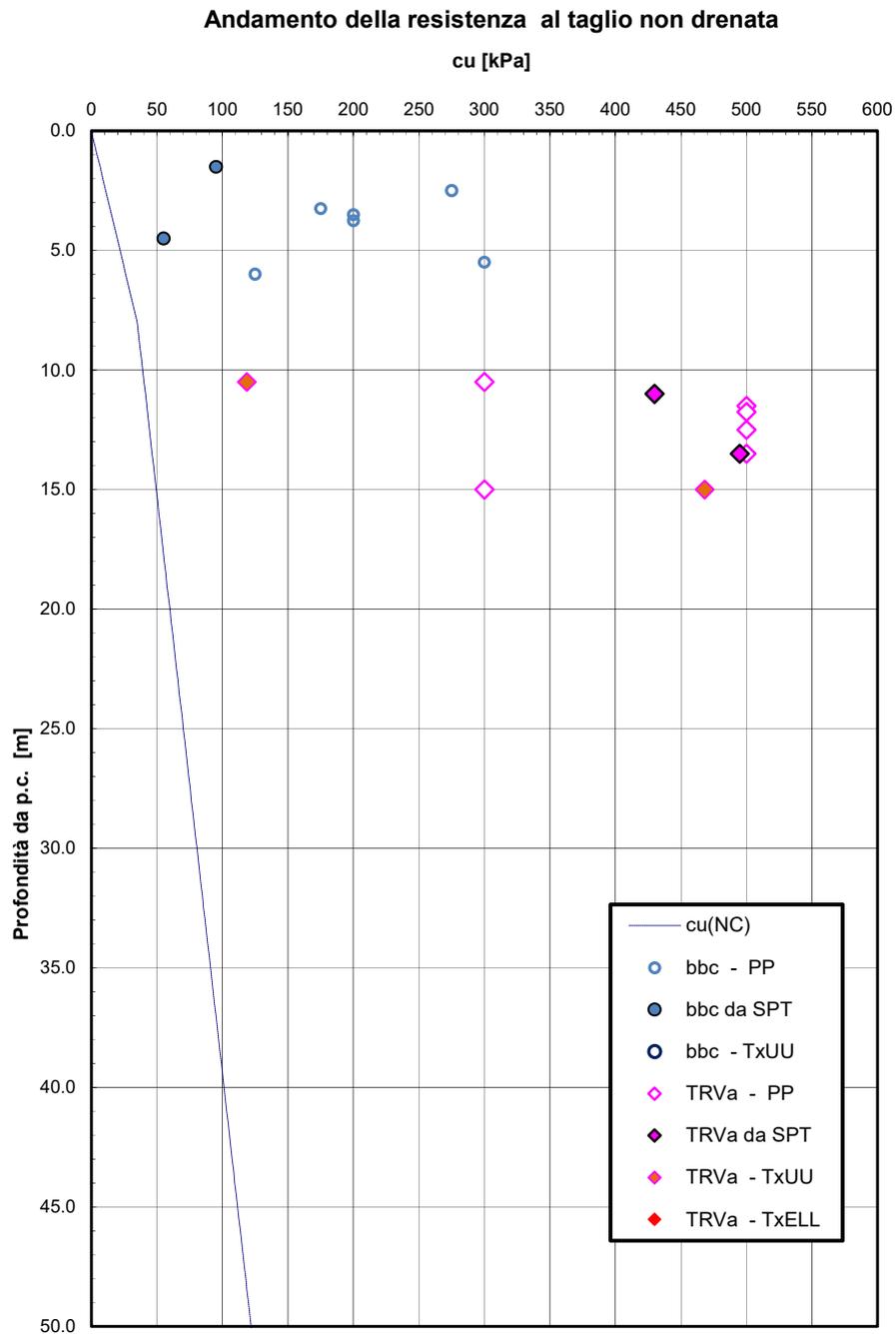


Figura 70 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate – VI10

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche

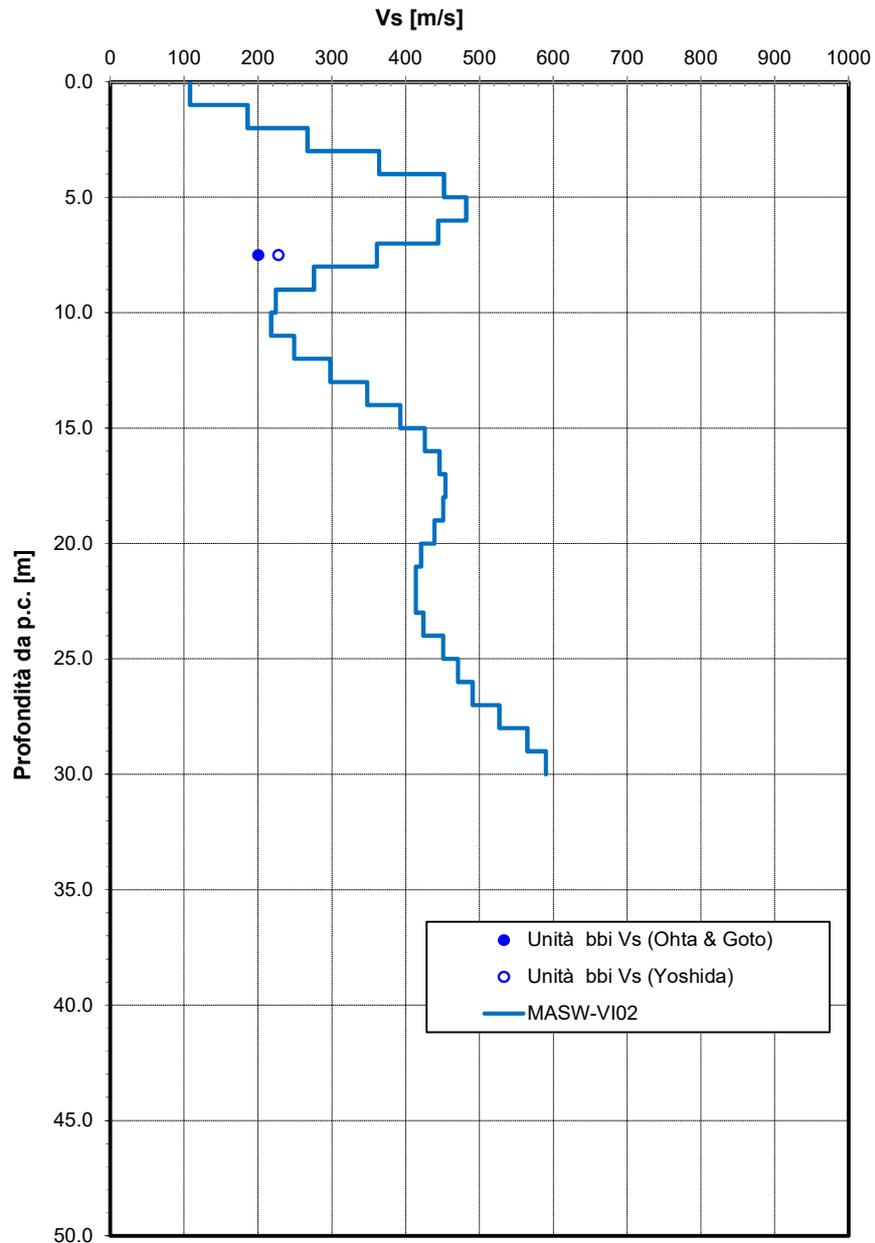


Figura 71 – Velocità delle onde di taglio Vs – VI10

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT, DH e MASW

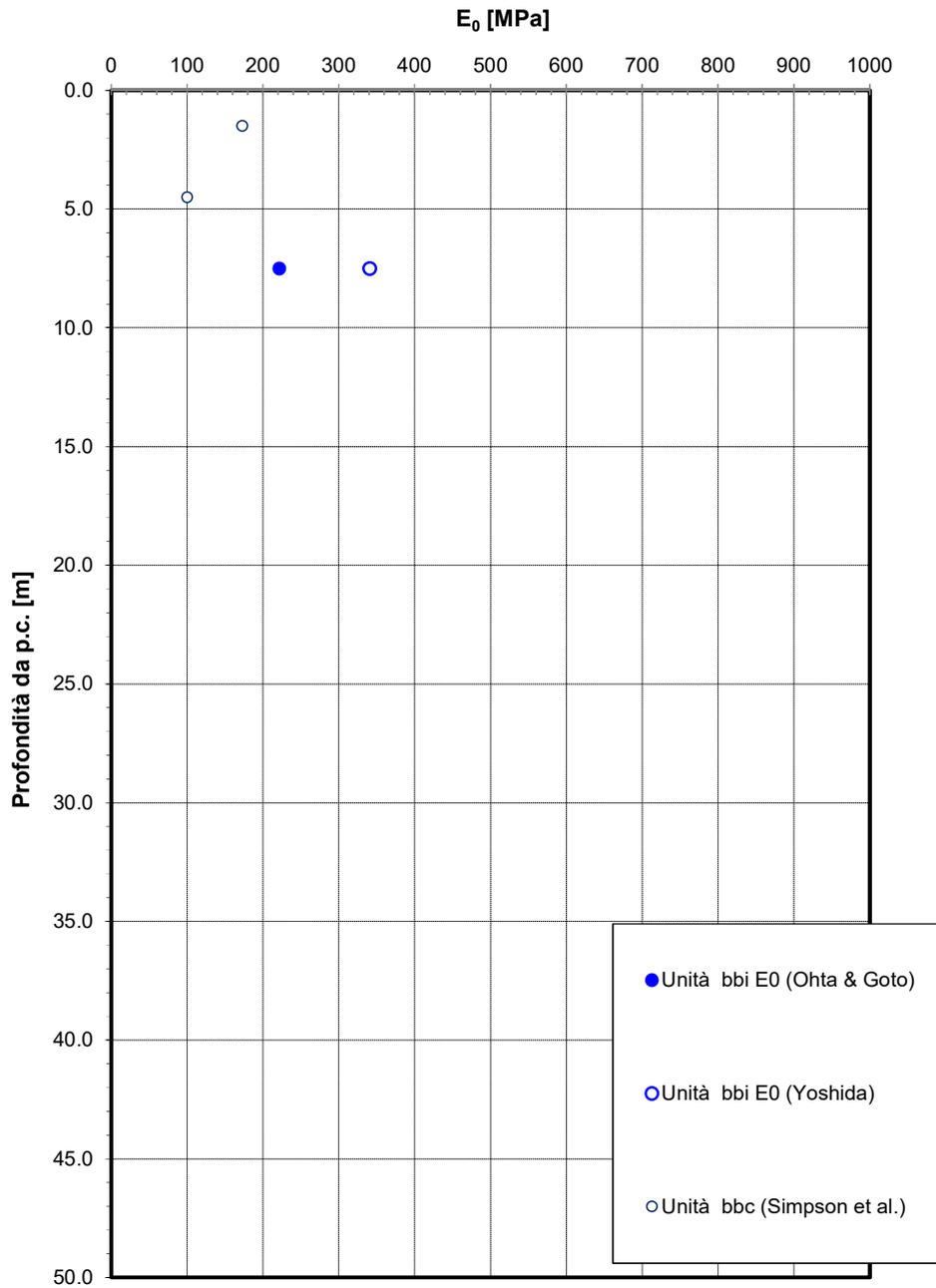


Figura 72 – Modulo di deformazione elastico da prove SPT – VI10

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

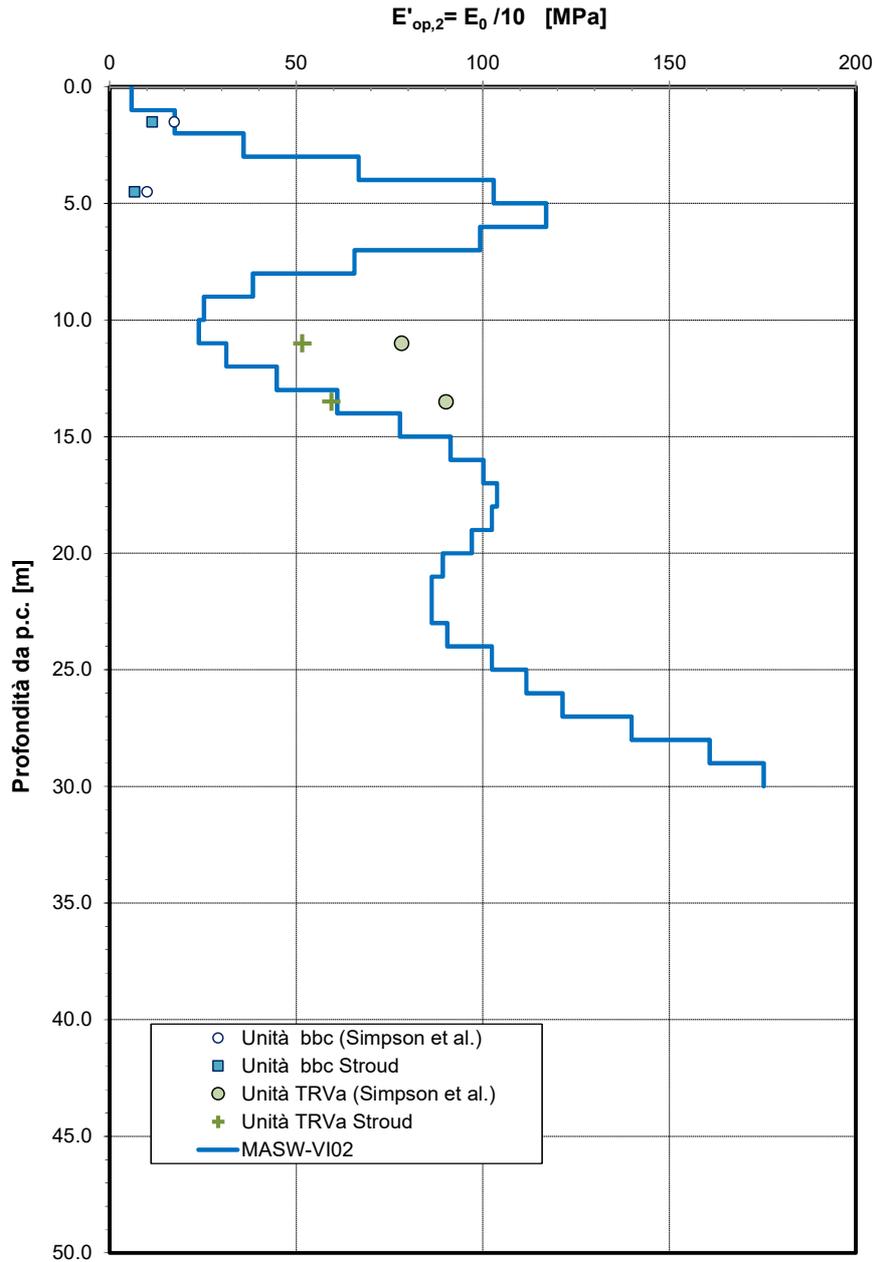


Figura 73 – Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT e sismiche – VI10

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	183 di 322

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

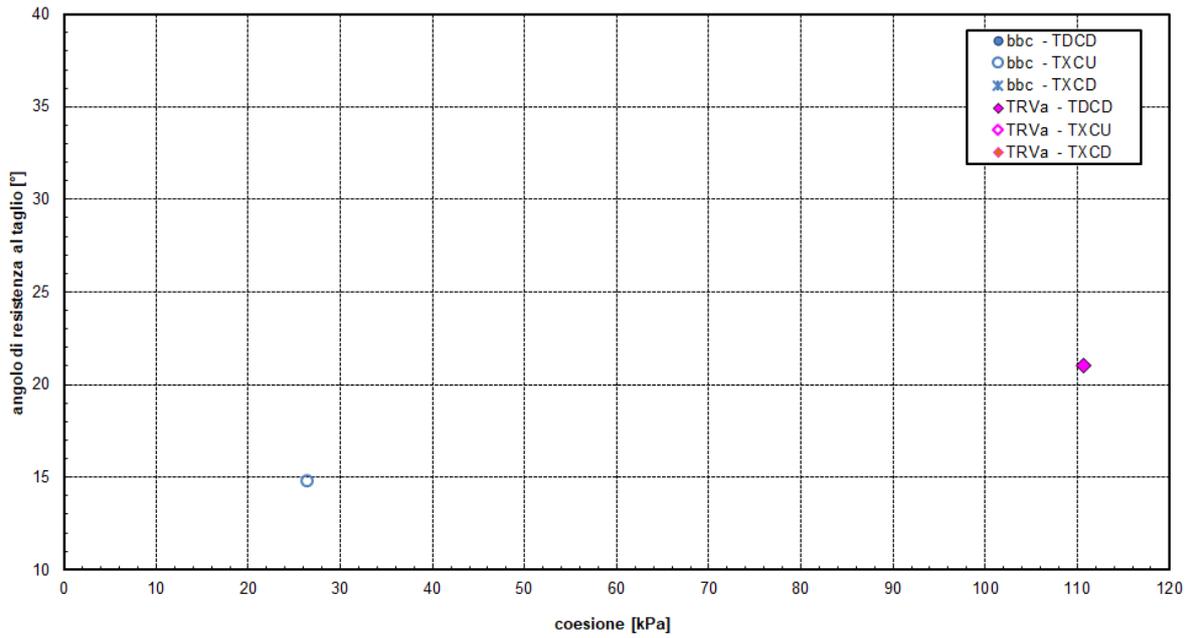


Figura 74 – Parametri di resistenza al taglio (laboratorio) – VI10

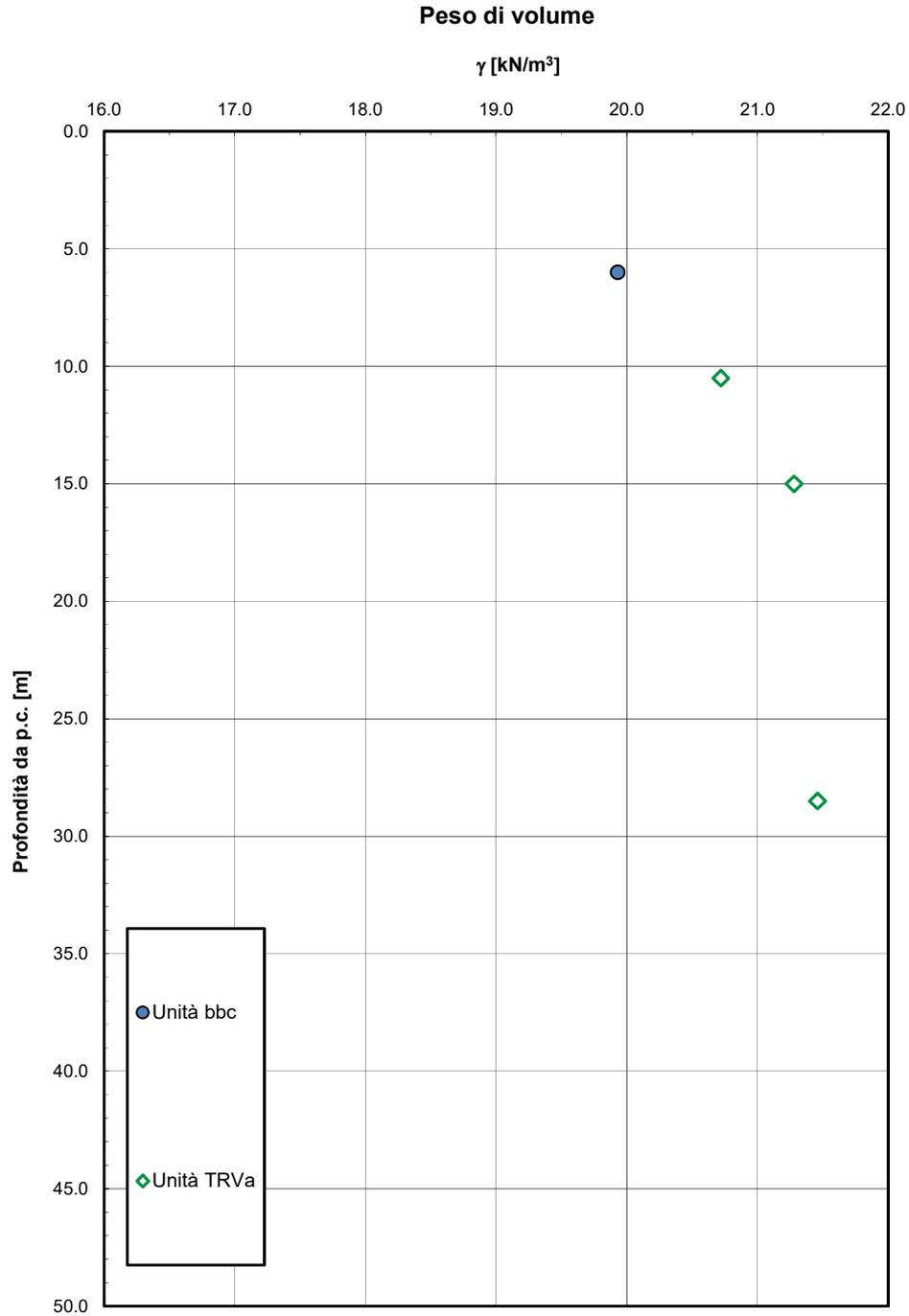


Figura 75 – peso di volume naturale – VI10



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	185 di 322

7.2 Viadotto VI11 dal km 9+896.3 al km 9+996.5

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini elencate nella tabella seguente.

Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc /Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC / Prova DH
5 S10vi	40.0	201.1	1	2	-	6	2	-	CC [25]
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]									
CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

Inoltre è disponibile l'indagine sismica MASW VI11.

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente: (quota riferimento +201 m s.l.m.):

STRATIGRAFIA	Profondità [m] da p.c.
Unità geotecnica	
bbc	0.0÷10.5
bbi	10.5÷11.5
bbc	11.5÷13.0
TRVa	13.0÷22.0
TRV	22.0÷40.0
FALDA: +193.4 m s.l.m.	

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	186 di 322

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Vs [m/s]	Go [MPa]	Eo [MPa]	E' _{op,1} [MPa]	E' _{op,2} [MPa]
bbc	19.5	100 z<9m 50 9<z<10.5m 75 11.5<z<13m	0	25	150÷400	20÷300	100÷250	Eo / 3	Eo / 10
bbi	19.5	-	0	31	220	100	250	Eo / 3	Eo / 10
TRVa	20.5	200 ÷ 250	5	24	300÷700(*)	170÷900	450-800	Eo / 3	Eo / 10
TRV	20.5	250 ÷ 300	5	24	300÷700(*)	170÷900	450-800	Eo / 3	Eo / 10

Dove:

γ = peso di volume naturale

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

Vs = velocità delle onde di taglio

Go = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

Eo = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E'_{op,1} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

E'_{op,2} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) dalle prova MASW VI11

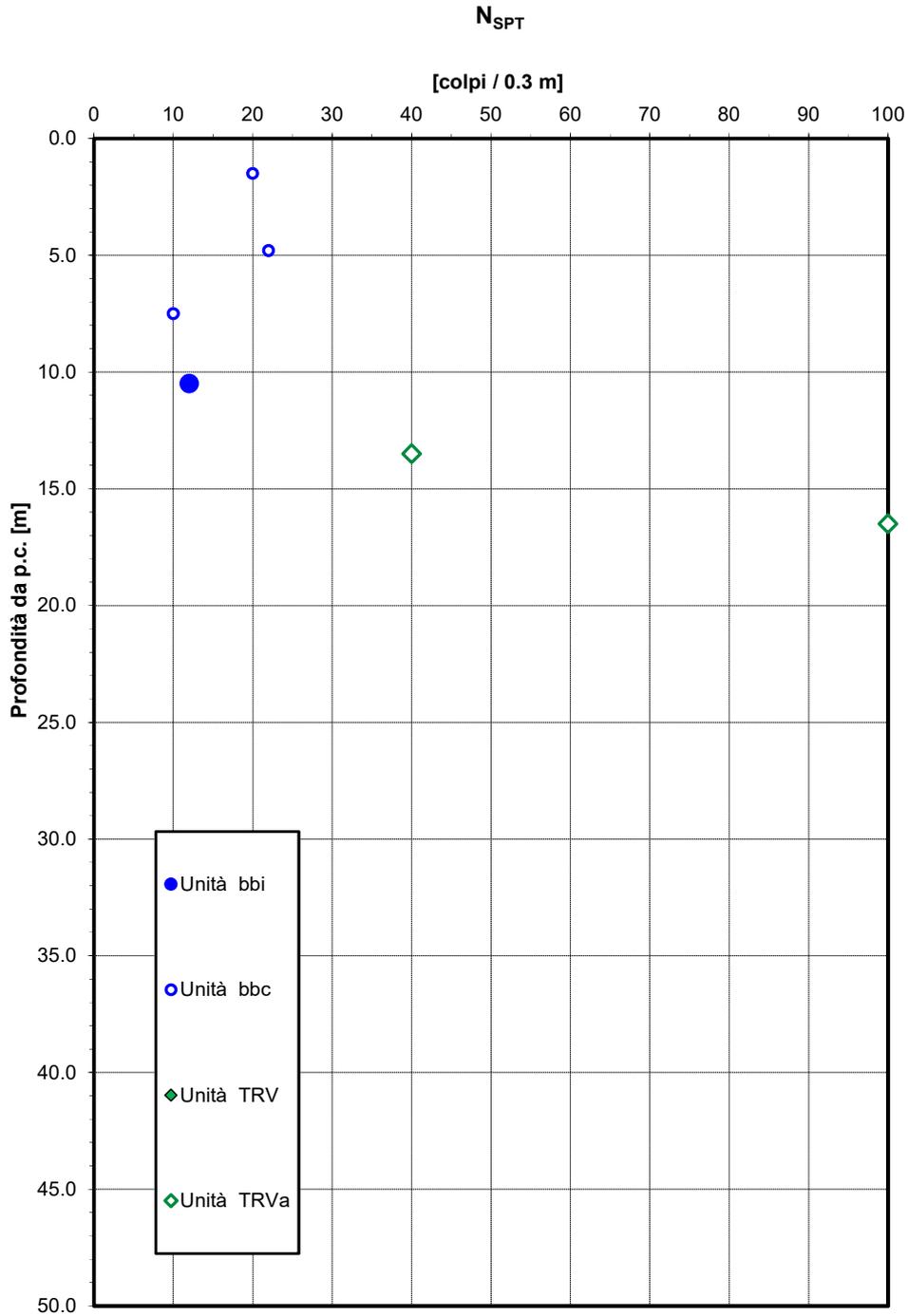


Figura 76 – Valori di N_{SPT} VI11

Densità relativa da prove SPT

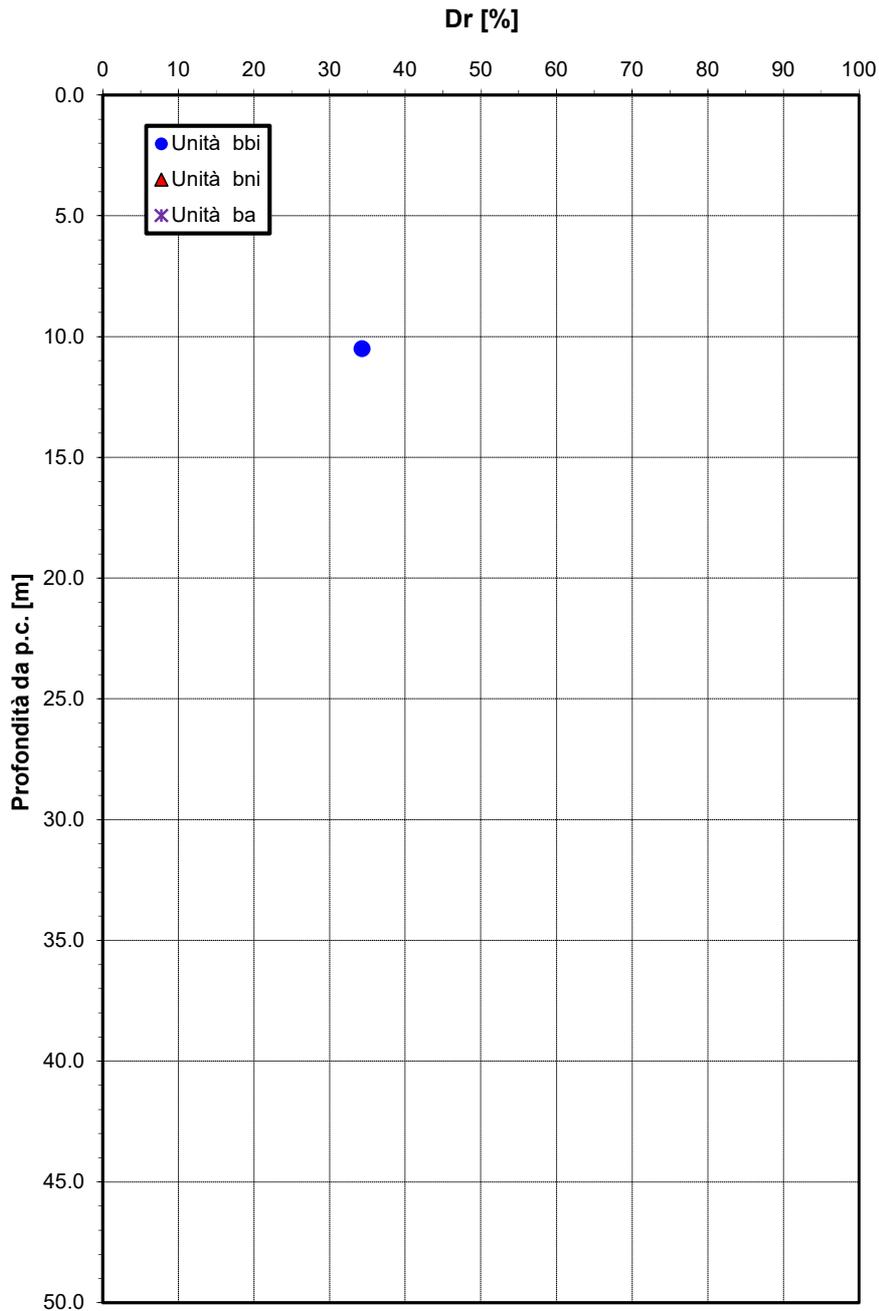


Figura 77 – Densità relativa da prove SPT VII1

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

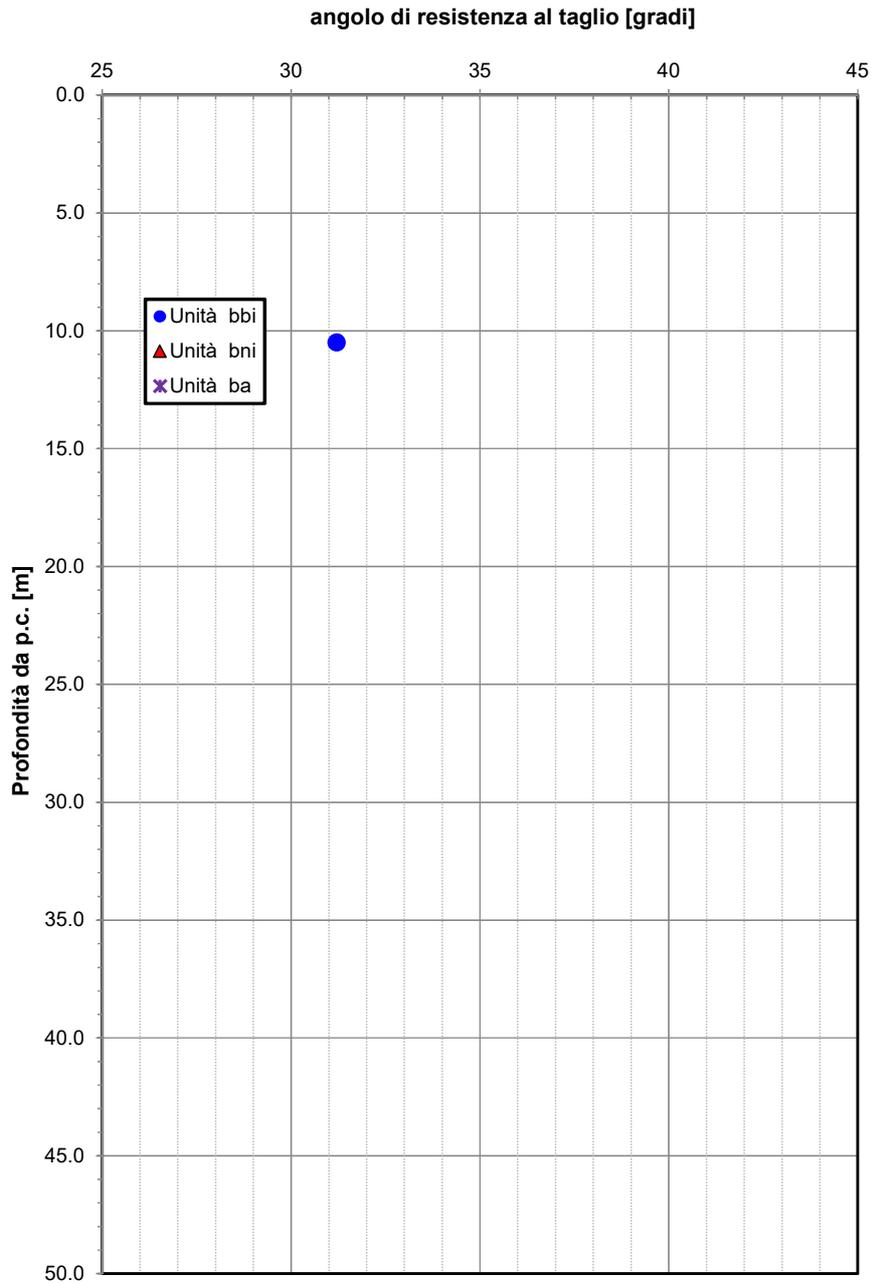


Figura 78 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT VI11

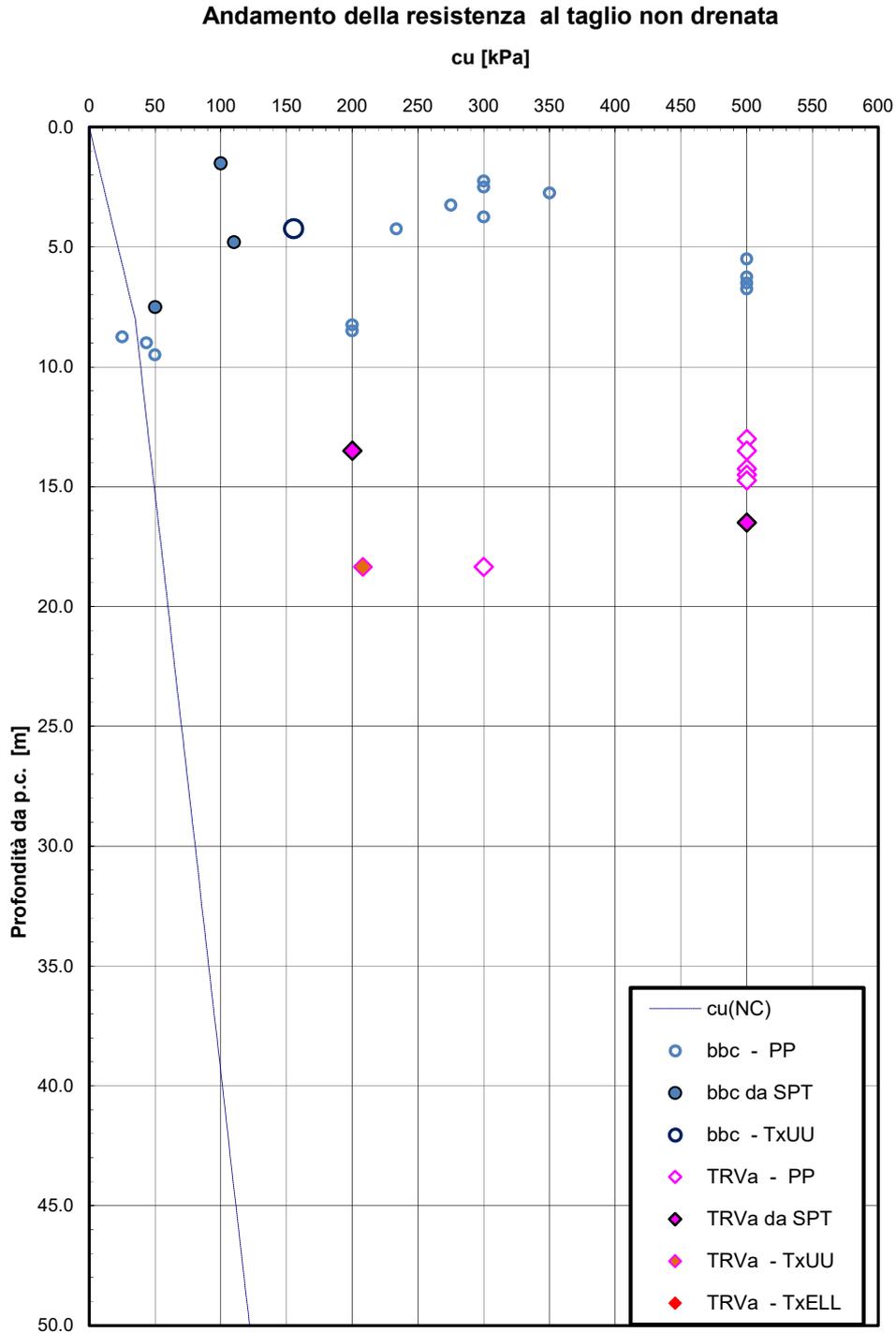


Figura 79 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate – VII 1

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

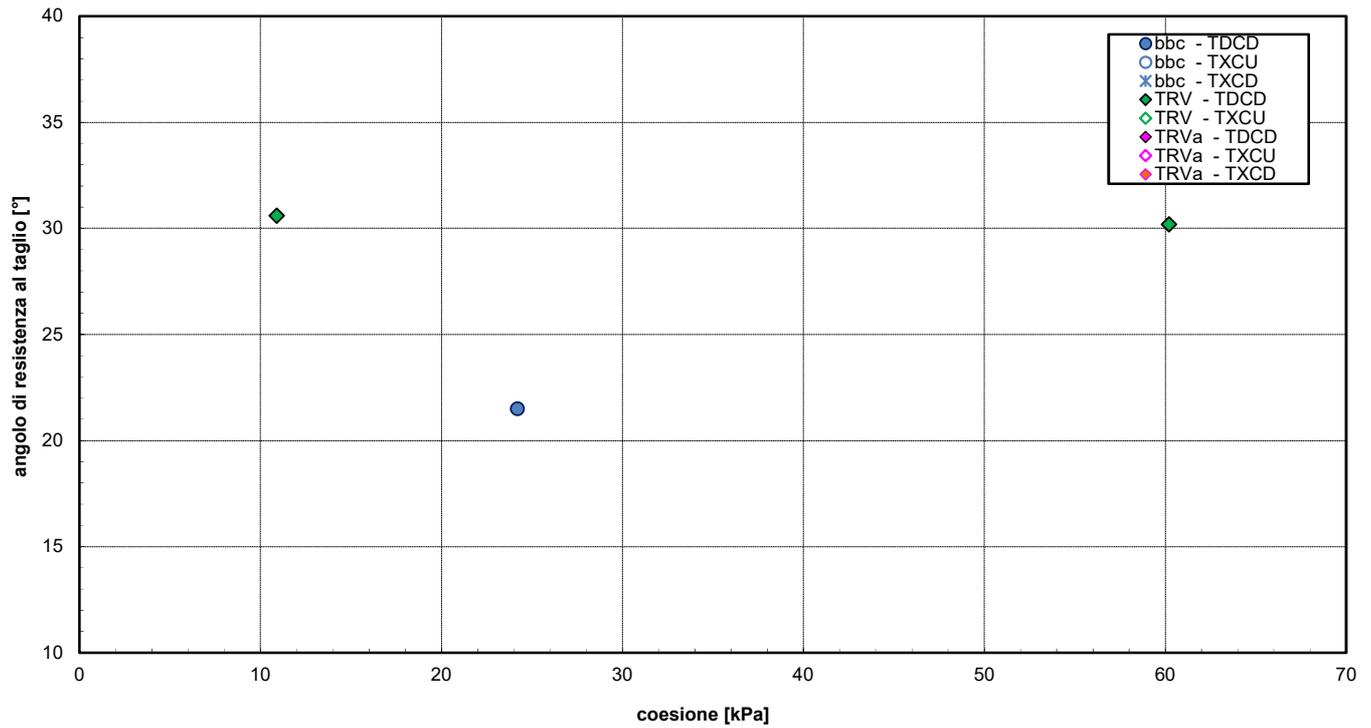


Figura 80 – Parametri di resistenza da laboratorio – VI11

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche

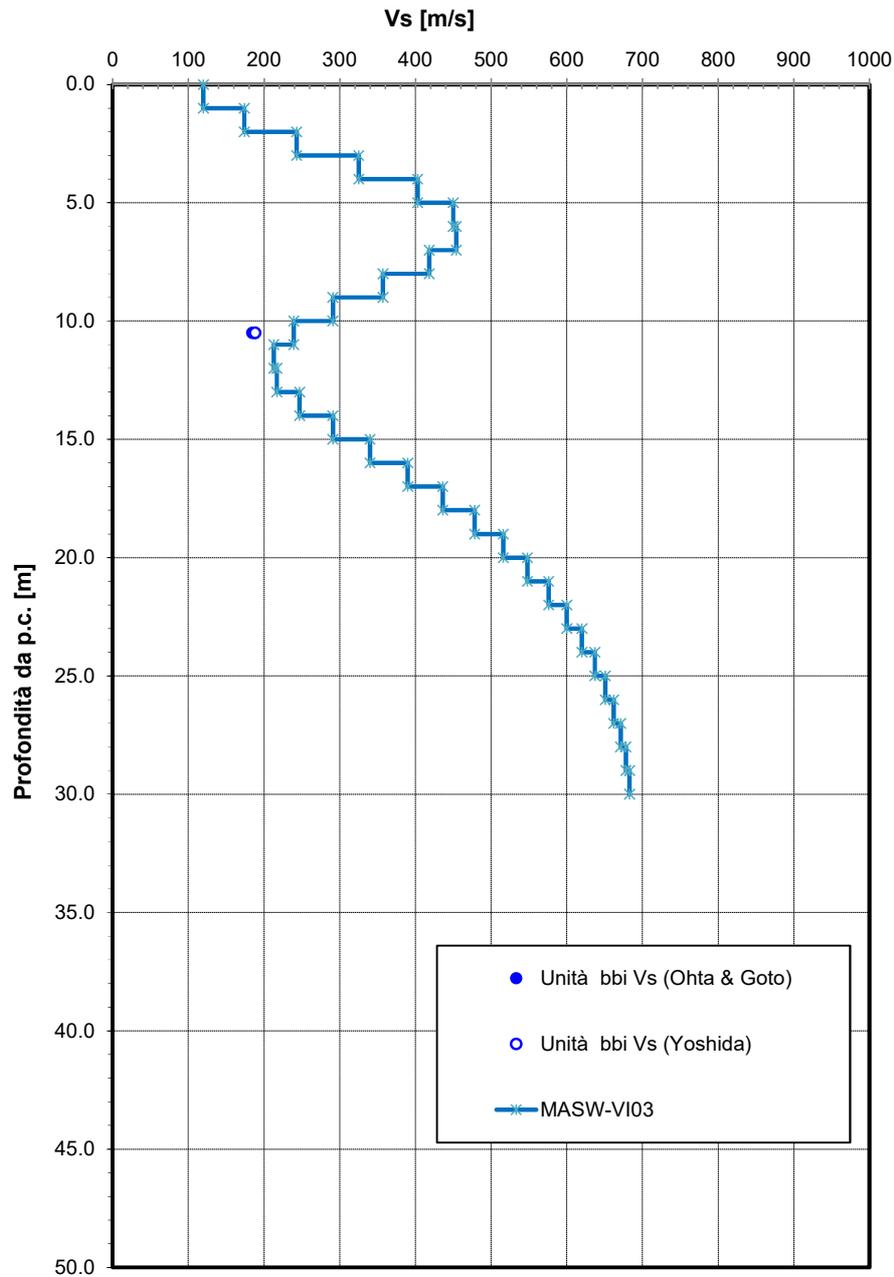


Figura 81 – Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismica MASW- VI11

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

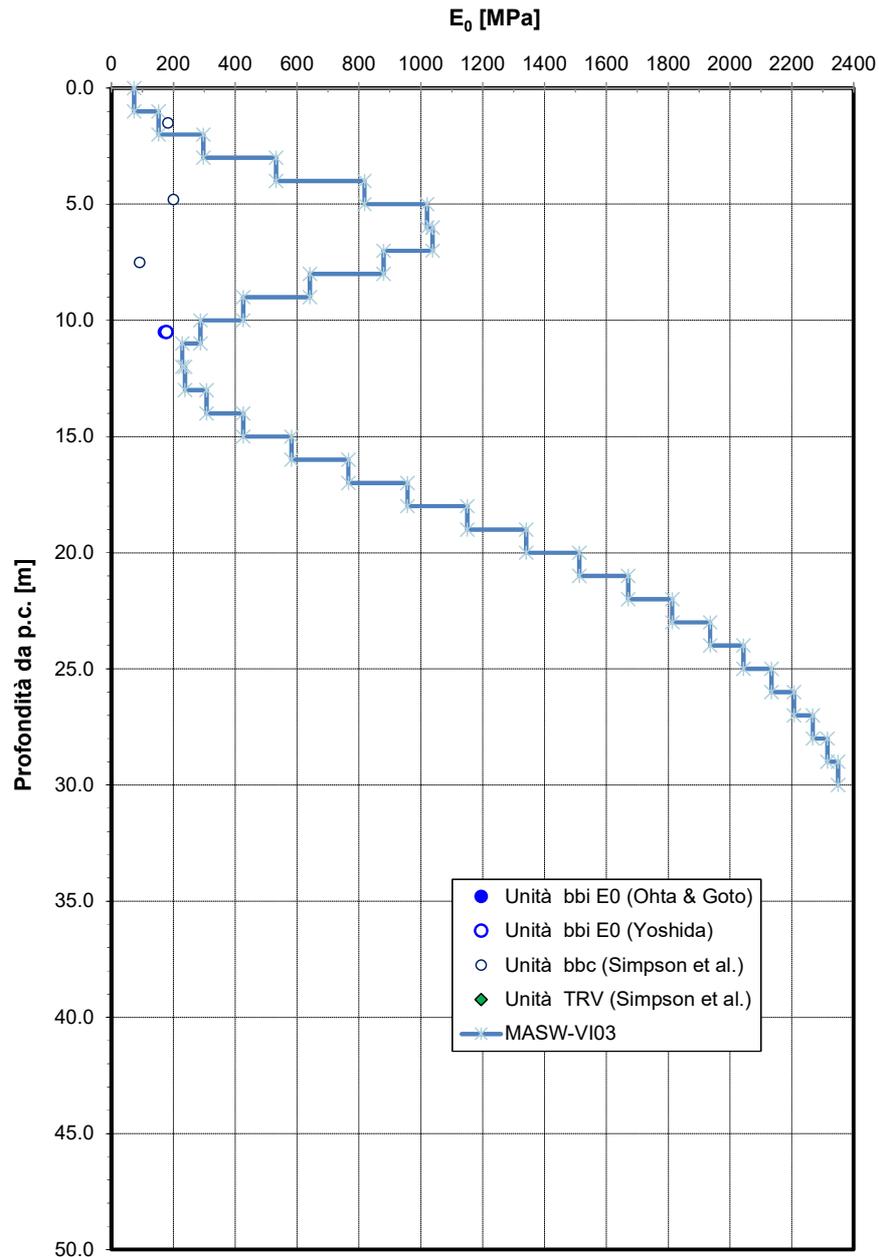


Figura 82 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT – VI11

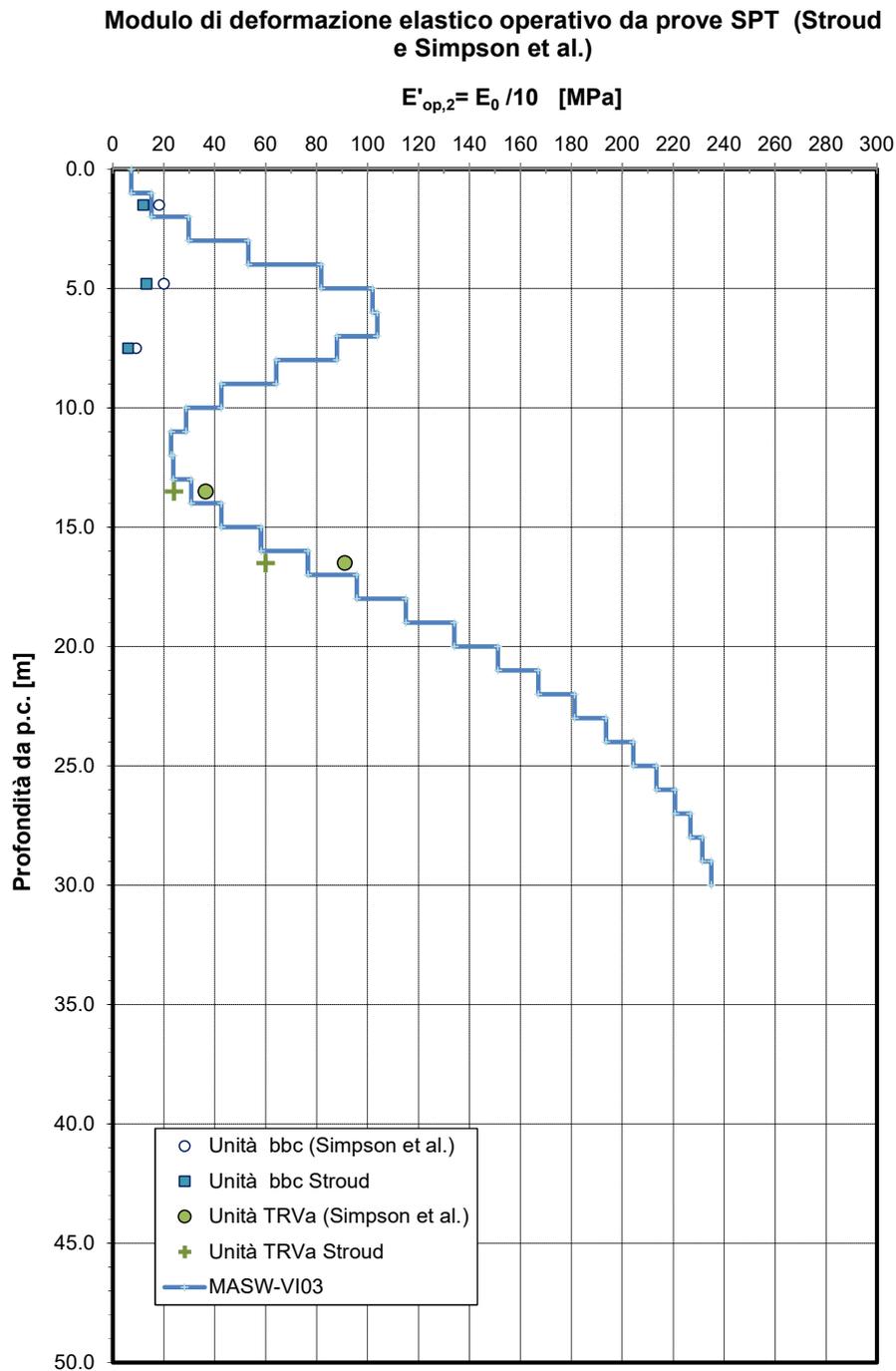


Figura 83 – Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT e sismiche – VI11



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	195 di 322

7.3 Viadotto VI12 dal km 10+454.3 al km 12+443.6

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini in sito elencate nella tabella seguente.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC
D3	40.0	194.91	3	4	-	4	2	-	TA[3÷12]
D7	30.0	184.50	2	5	-	4	2	-	TA[3÷12]
D10	40.0	188.9	3	8	-	6	3	-	TA[1÷14]
D4	30.0	188.0	3	10	-	7	2	1	CC [25]
D5	30.0	187.7	2	12	-	7	1	1	TA[3÷12]
D6	30.0	187.8	3	12	-	7	2	-	CC [25]
D8	30.0	185.3	2	10	-	7	1	2	TA[4.5÷12]
D9	40.0	185.6	3	6	-	6	2	1	DH [40]
D11	30.0	187.3	3	10	-	4	-	2	CC [18]
D12	30.0	187.4	2	9	-	5	-	-	TA[3÷12]
S9	30.0	198.8	1	6	-	4	1	-	[3÷12]
S11	40.0	204.0	2	9	-	4	2	-	[1÷12]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]
 CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]

Inoltre sono disponibili le indagini sismiche S10-MASW, Masw-VI12 e la prova Down-Hole nel foro di sondaggio D9.

Il livello massimo del livello di falda rilevato dai piezometri è variabile dai 3 ai 10 m di profondità dal p.c. in funzione della morfologia lungo lo sviluppo dell'opera.

Lungo lo sviluppo dell'opera la successione stratigrafica è piuttosto variabile evidenziando un terreno di copertura alluvionale di spessore da 6 a 14 m circa, generalmente prevalentemente coesivo, con talvolta uno spessore profondo incoerente ghiaioso di 2-4 m ed a seguire la formazione di base di Terravecchia. Nelle spalle la formazione di Terravecchia tende ad avvicinarsi al p.c., sempre sovrastata da una copertura alluvionale coesiva che è di formazione geologica terrazzata; inoltre è stati intercettato al passaggio tra le aluvioni e la formazione di base uno spessore di 0.5-1.0 m di terreno a matrice fine con ciottoli e blocchi di quarzarenite. Anche in corrispondenza delle pile 31 e 32 la formazione di Terravecchia tende ad avvicinarsi al p.c., con copertura alluvionale terrazzata sabbiosa.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	196 di 322

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente:

STRATIGRAFIA	Spalle
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bnc	0.0÷6.5
TRV	6.5÷40.0
FALDA: 3 m dal p.c. (+)	

STRATIGRAFIA	Da pila 1 a 11+600 e da 11+700 a 11+930
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bbc	0.0÷9.0
bbi	9.0÷12.0
TRV	12.0÷40.0
FALDA: 3 m dal p.c. (+)	

STRATIGRAFIA	Pile dal km 11+600 al km 11+700
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
ba	0.0÷4.0
bbi	4.0÷8.0
TRV	8.0÷30.0
FALDA: 0 m dal p.c. (+)	

STRATIGRAFIA	Pile dal km 11+930 al km 12+105
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
Rv	0.0÷0.4
bbc	0.4÷14.0
TRV	14.0÷40.0
FALDA: 5 m dal p.c. (+)	

STRATIGRAFIA	Pile dal km 12+105 al km 12+300
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
Rv	0.0÷0.4
bbc	0.4÷10.0
bbi	10.0÷15.0
TRV	15.0÷40.0
FALDA: 5 m dal p.c.	



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	197 di 322

STRATIGRAFIA	Pile dal km 12+300 al km 12+400
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
Rv	0.0÷0.4
bbc	0.4÷3.0
bbi	3.0÷7.5
TRV	7.5÷40.0
FALDA: 0 m dal p.c. (+)	

STRATIGRAFIA	Spalla B
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
Rv	0.0÷0.4
bnc	0.4÷3.0
TRV	3.0÷40.0
FALDA: 2 m dal p.c. (+)	

NOTE:

(+) Per il dimensionamento delle fondazioni che ricadono in zona di alveo e/o golena del fiume Dittaino, verrà assunto cautelativamente un livello di falda a p.c..

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Vs [m/s]	Go [MPa]	Eo [MPa]	E' _{op,1} [MPa]	E' _{op,2} [MPa]
ba	19.0	-	0	30	-	-	150	Eo / 3	Eo / 10
bbc	19.5	50÷120	0	25	140÷250	40÷120	100÷300	Eo / 3	Eo / 10
bbi	19.5	-	0	35	200÷300	80÷170	200÷450	Eo / 3	Eo / 10
bnc	19.5	100	5	25	-	-	200	Eo / 3	Eo / 10
TRV	21.0	150+5·z (z<30m) 300÷350 (z>30m)	5÷10	25	350÷600(*)	240÷700	600÷1000	Eo / 3	Eo / 10

Dove:

γ = peso di volume naturale

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

Vs = velocità delle onde di taglio

Go = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

Eo = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E'_{op,1} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

E'_{op,2} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) dalle indagini sismiche Down-Hole e MASW.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	198 di 322

Dalle indagini sismiche si definisce una categoria di sottosuolo di tipo C.

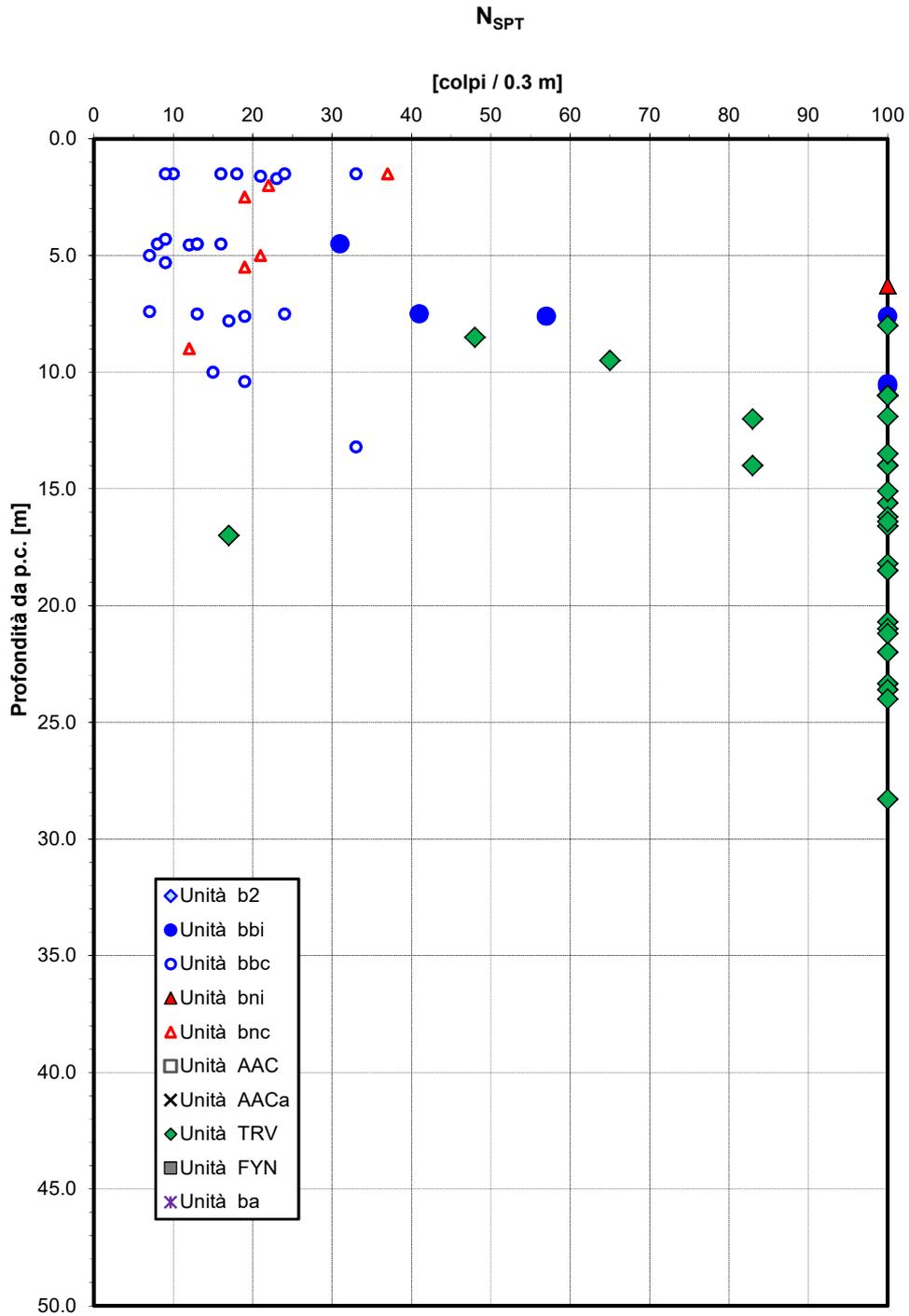


Figura 84 – Valori di N_{SPT} VII2

Densità relativa da prove SPT

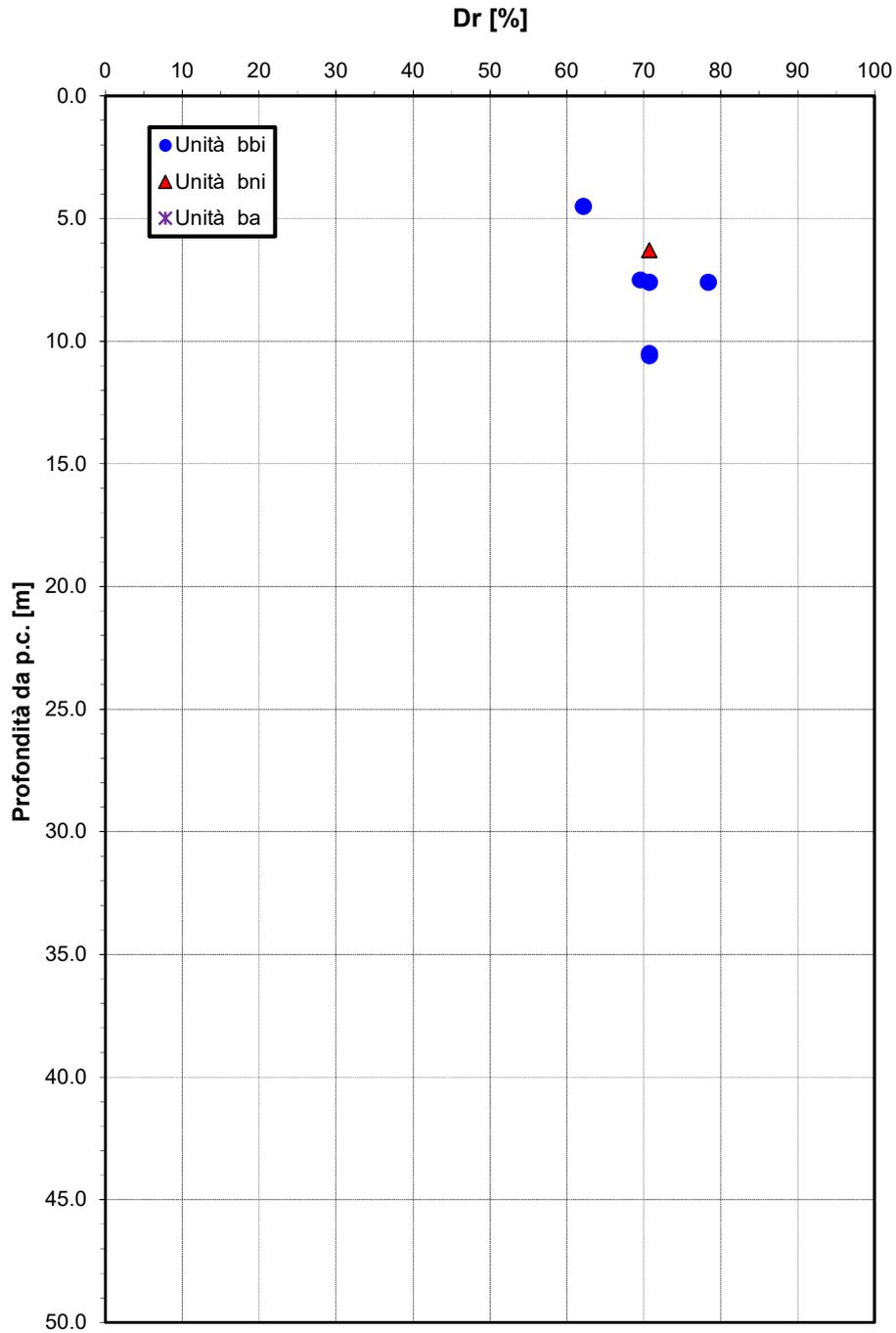


Figura 85 – Densità relativa da prove SPT VI12.

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

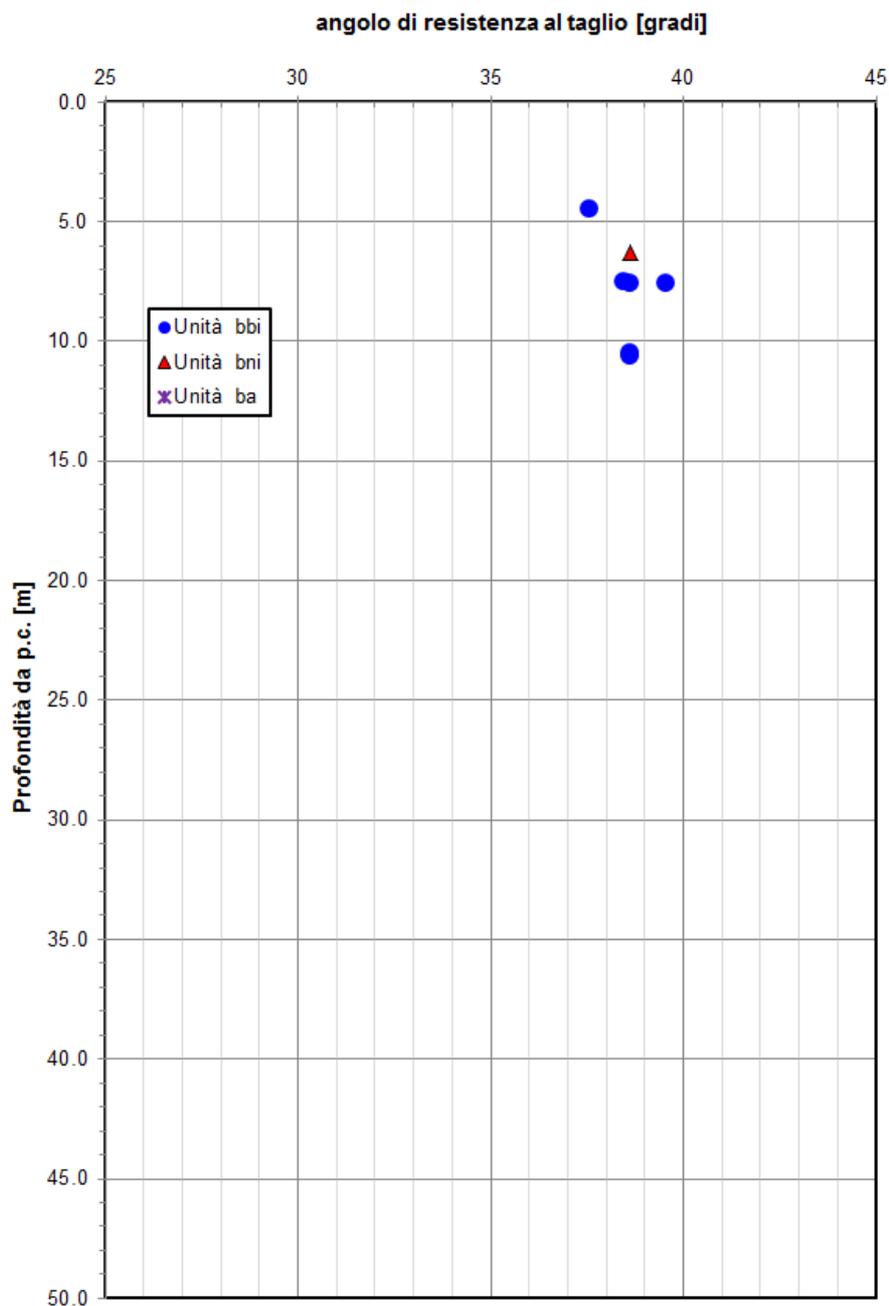


Figura 86 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT VII2.

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche

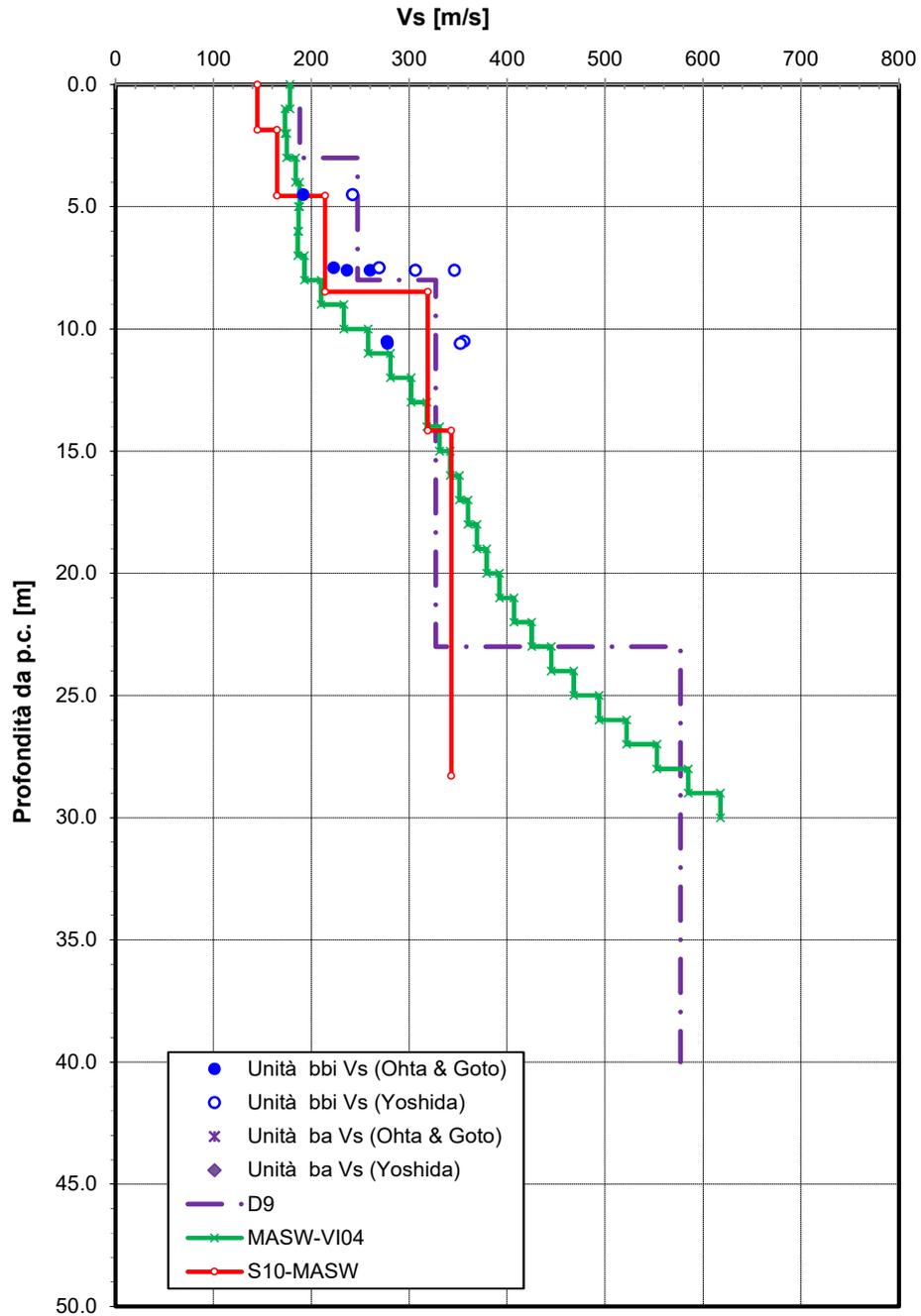


Figura 87 – Velocità delle onde di taglio da prove SPT – VII2

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

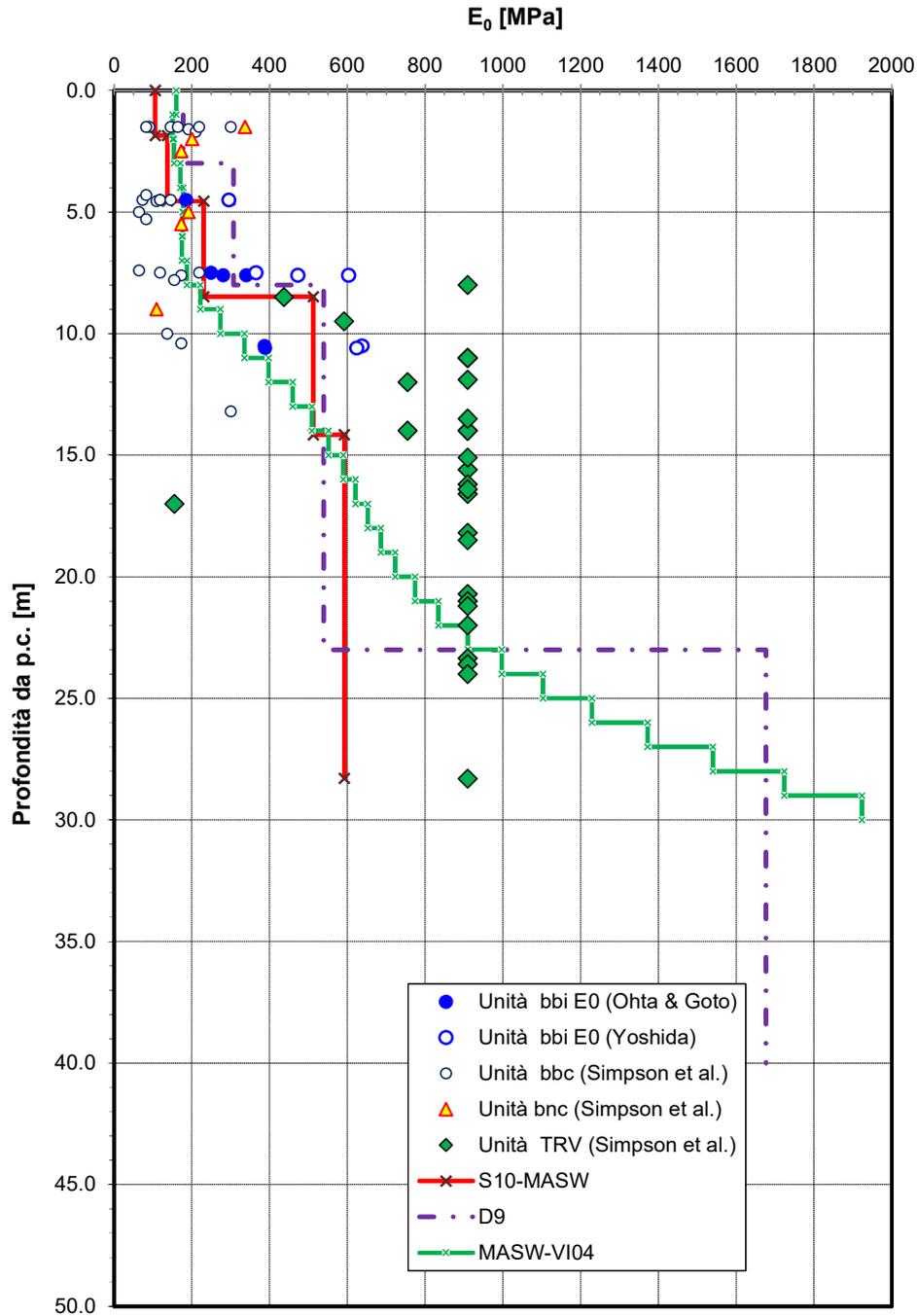


Figura 88 – Modulo di deformazione elastico iniziale E_0 da prove SPT, DH e MASW (VI12)

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

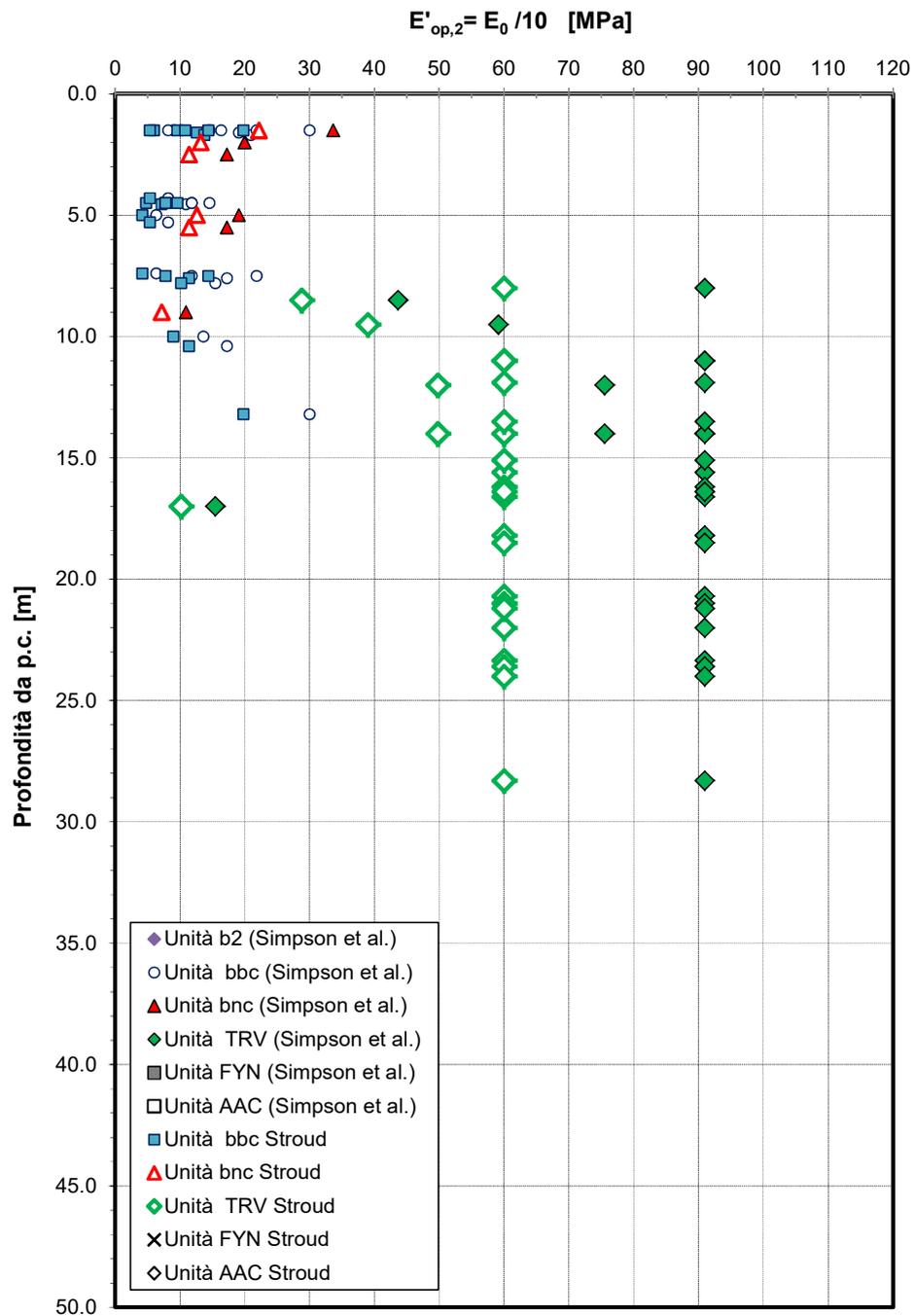


Figura 89 – Modulo di deformazione elastico operativo $E'_{op,2}$ da prove SPT (coesivi) – VII2

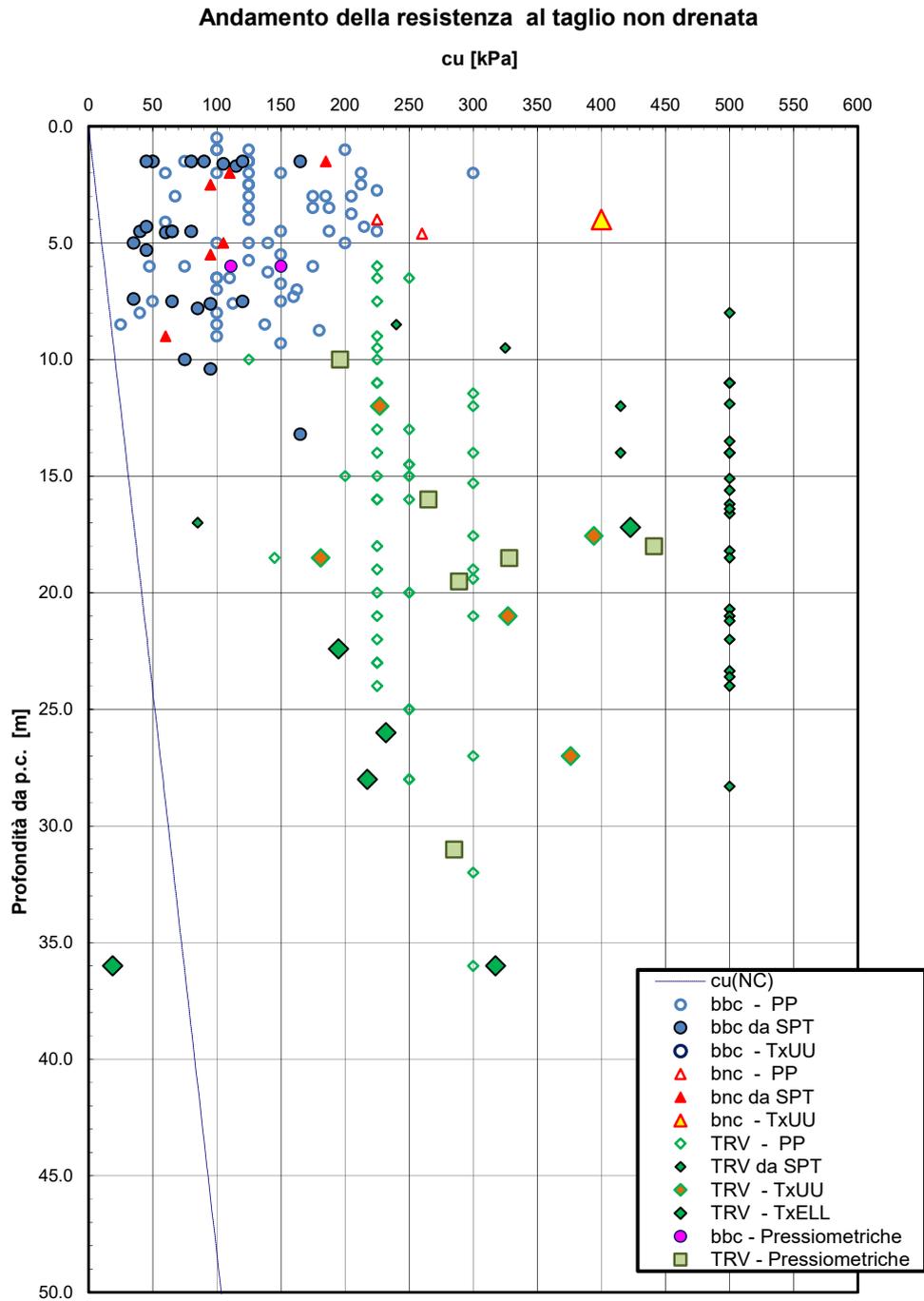


Figura 90 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate – VII2

Andamento della coesione con la profondità

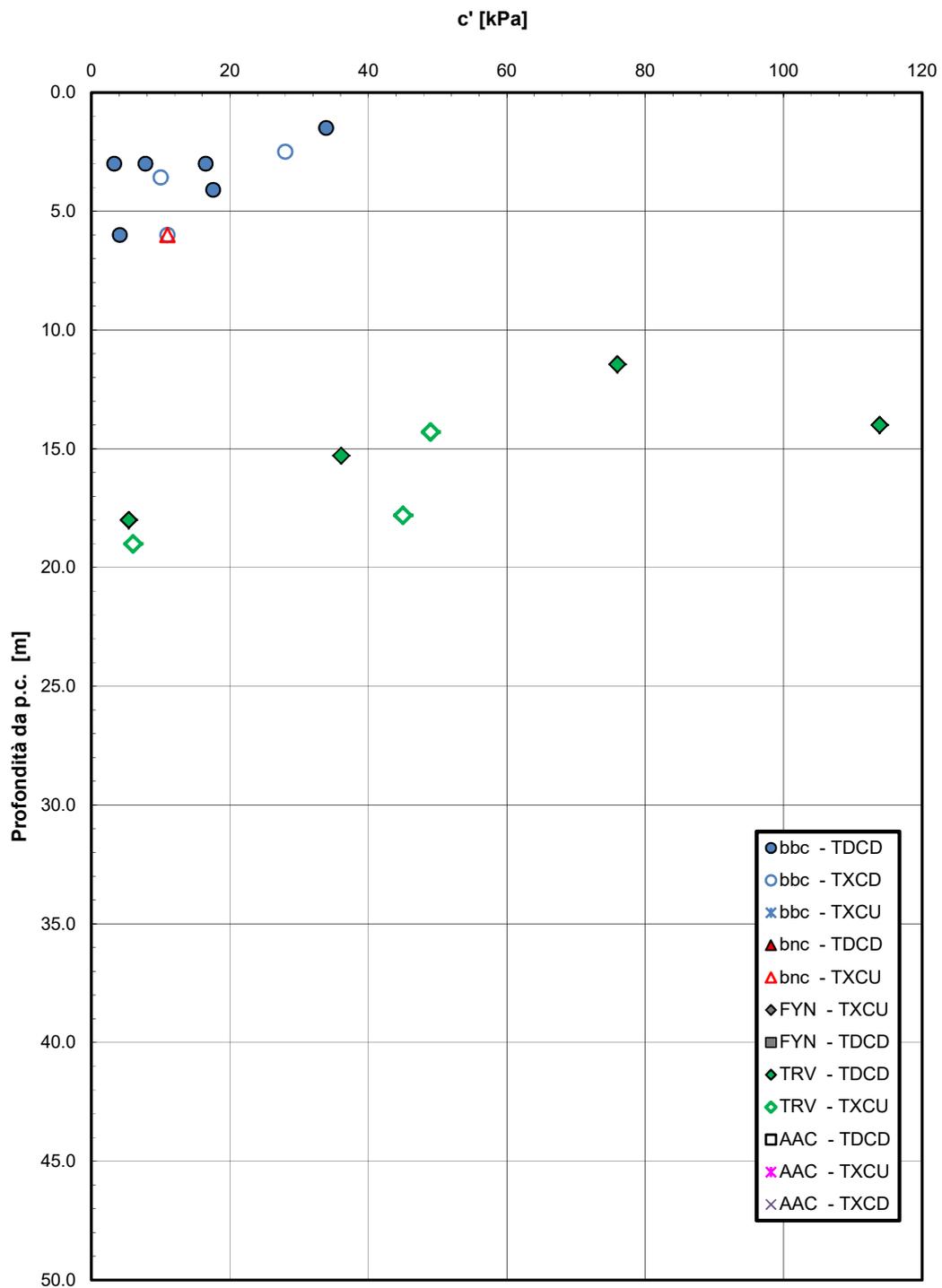


Figura 91 – Coesione drenata con la profondità – VI12

Andamento della resistenza al taglio con la profondità

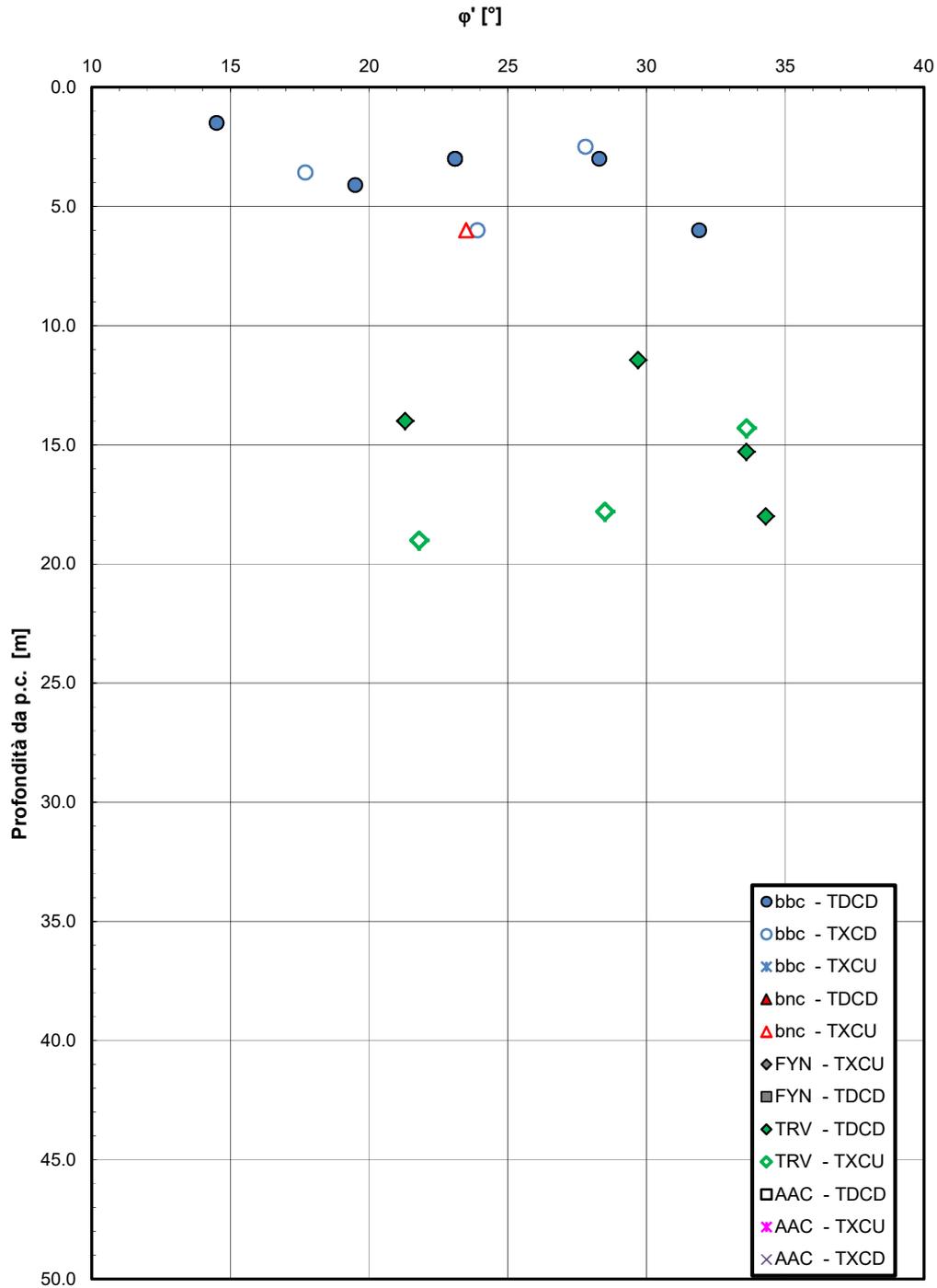


Figura 92 – Resistenza al taglio con la profondità – VI12

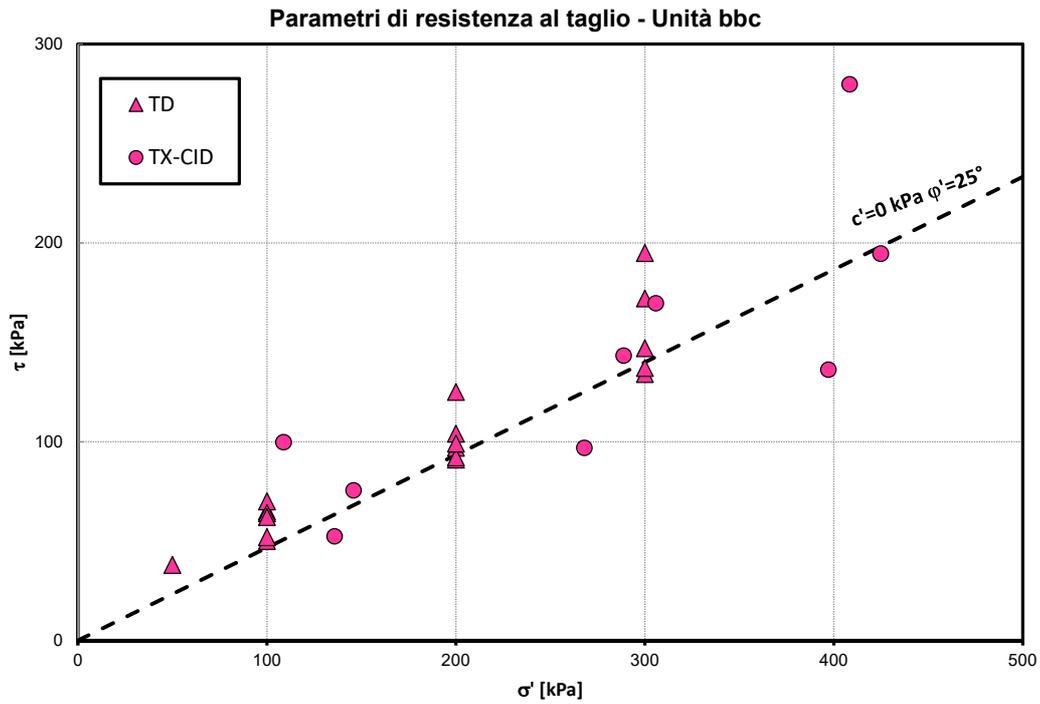


Figura 93 – Parametri di resistenza al taglio drenati – unità bbc (laboratorio) – VI12

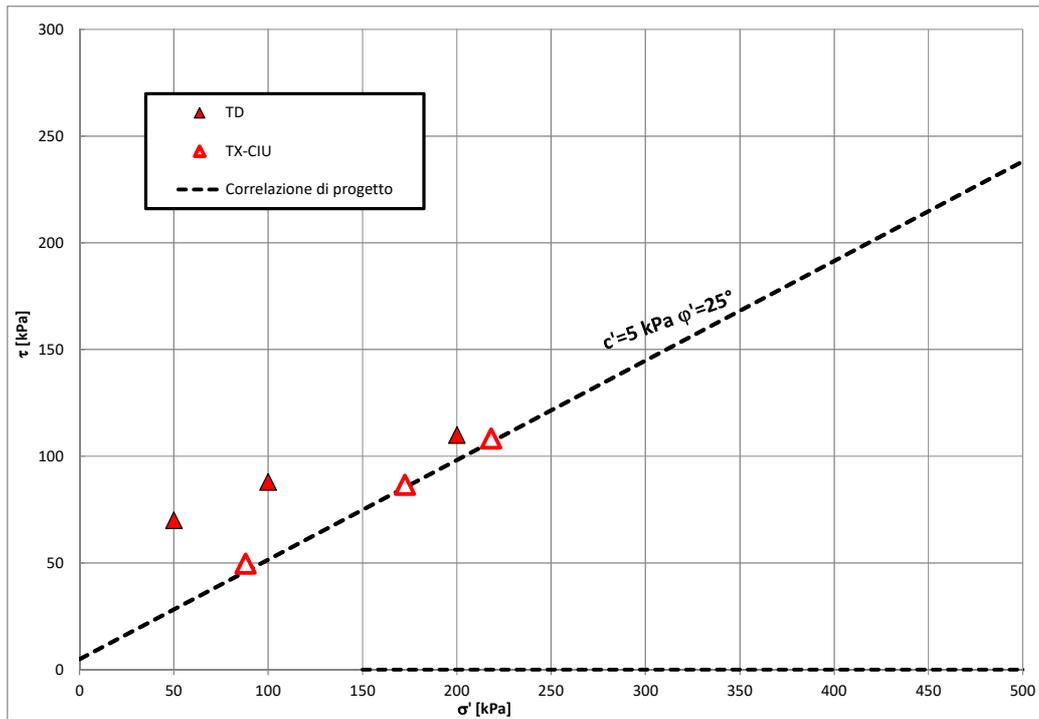


Figura 94 – Parametri di resistenza al taglio drenati – unità bnc (laboratorio) – VI12

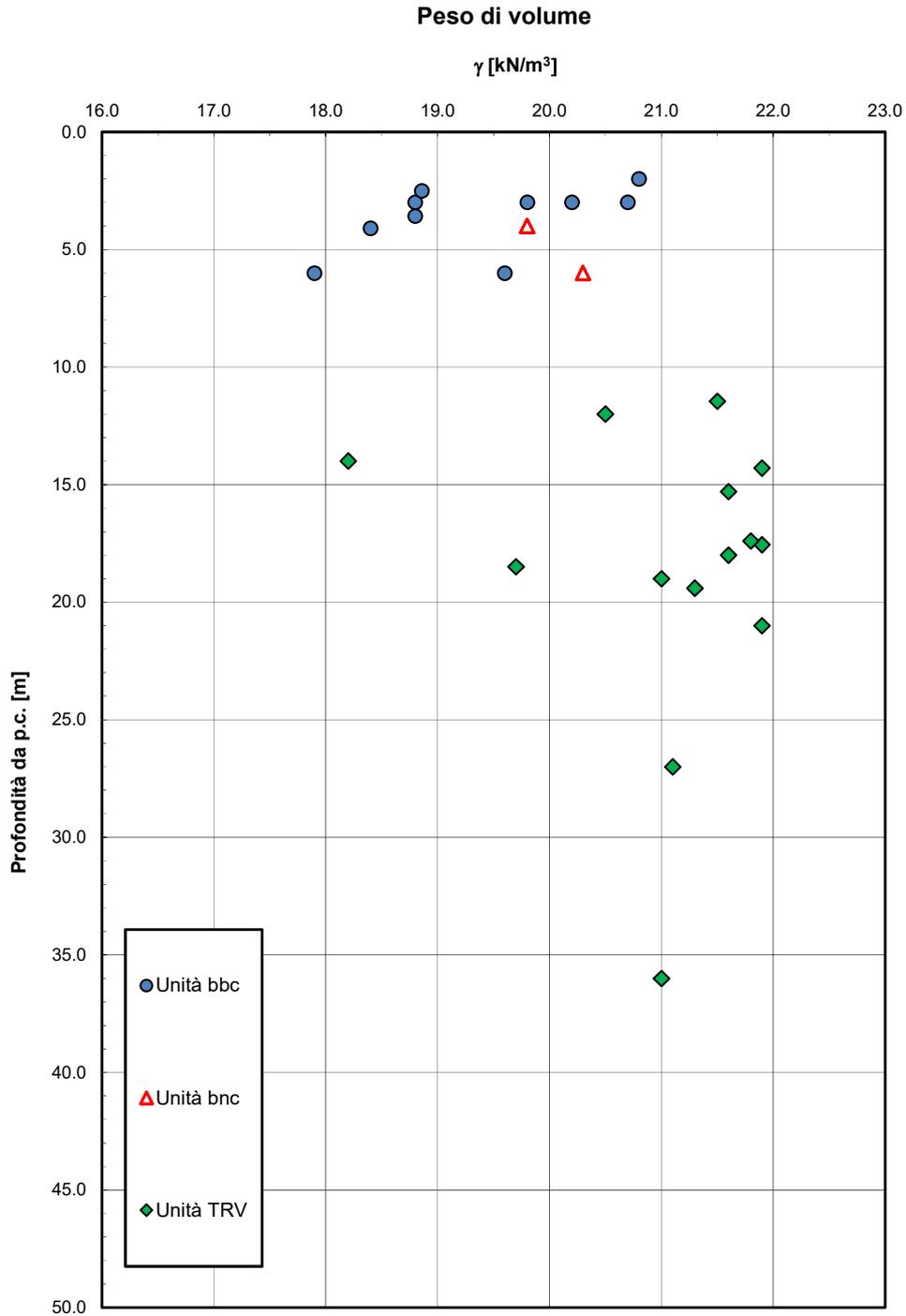


Figura 95 – Peso di volume naturale – VI12



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	210 di 322

7.4 Viadotto VII3 dal km 13+261.8 al km 13+352.4

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini in sito e le prove di laboratorio illustrate nella figura sottostante ed elencate nelle tabelle seguenti. Il sondaggio S8, ubicato in corrispondenza della spalla A del viadotto, evidenzia la presenza di terreno superficiale coesivo, quindi cautelativamente per il dimensionamento delle fondazioni si considera uno strato superficiale alluvionale coesivo. Il sondaggio D14 viene considerato per meglio caratterizzare la formazione di base.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC
D14	30.0	204.00	3	7	-	3	1	-	TA[9÷27]
S8	30.0	185.3	1	7	-	4	1	-	TA[3÷12]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]
 CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]

In corrispondenza dell'opera è stata eseguita l'indagine sismica Masw-VI05.

Il livello massimo di falda rilevato dal piezometro è a quota +175 m s.l.m.; lo strumento non è più disponibile dal 2014 in quanto distrutto (*).

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente:

STRATIGRAFIA	
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bbc	0.0÷7.0
TRV	7.0÷40.0

FALDA: +175 m s.l.m. (*)

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
bbc	19.5	100	0	25	120÷230(*)	30÷100	70÷250	$E_o / 3$	$E_o / 10$
TRV	20.5	150 (z<30 m) 250 (z>30 m)	5	24	300÷800(*)	170÷1000	450÷900	$E_o / 3$	$E_o / 10$

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	211 di 322

G_0 = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

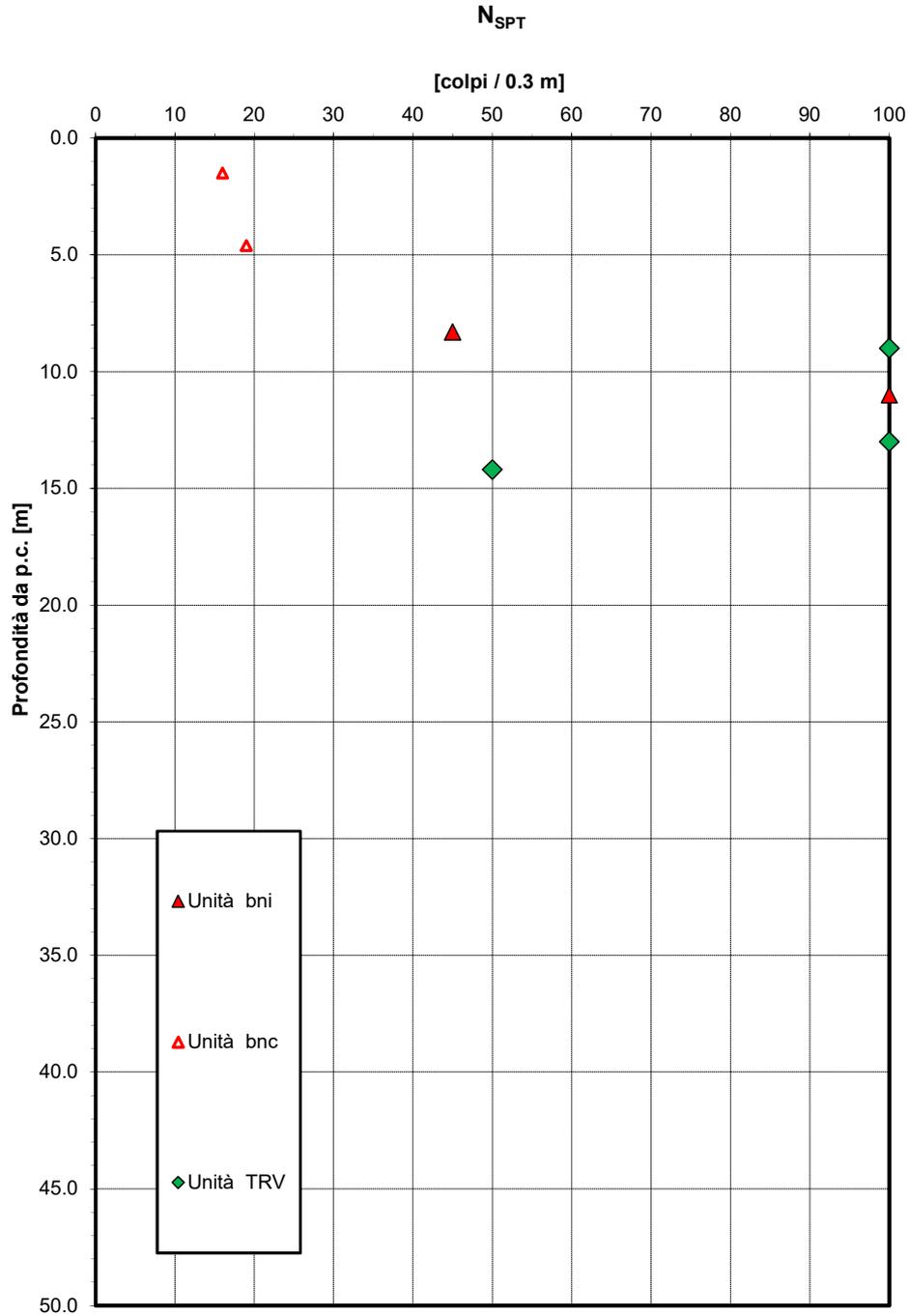
E_0 = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette.

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) da indagine sismica Masw-VI13.

Dall'indagine sismica Masw-VI13 è stata definita la categoria di sottosuolo sismica tipo E.



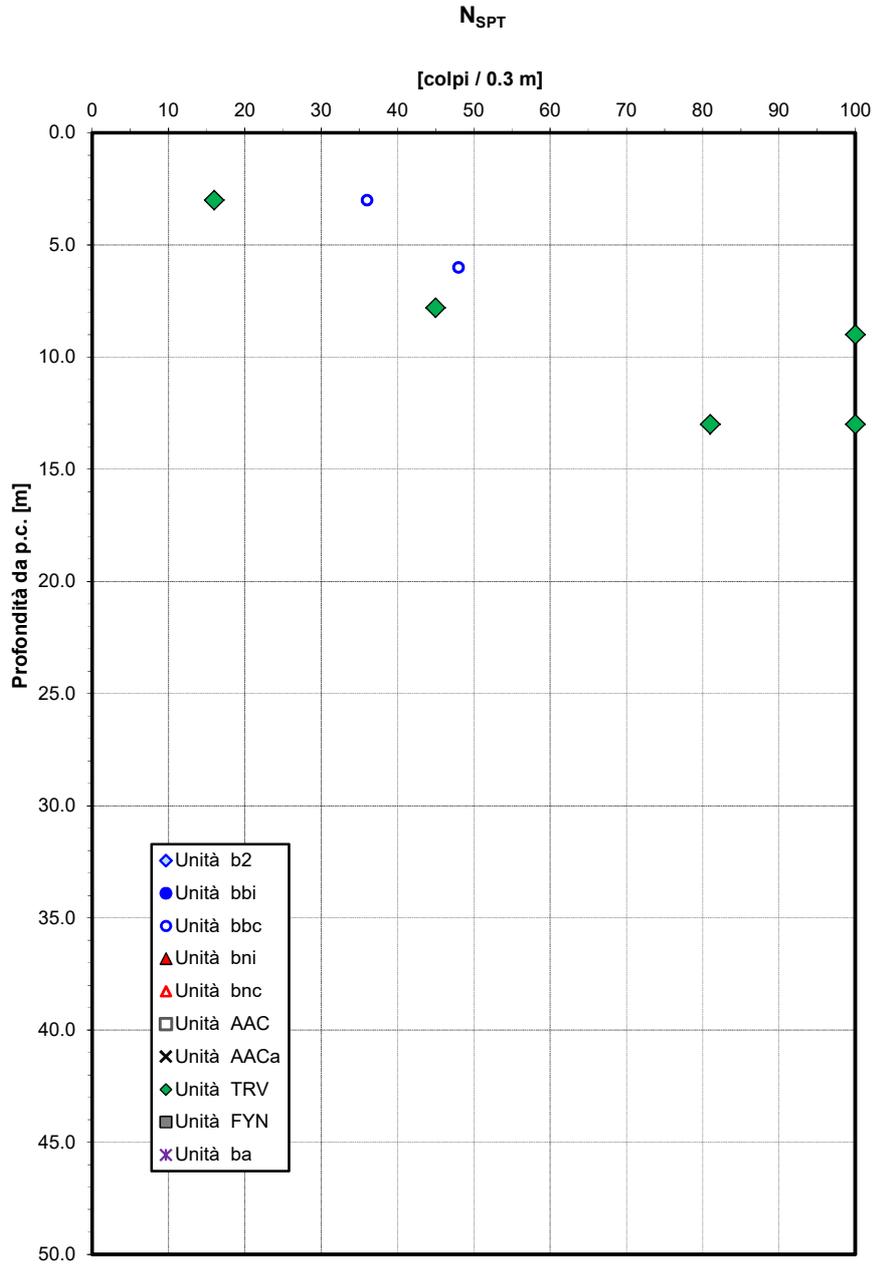


Figura 96 – Valori di N_{SPT} VII13

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche

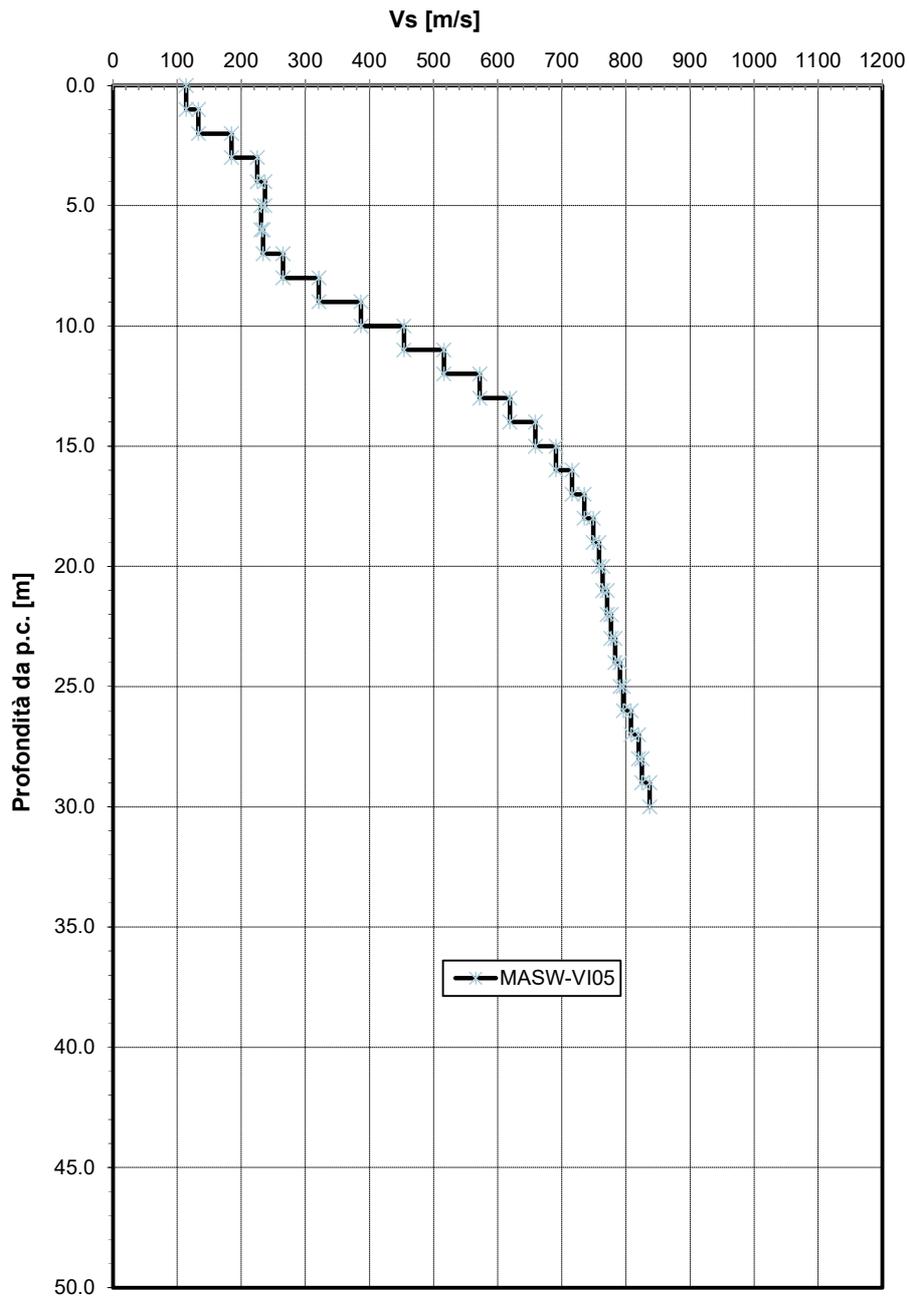


Figura 97 – Velocità delle onde di taglio da sismiche Masw - VII3

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

$$E'_{op,2} = E_0 / 10 \text{ [MPa]}$$

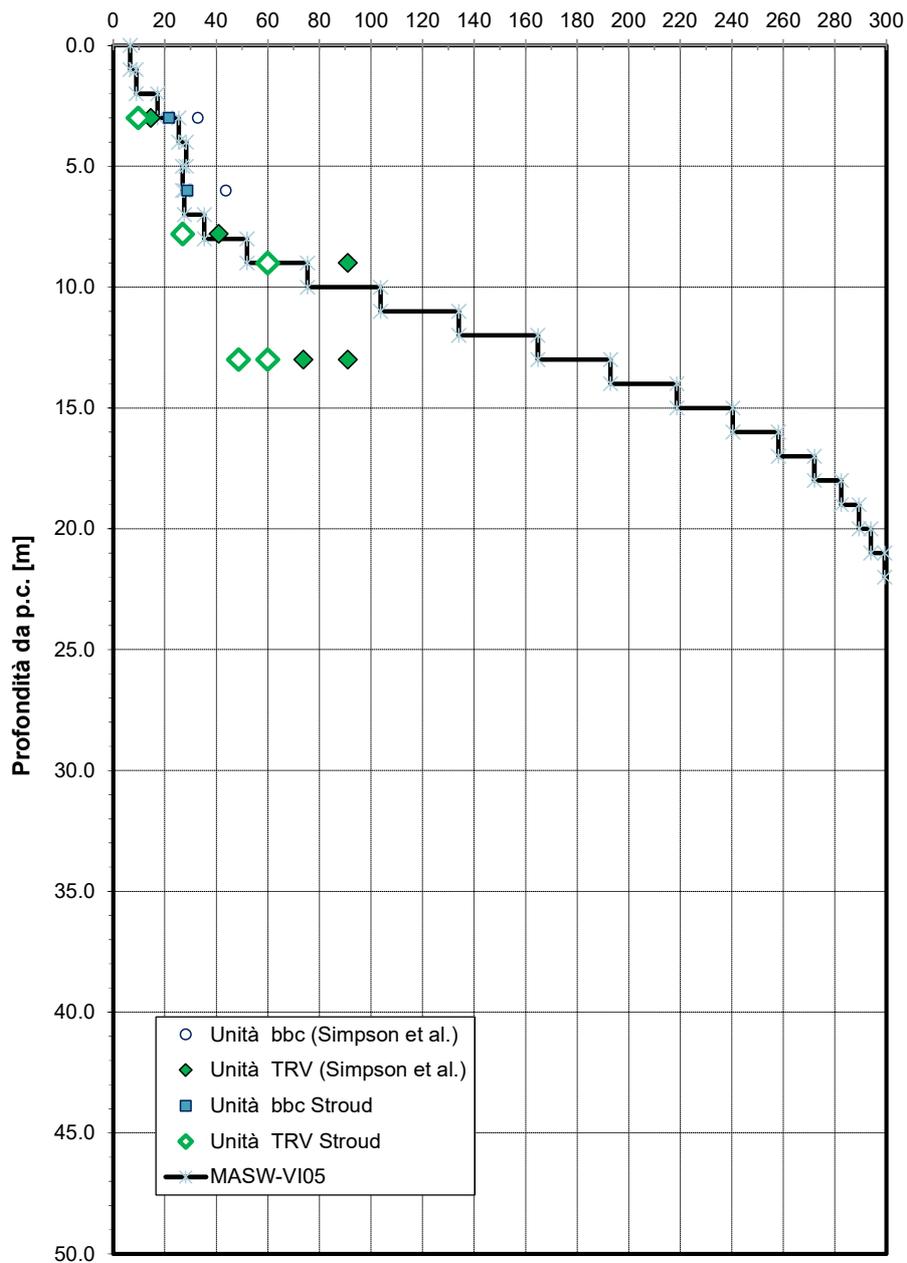


Figura 98 – Modulo di deformazione elastico operativo $E'_{op,2}$ da prove SPT – VII3

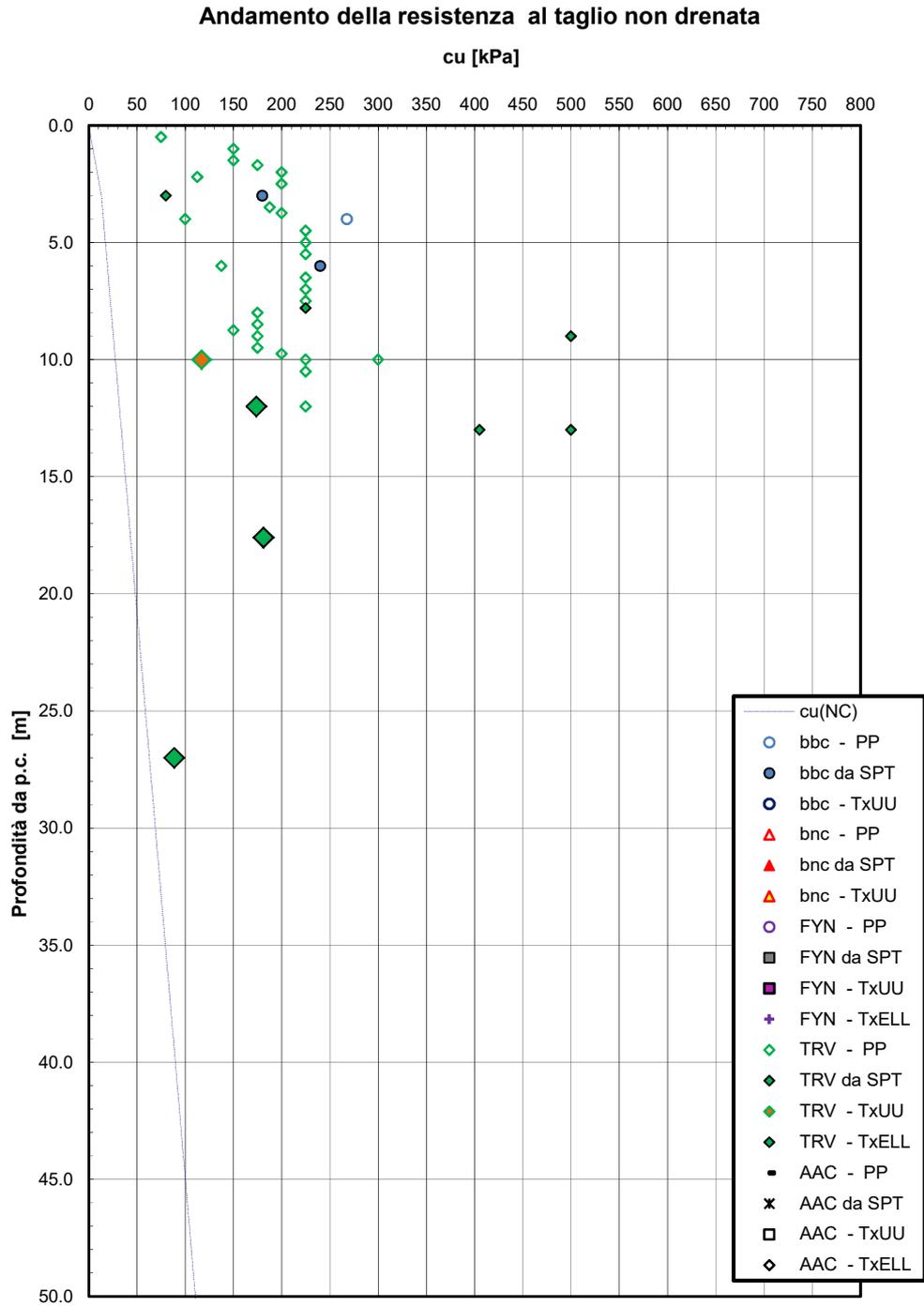


Figura 99 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate – VII13

Peso di volume

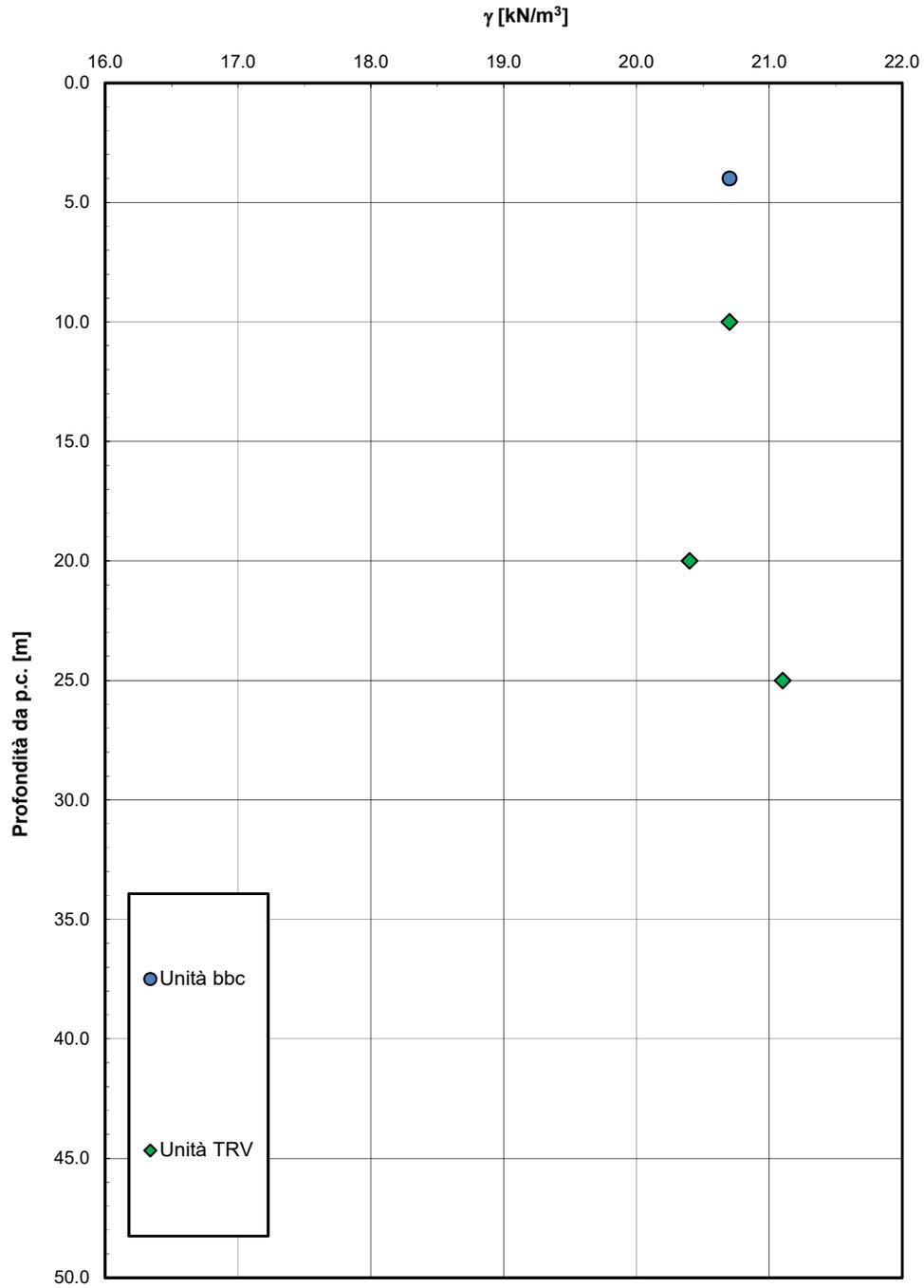


Figura 100 – Peso di volume naturale – VI13

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

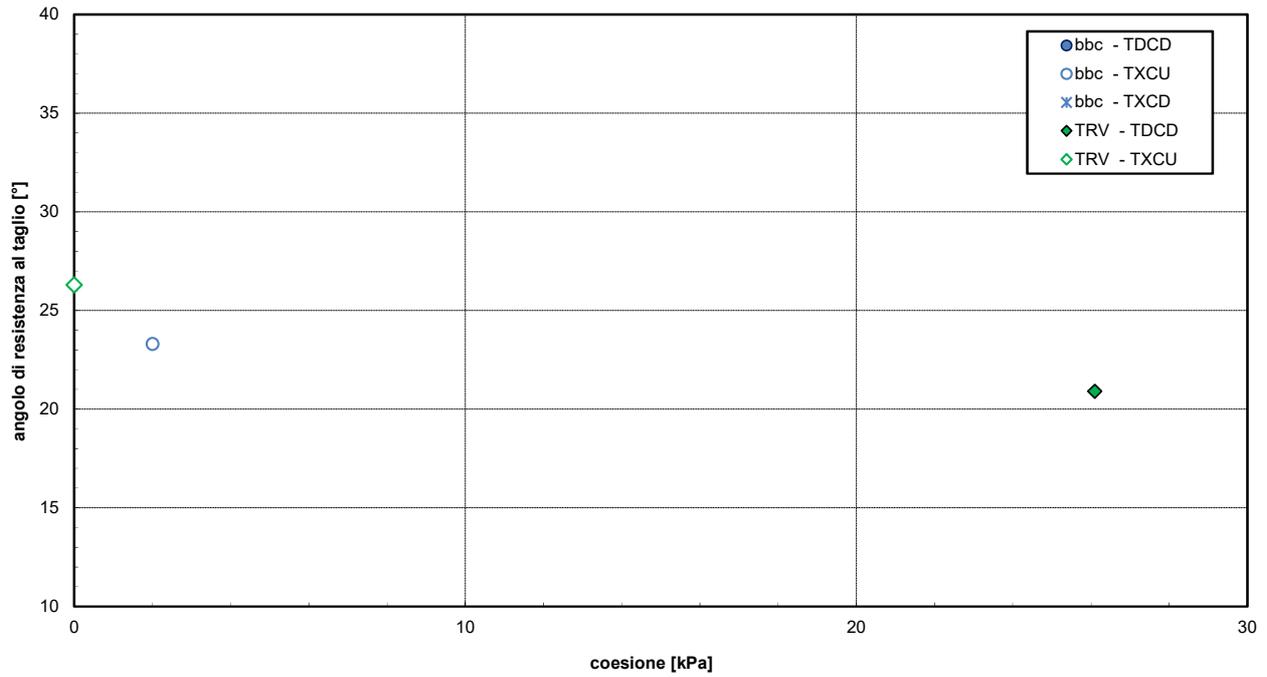


Figura 101 – Parametri di resistenza (laboratorio) – VII3



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	219 di 322

7.5 Viadotto VI14 dal km 13+658.6 al km 13+713.8

Nelle vicinanze dell'opera sono state eseguite le indagini in sito elencate nella tabella seguente, di cui il sondaggio D15 più vicino all'opera è utilizzato per la stratigrafia, le altre indagini per la caratterizzazione geotecnica delle unità comuni.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc /Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC
D15	30.0	184.2	3	10	-	5	2	2	TA[3÷18]
S8	30.0	185.3	1	7	-	4	1	-	TA[3÷12]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]
 CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]

Nell'area è stata eseguita l'indagine sismica Masw-VI14.

Le misure piezometriche forniscono nell'area un livello massimo di falda a quota +173 m s.l.m. (D15).

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente (+184 m s.l.m. quota di riferimento stratigrafia):

STRATIGRAFIA	Spalle
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
b2	0.0÷1.0
bnc	1.0÷7.0
bni	7.0÷12.5
TRV	12.5÷40.0
FALDA: +173 m s.l.m.	



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	220 di 322

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Vs [m/s]	Go [MPa]	Eo [MPa]	E' _{op,1} [MPa]	E' _{op,2} [MPa]
b2	19.0	-	0	25	120(*)	30	70	Eo / 3	Eo / 10
bnc	19.5	100	0	25	200÷300(*)	80÷170	200÷450	Eo / 3	Eo / 10
bni	19.5	-	0	35	300÷400(*)	150÷300	300÷700	Eo / 3	Eo / 10
TRV	20.5	180 (z<20 m) 300 (z>20 m)	5	24	410÷830 (*)	325÷1000	500÷1000	Eo / 3	Eo / 10

Dove:

γ = peso di volume naturale

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

Vs = velocità delle onde di taglio

Go = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

Eo = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E'_{op,1} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

E'_{op,2} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) da indagine sismica Masw.

Dall'indagine sismica Masw-VII4 è stata definita la categoria di sottosuolo sismica tipo E.

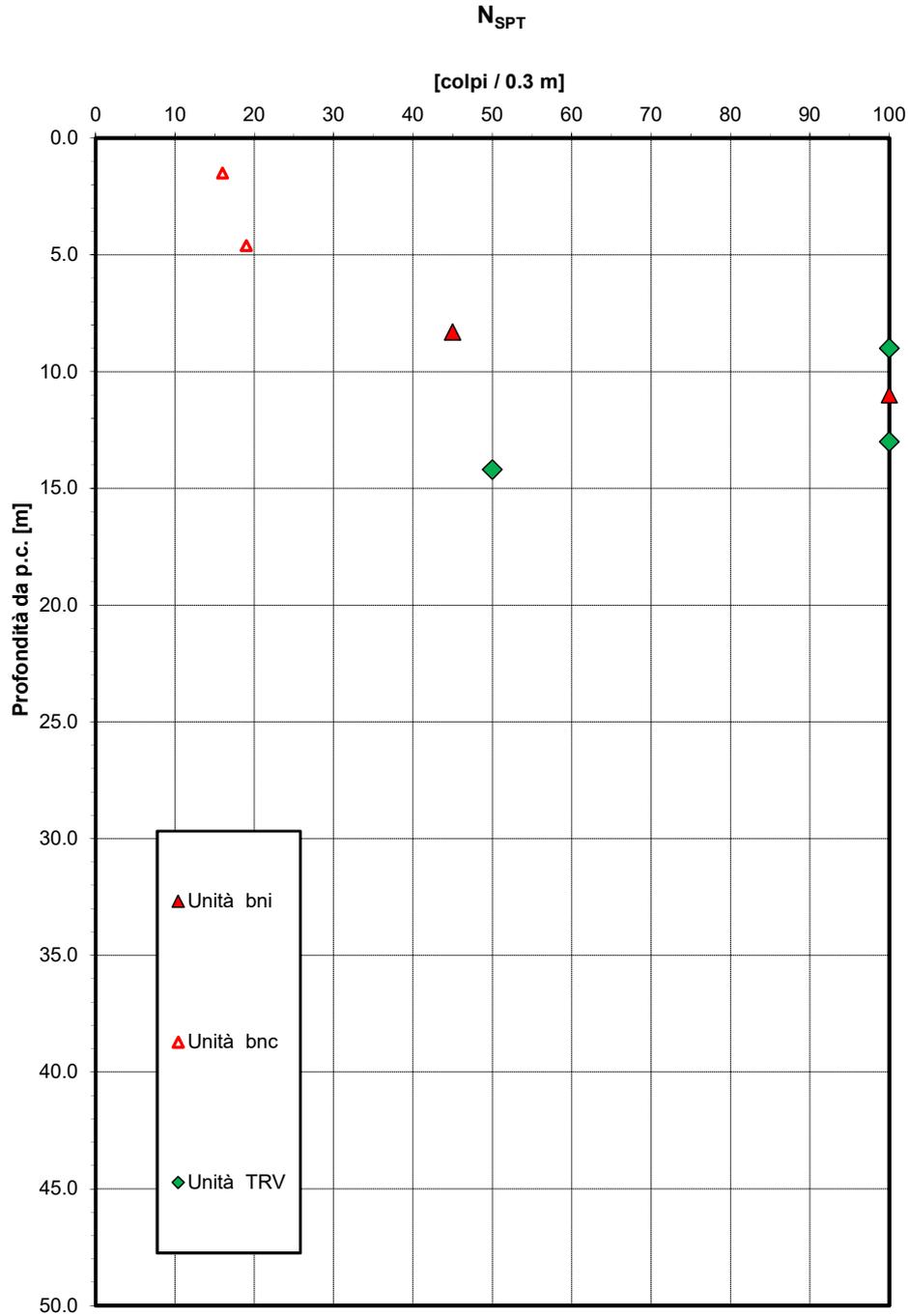


Figura 102 – Valori di N_{SPT} VI14

Densità relativa da prove SPT

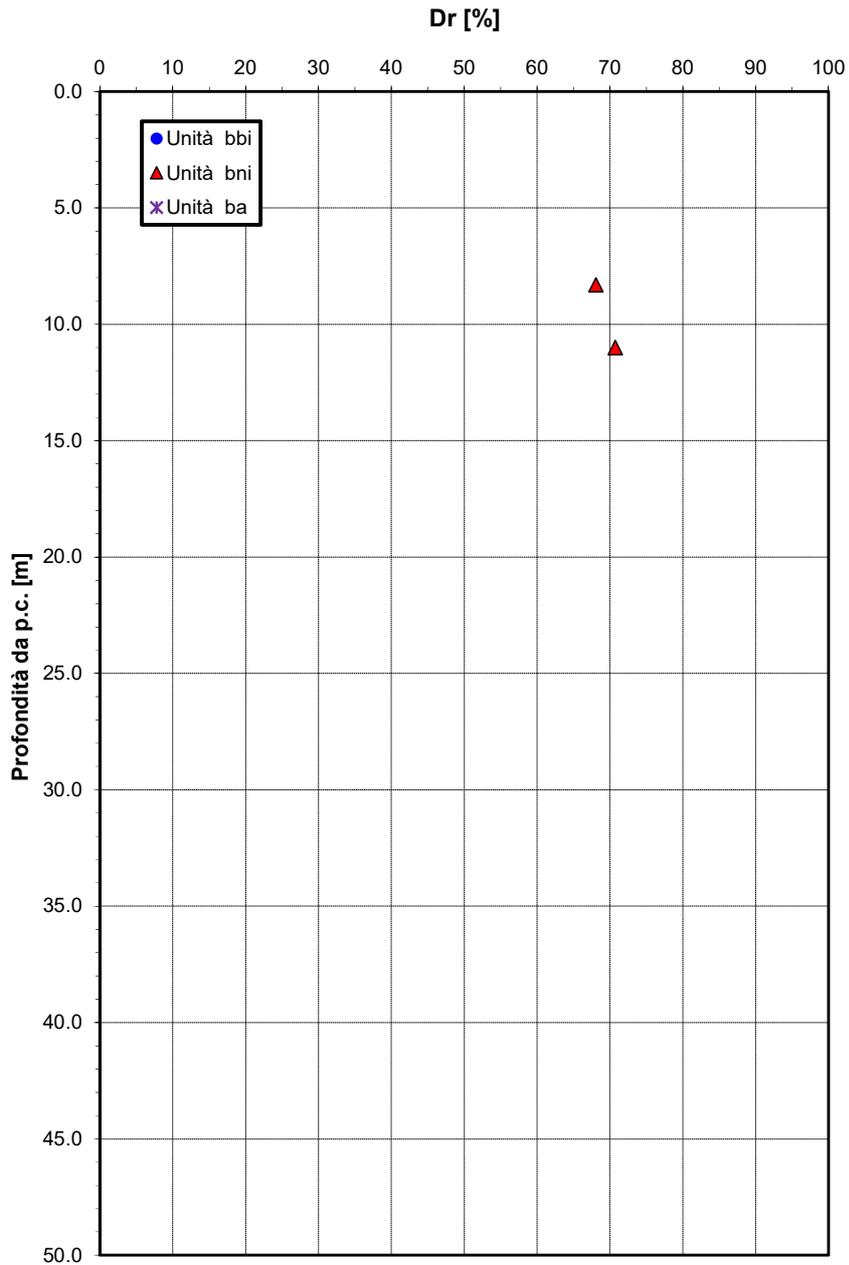


Figura 103 – Densità relativa da prove SPT- VI14

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

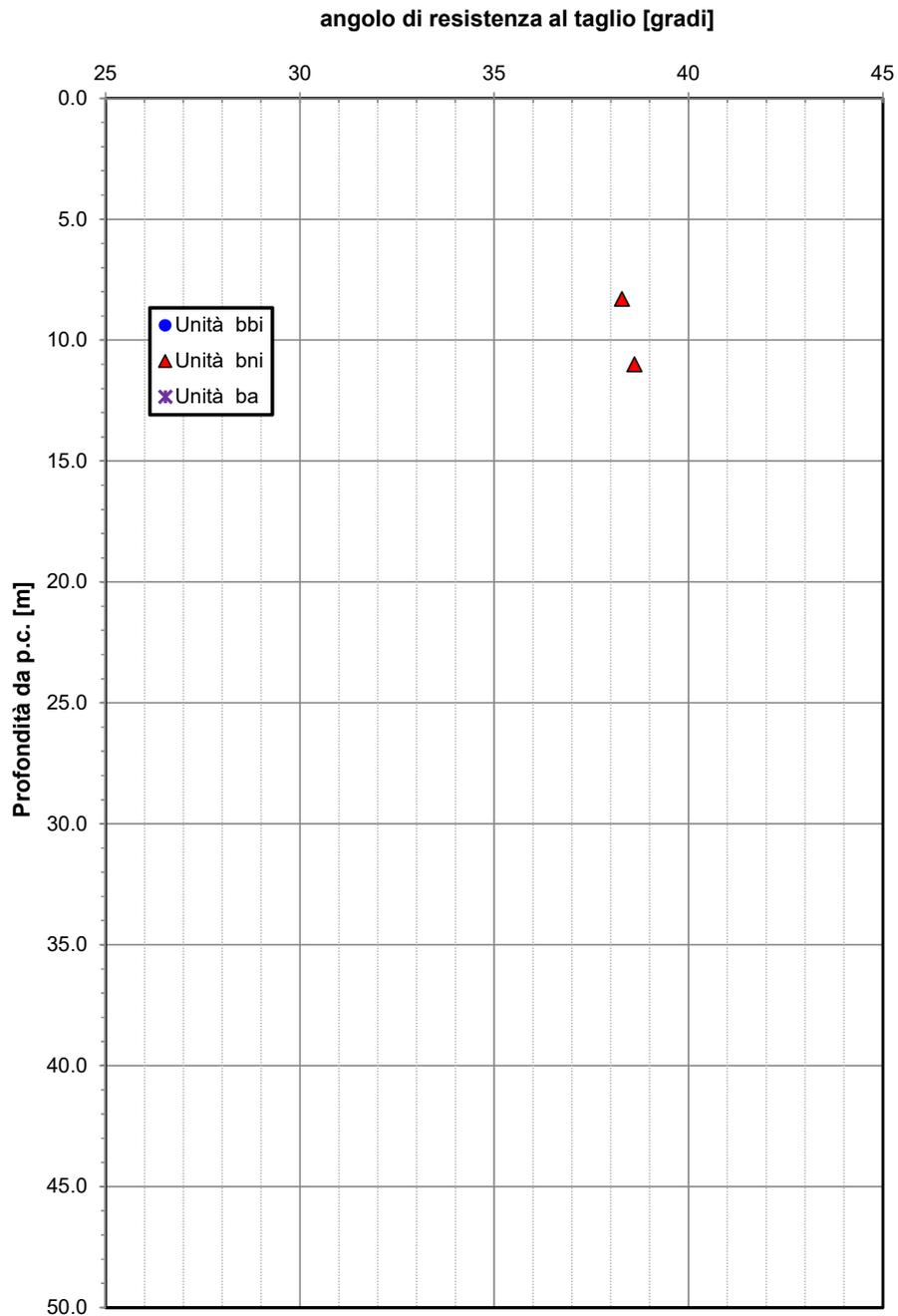


Figura 104 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT- VII4

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche

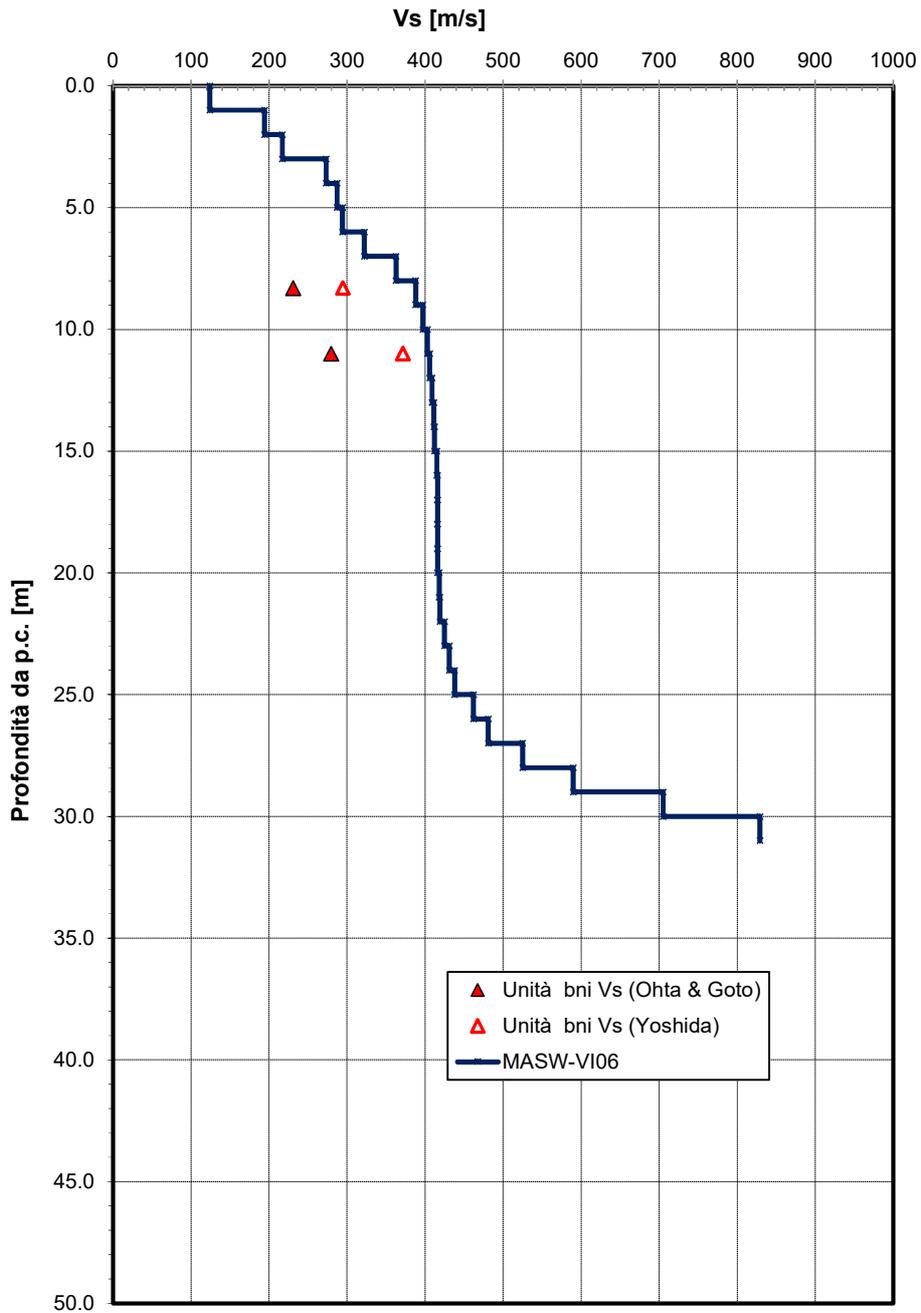


Figura 105 – Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche - VI14

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

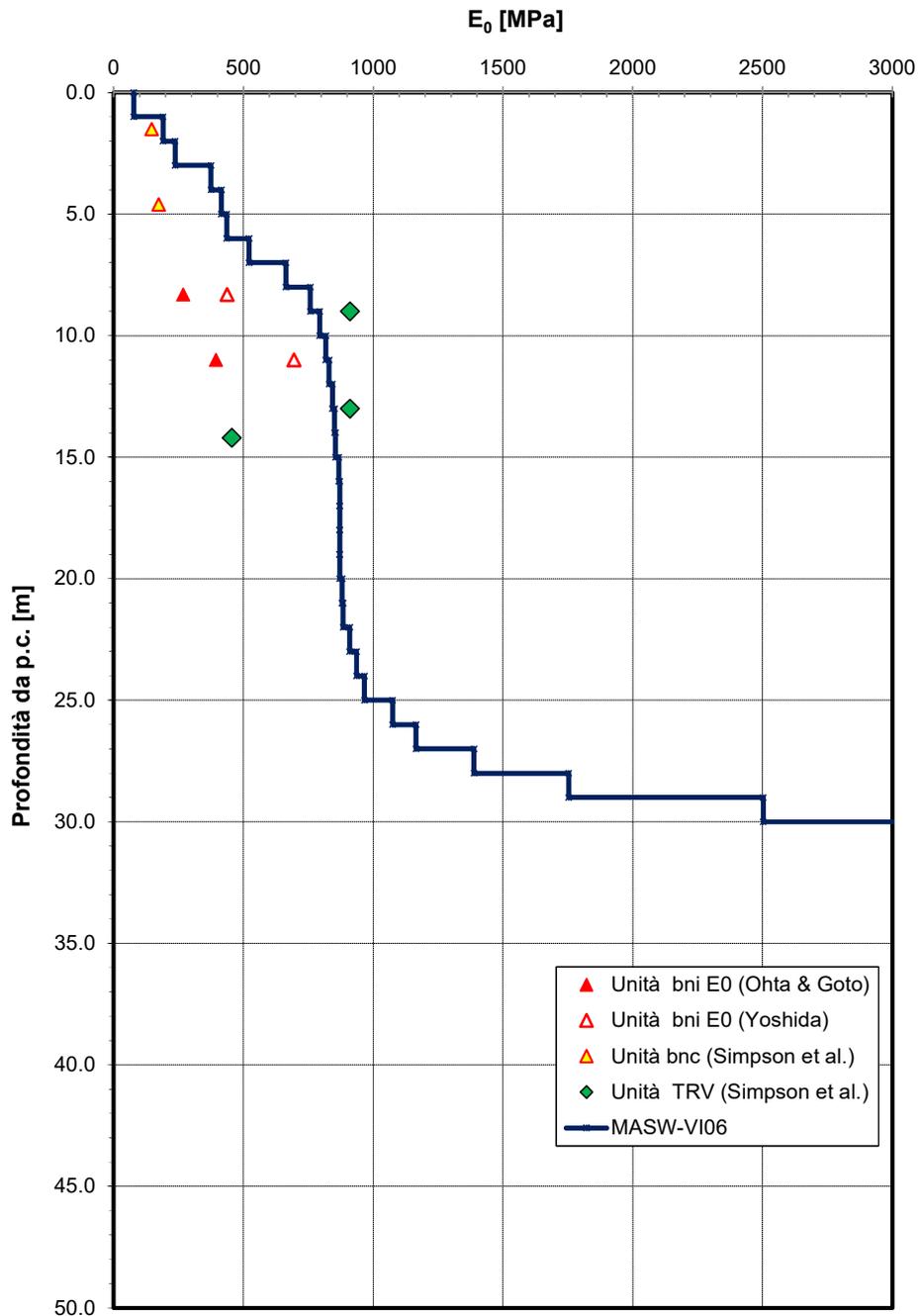


Figura 106 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT – VII4

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

$$E'_{op,2} = E_0 / 10 \text{ [MPa]}$$

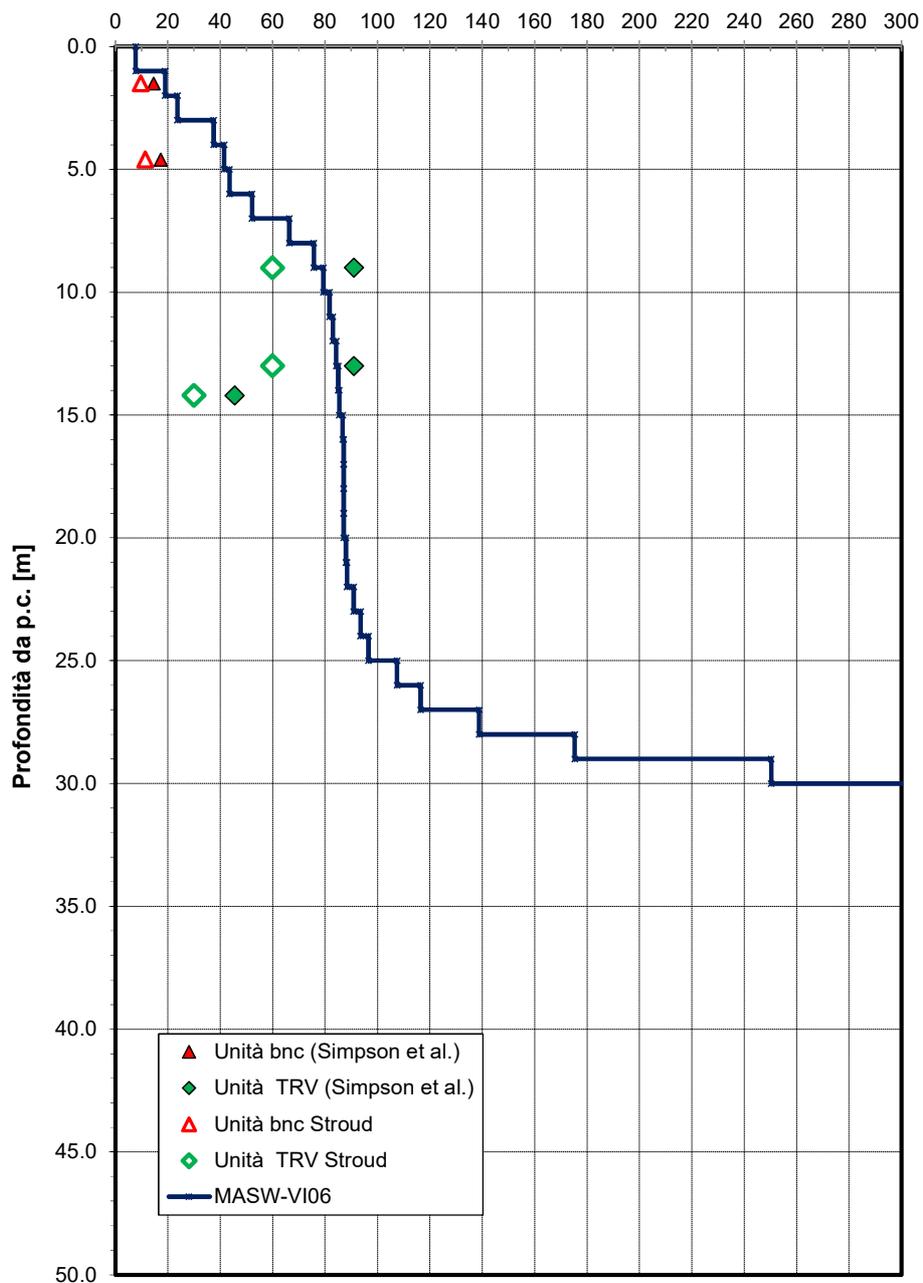


Figura 107 – Modulo di deformazione elastico operativo $E'_{op,2}$ da prove SPT – VI14

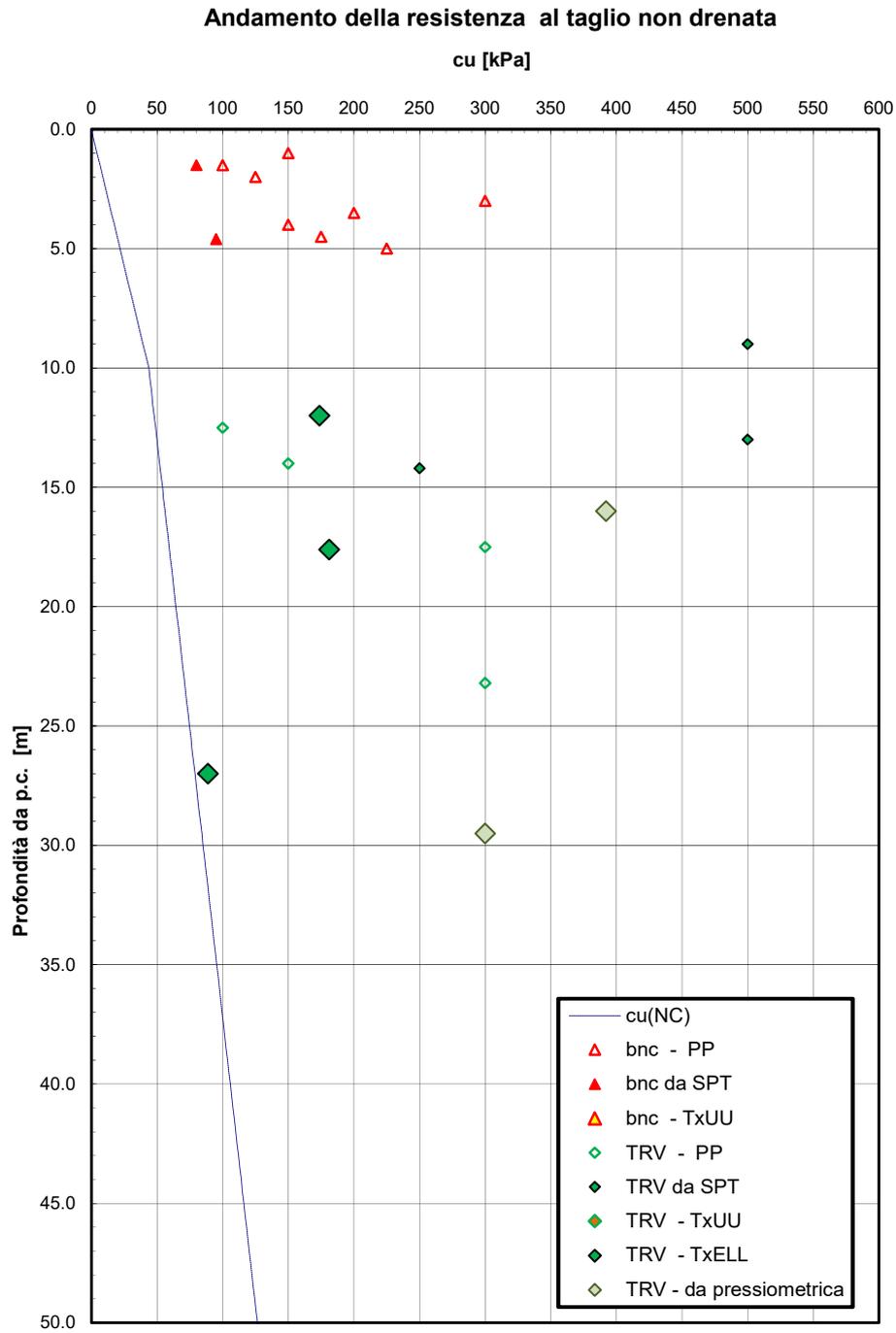


Figura 108 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate – VI14

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

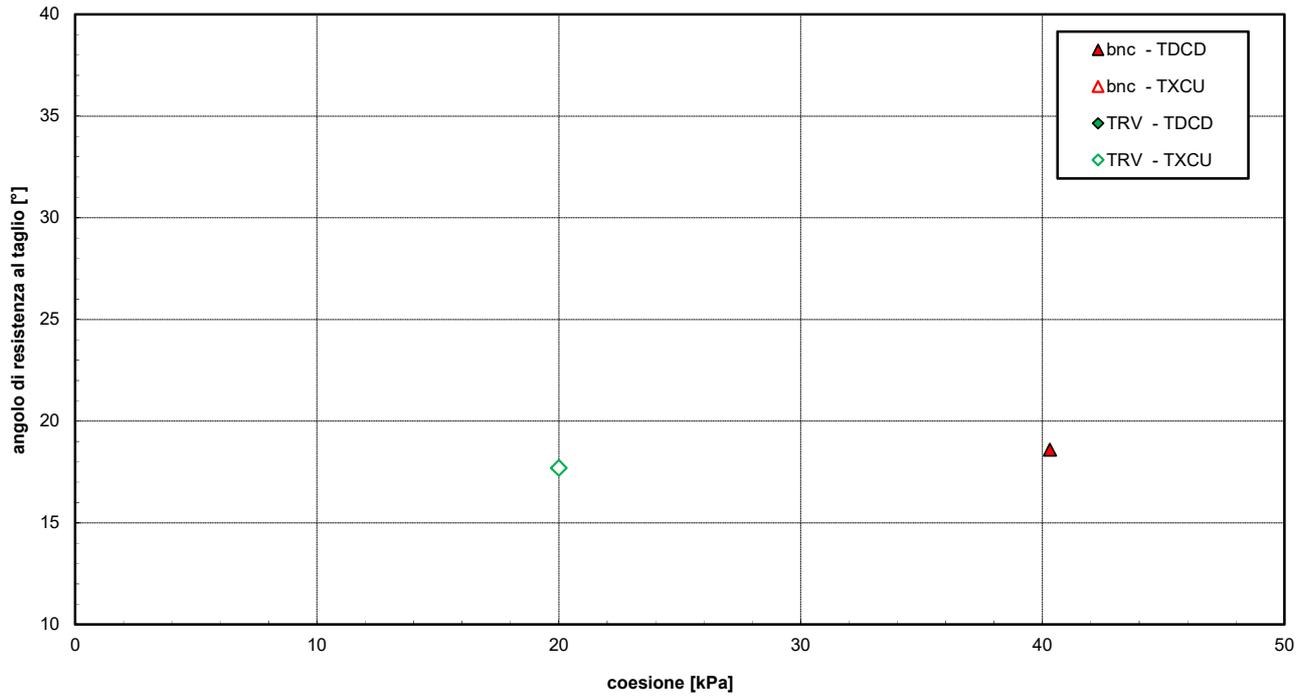


Figura 109 – Parametri di resistenza (laboratorio) – VI14

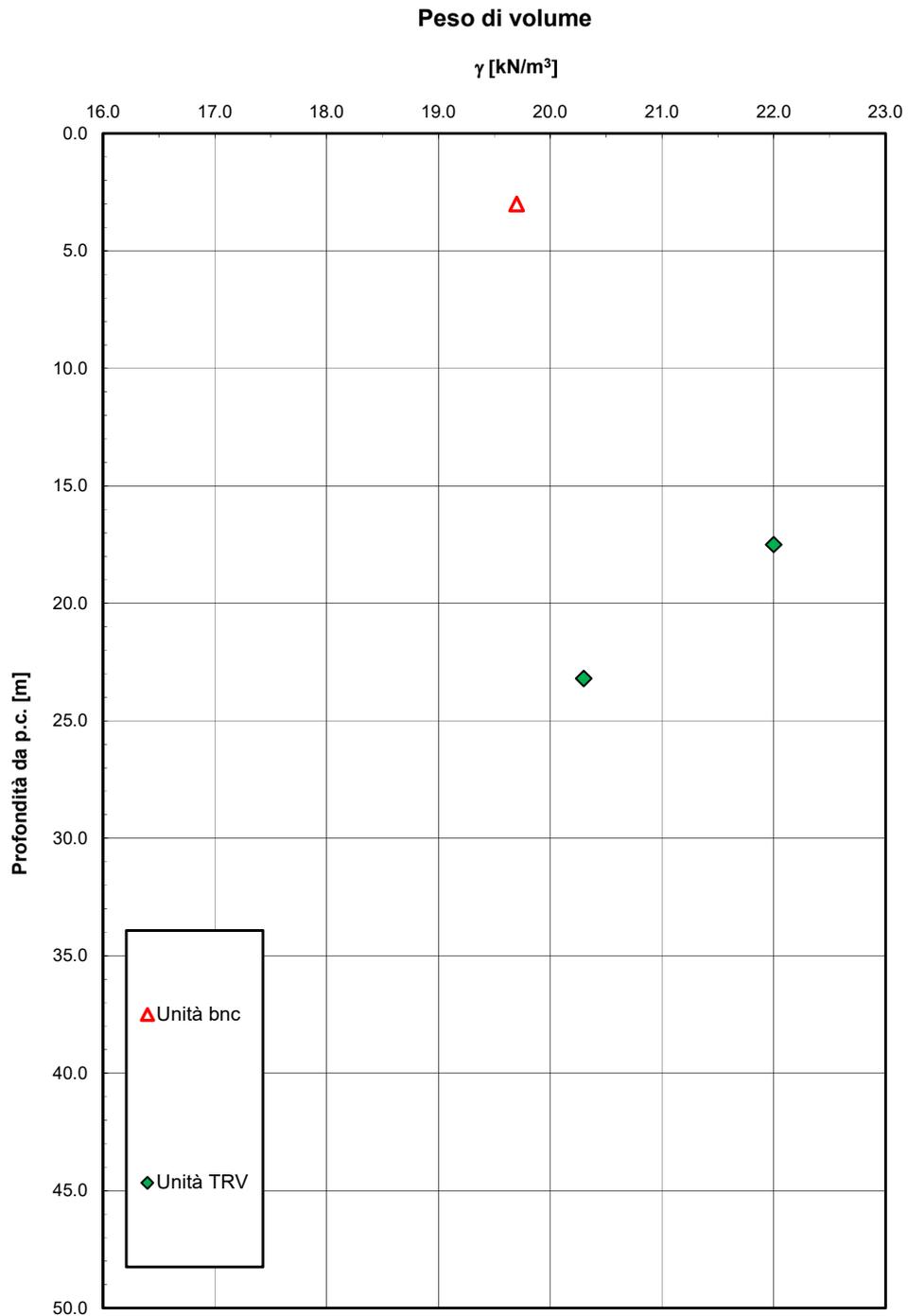


Figura 110 – Peso di volume naturale – VI14

7.6 Viadotto VI15 dal KM 13+924 al km 14+724 e Cavalcaferrovia IV02

Il viadotto VI15 si estende tra le progressive chilometriche 13+924 al km 14+724.

Il cavalcaferrovia intercetta la linea ferroviaria in corrispondenza della pila 21 del VI15 pk 14+450 circa.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini in sito e le prove di laboratorio illustrate nella figura sottostante ed elencate nelle tabelle seguenti.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc / Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC
D18	30.0	170.4	3	6	-	4	2	-	TA[3÷10]
D19	30.0	171.4	3	12	-	7	1	1	CC [25]
S6	40.0	171.9	2	7	-	7	2	-	TA[1÷15]
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]									
CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

Inoltre è disponibile l'indagine sismica MASW S6, MASW-VI15.

Le letture piezometriche nell'area hanno rilevato un livello massimo di falda a 5 m di profondità da p.c., a quota +166 m s.l.m. (D19), +165 m s.l.m. (D18), +166 m s.l.m. (S6).

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente:

STRATIGRAFIA 1	Spalla A e Pila 1-2-3
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
b2	0.0÷2.0
TRV	2.0÷40.0
FALDA: +173.0 m s.l.m.	

STRATIGRAFIA 2	Da Pila 4 a spalla B
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bbc	0.0÷10.5
bbc (**)	10.5÷11.0
TRV	11.0÷40.0
FALDA: da 166.5 m s.l.m.	
(**) Presenza di blocchi arenacei decimetrici	

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	231 di 322

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
b2	19.0	50	0	25	-	-	200	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbc	19.5	100	0	25	100÷280	20÷150	50÷400	$E_o / 3$	$E_o / 10$
TRV	20.5	100÷150 (11<z<25m) 250÷350 (z>25m)	5	24	400÷1000(*)	300÷400	500÷1000	$E_o / 3$	$E_o / 10$

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_o = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) da prove sismiche MASW.

L'indagine sismica Masw-VI15, fornisce categoria di sottosuolo di tipo E. L'indagine sismica Masw S6, fornisce categoria di sottosuolo di tipo C.

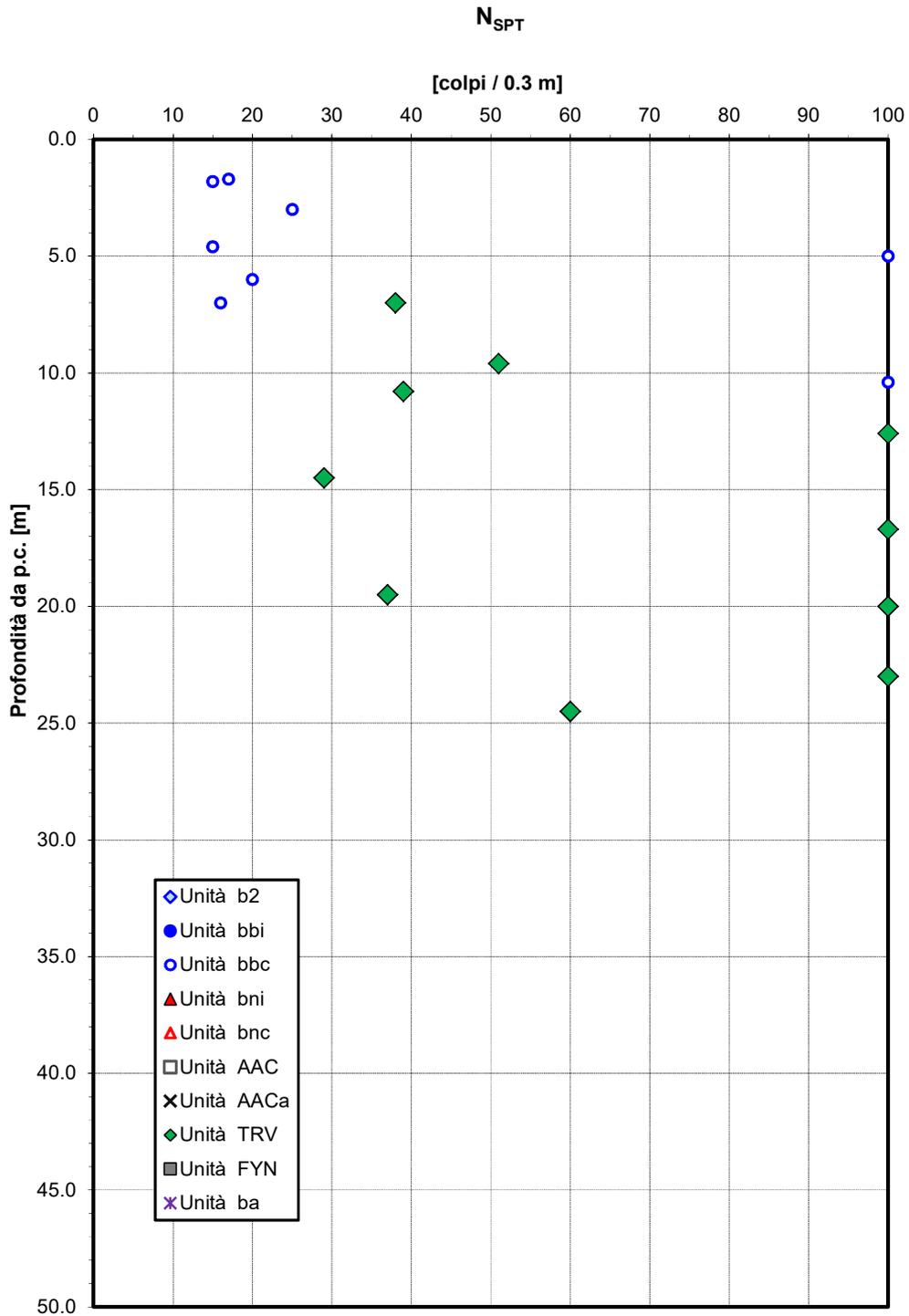


Figura 111 – Valori di N_{SPT} VI15

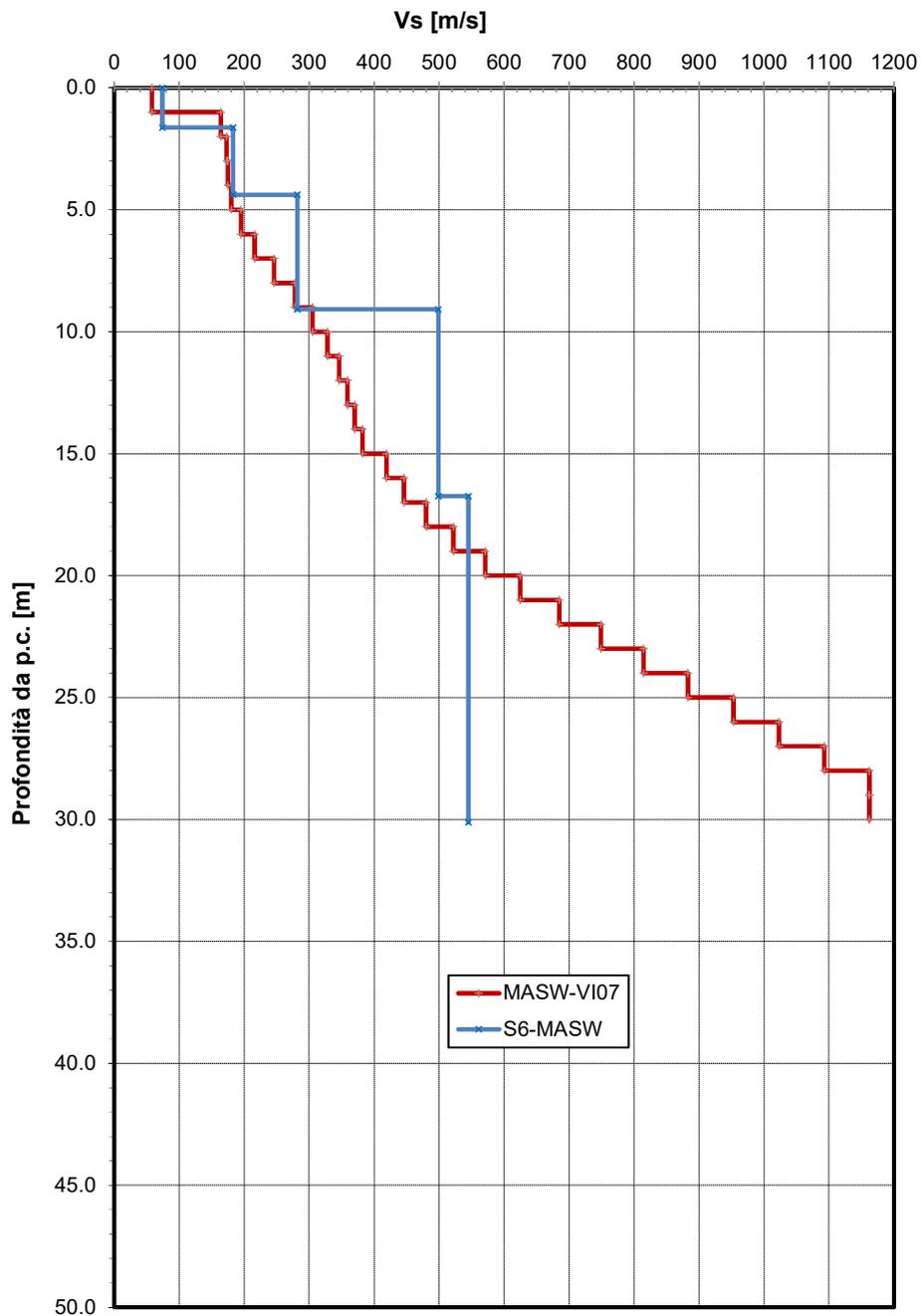


Figura 112 – Velocità delle onde di taglio sa sismiche - VI15

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

$$E'_{op,2} = E_0 / 10 \text{ [MPa]}$$

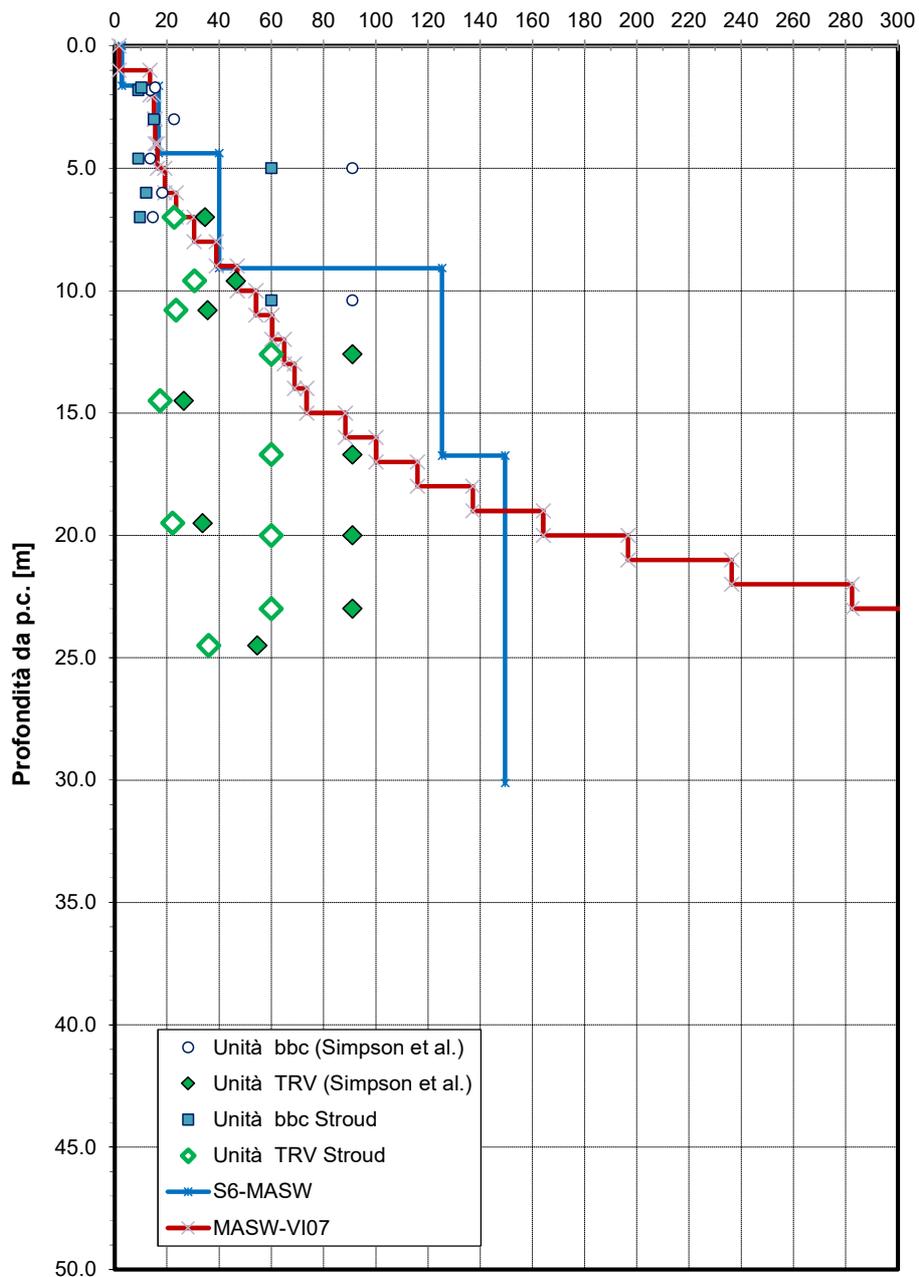


Figura 113 – Modulo di deformazione elastico operativo E'_{op2} da prove SPT e Masw - VII5

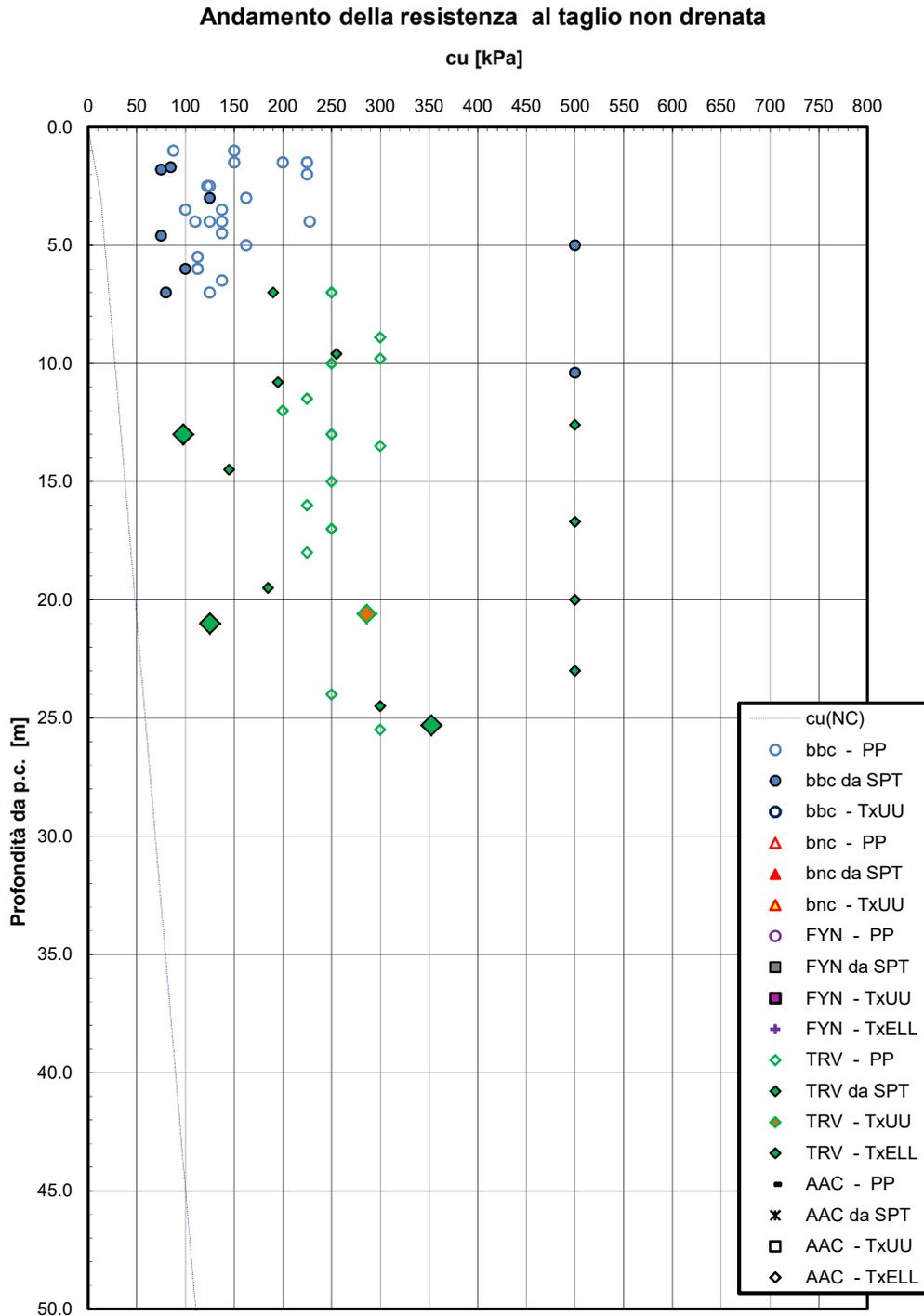


Figura 114 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate - VI15

Andamento della coesione con la profondità

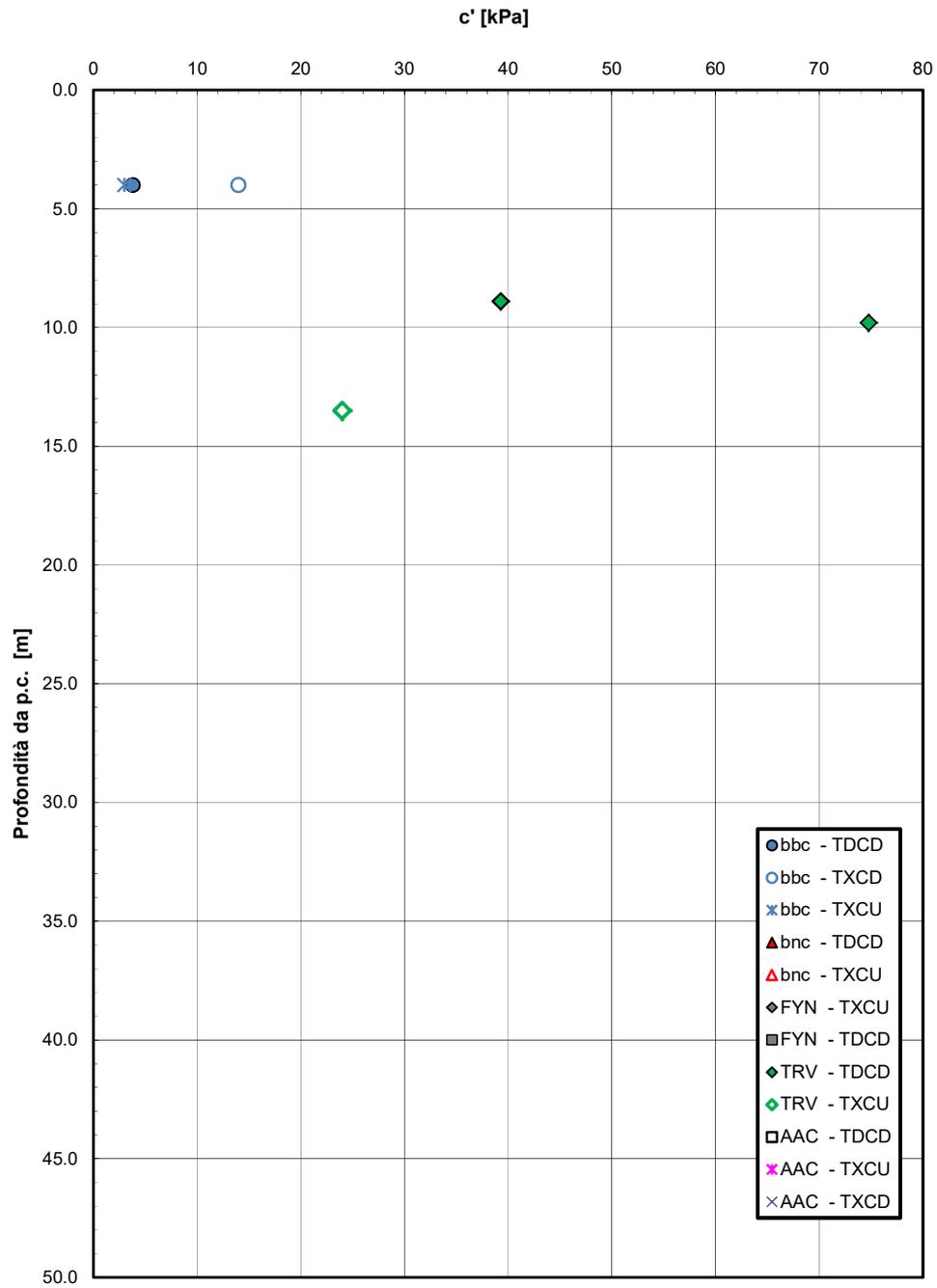


Figura 115 – Coesione drenata - VI15

Andamento della resistenza al taglio con la profondità

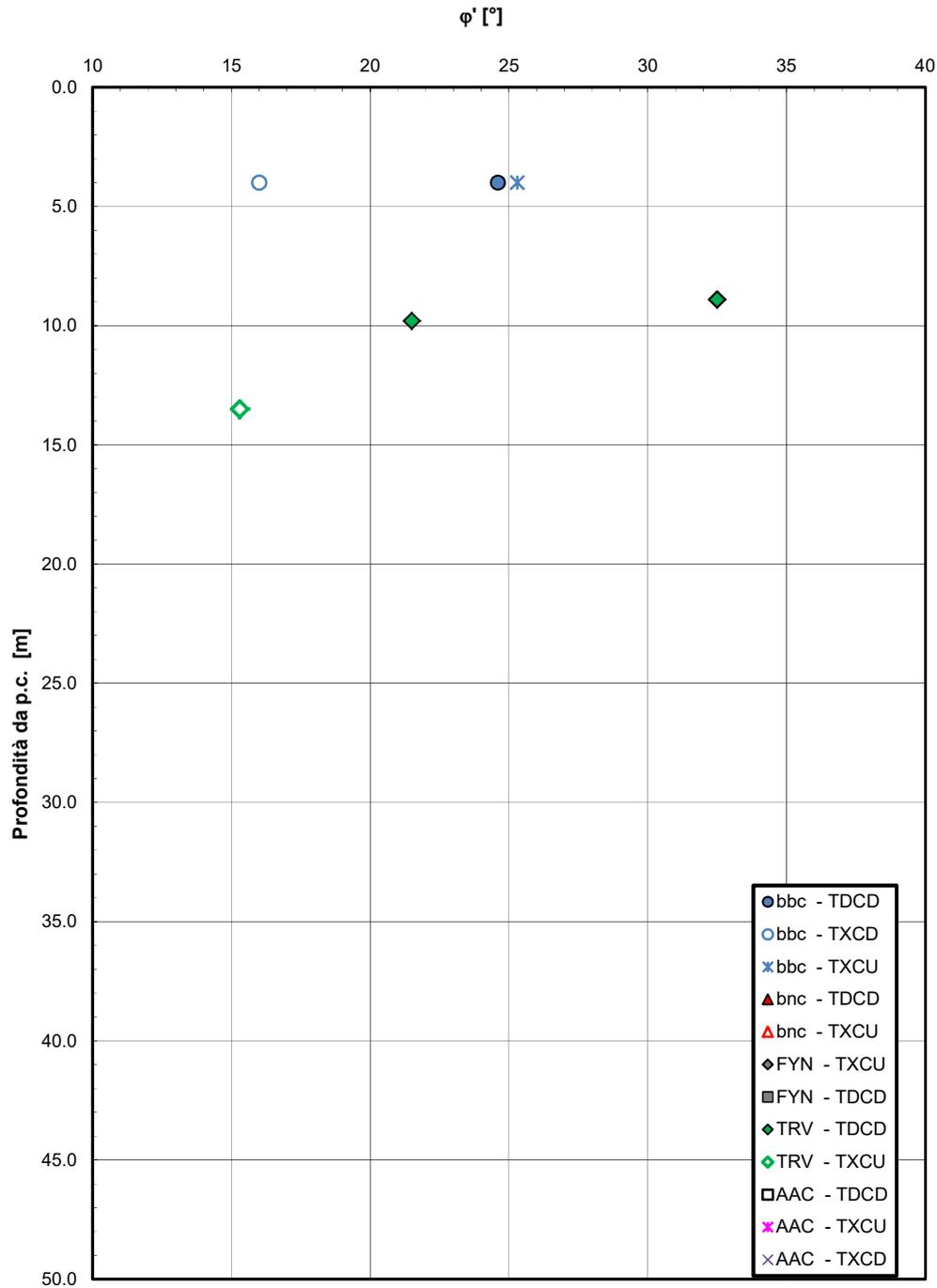


Figura 116 – Angolo di resistenza al taglio - VI15



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	238 di 322

7.7 Viadotto VI16 dal km 16+563.3 al km 16+673.4

In corrispondenza dell'opera è stato eseguito il sondaggio S5 che verrà utilizzato per definire la stratigrafia locale; inoltre viene considerato anche il sondaggio vicino (D23) per meglio caratterizzare le unità geotecniche comuni.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc / Lugeon	n. prove pressiom etriche	Piezometro TA; CC
D23	30.0	164.5	3	9	-	5	1	2	TA[3÷9]
S5	40.0	163.7	3	4	-	10	2	-	TA[1÷9]
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante] CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

E' inoltre stata eseguita l'indagine sismica Masw-VI16.

Le misure piezometriche hanno rilevato una quota massima di falda a +160.3 m s.l.m. (S5).

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente:

STRATIGRAFIA	
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
ba (localmente in alveo)	0.0÷3.0
bbc	0.0÷7.0
FYN	7.0÷40.0
FALDA: +160.3 m s.l.m.	



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	239 di 322

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
ba	19.0	-	0	38	-	-	350	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbc	19.5	45 ÷ 100	0	25	200 ÷ 320 (*)	80 ÷ 200 (*)	100 (z < 5 m) 150 (z > 5 m)	$E_o / 3$	$E_o / 10$
FYN	20.0	250 (z < 20 m) 300 (z > 20 m)	5	24	320 ÷ 760 (*)	200 ÷ 1000 (*)	500 ÷ 1000	$E_o / 3$	$E_o / 10$

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_o = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) da indagine sismica Masw-VI09

L'indagine sismica Masw VI16, fornisce categoria di sottosuolo di tipo B.

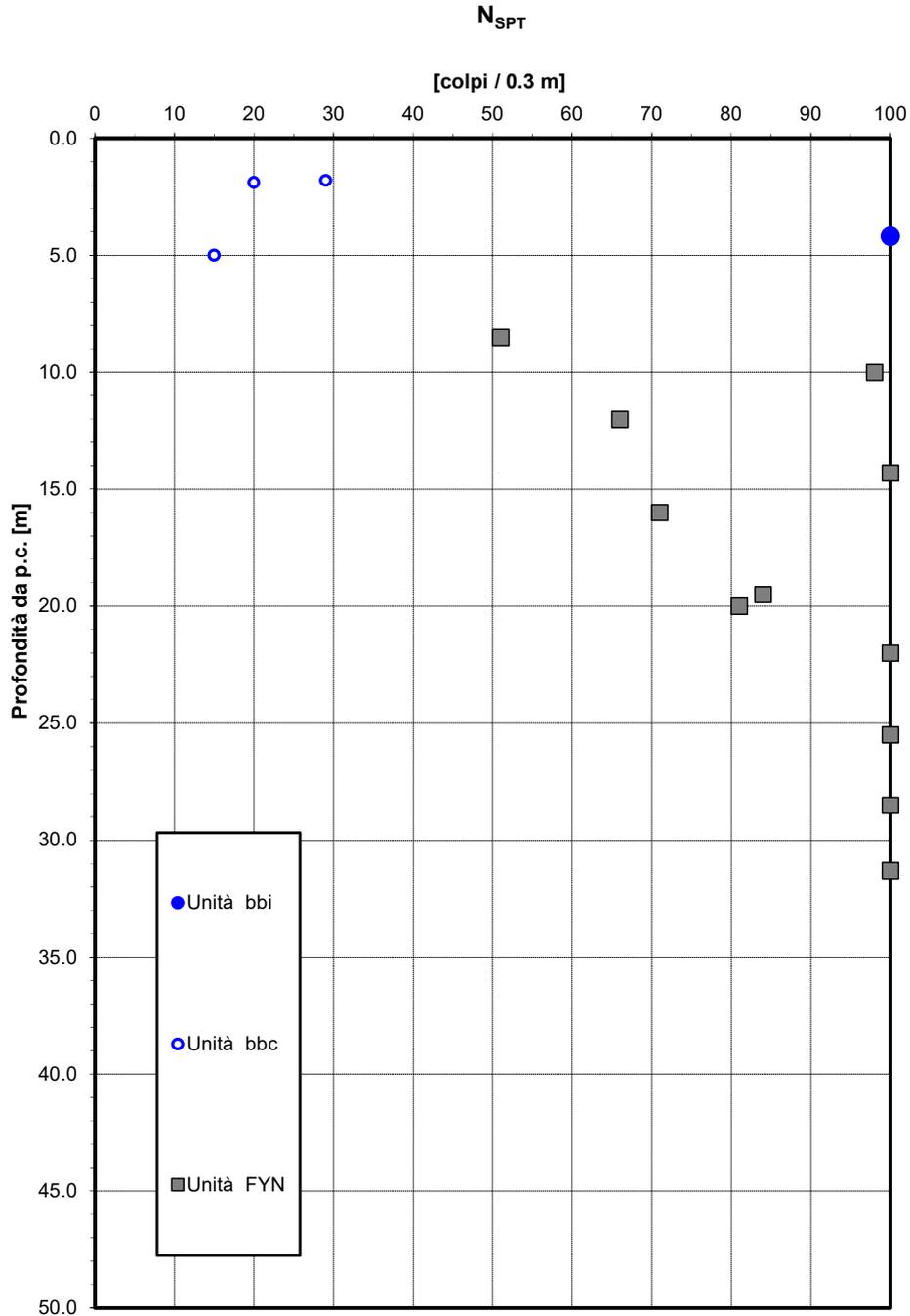


Figura 117 – Valori di N_{SPT} VI16

Densità relativa da prove SPT

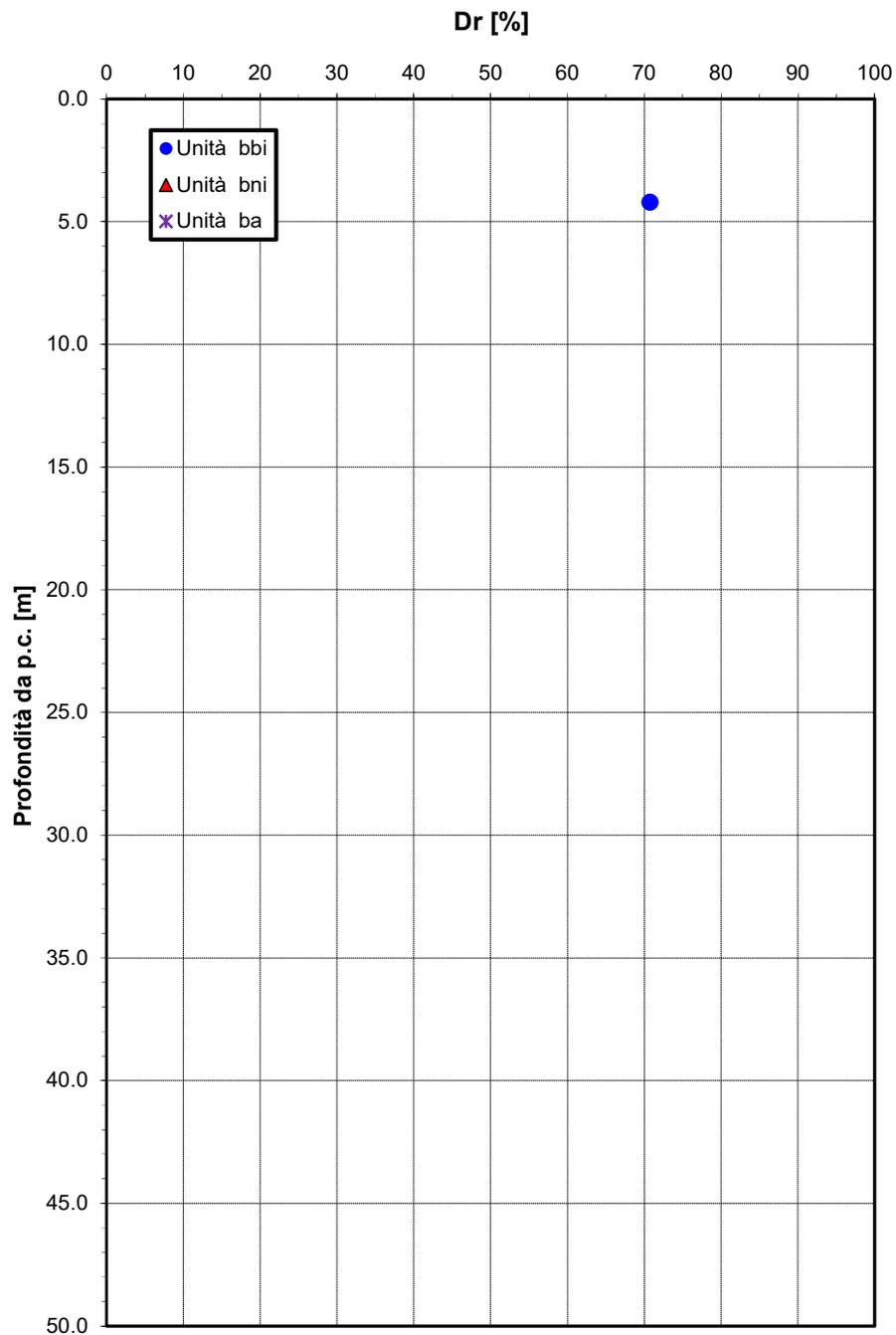


Figura 118 – Densità relativa da prove SPT - VI16

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

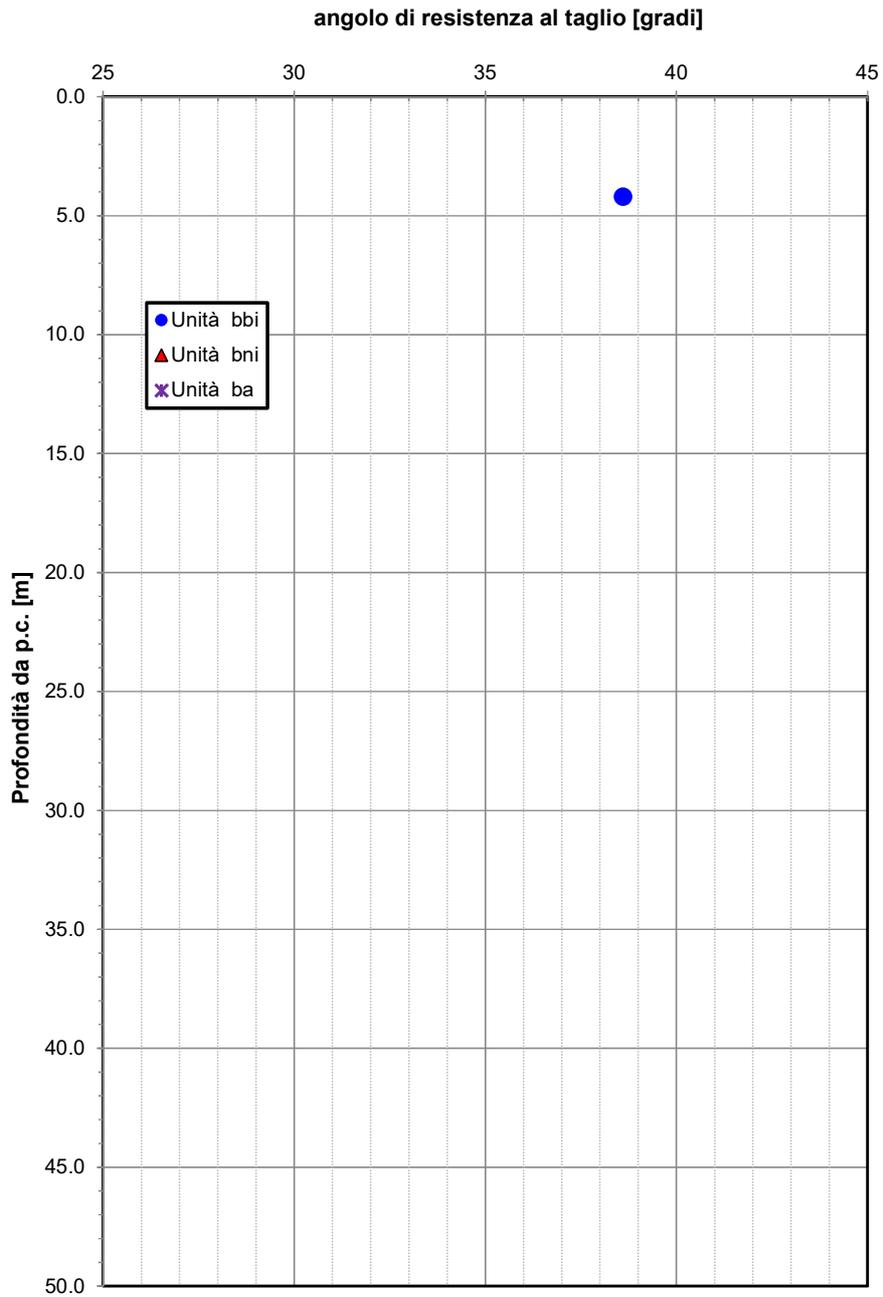


Figura 119 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT - VI16

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche

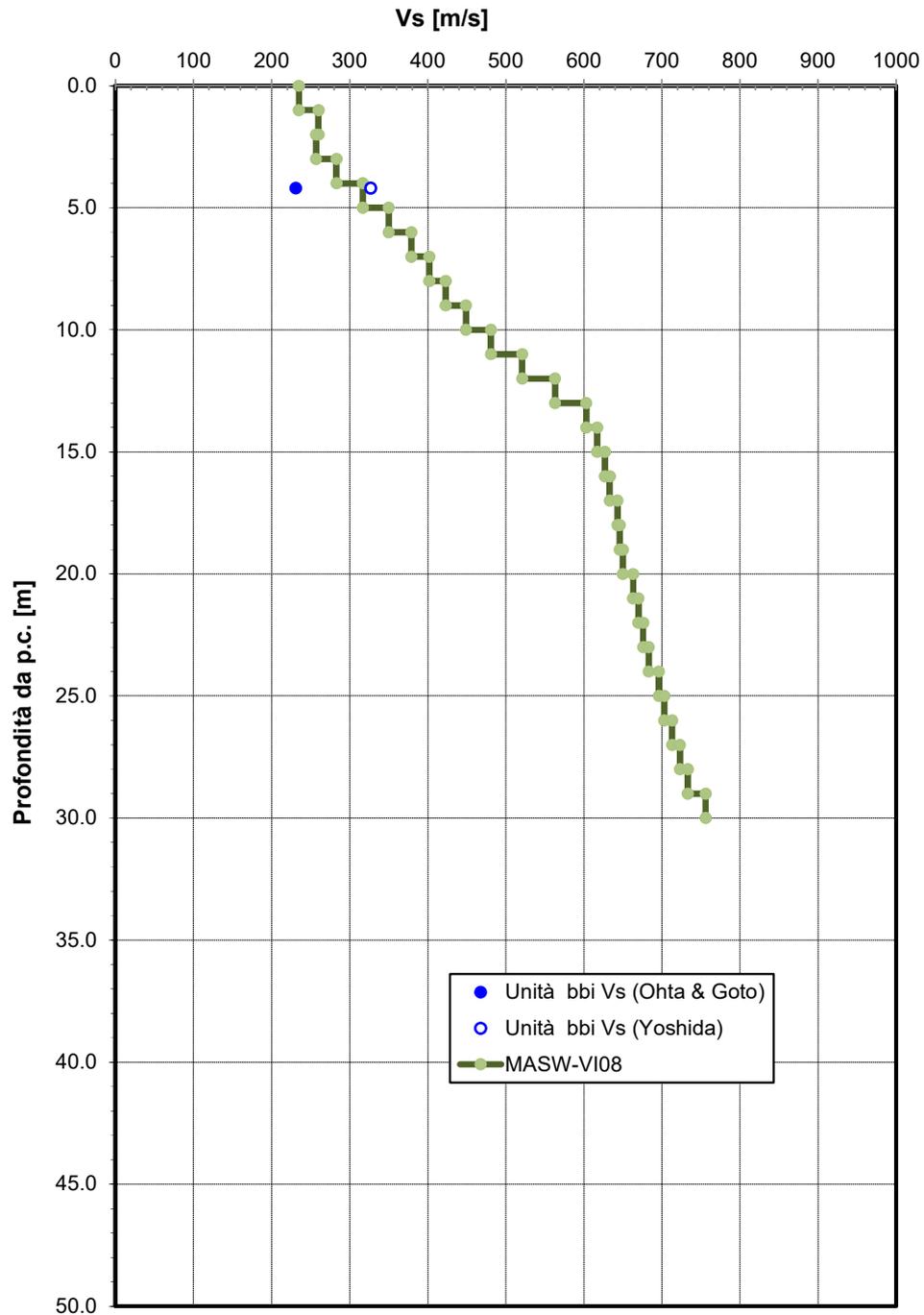


Figura 120 – Velocità delle onde di taglio da SPT e sismiche - VI16

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

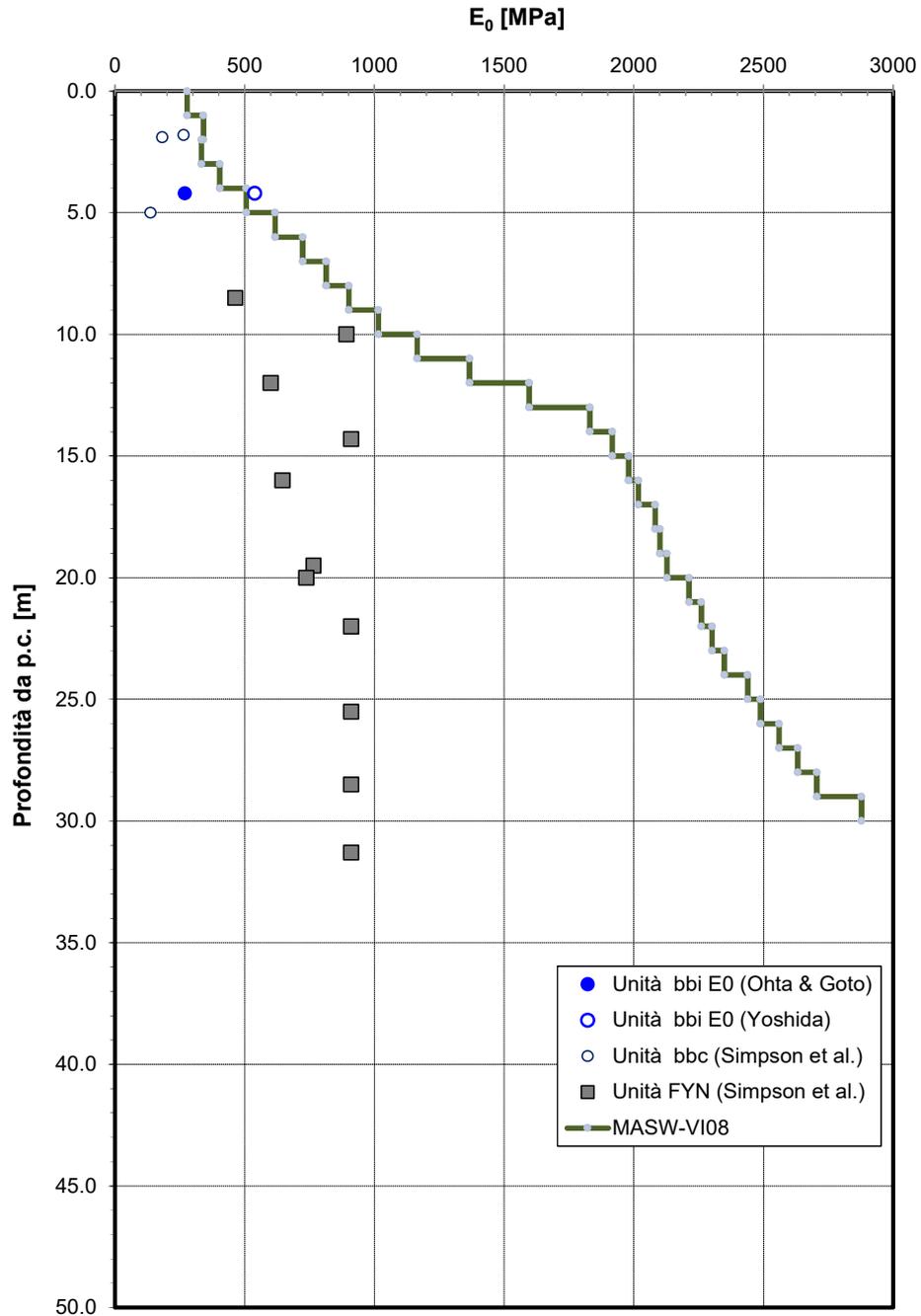


Figura 121 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e Masw - VII6

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

$$E'_{op,2} = E_0 / 10 \text{ [MPa]}$$

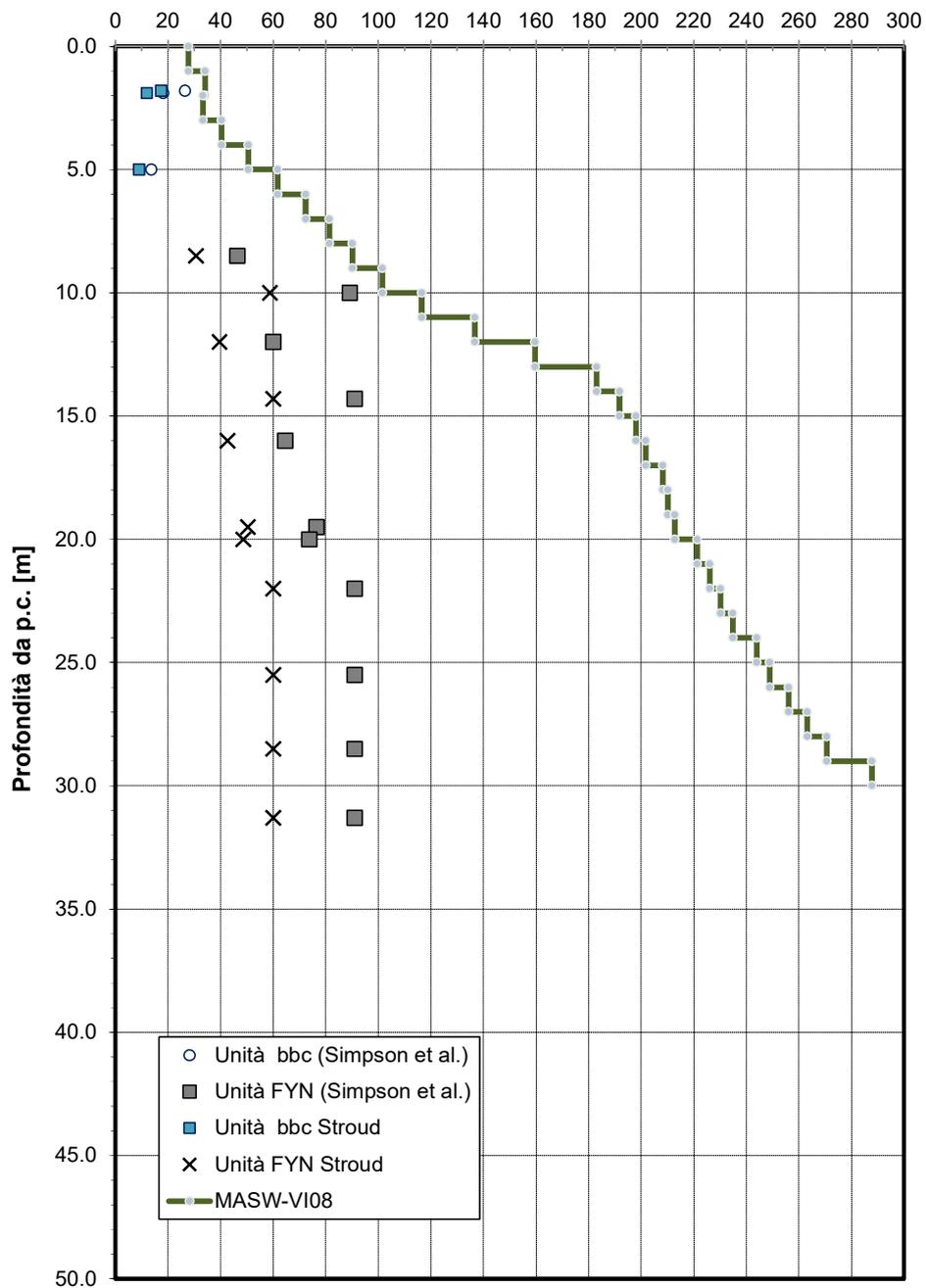


Figura 122 – Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT e Masw - VII6

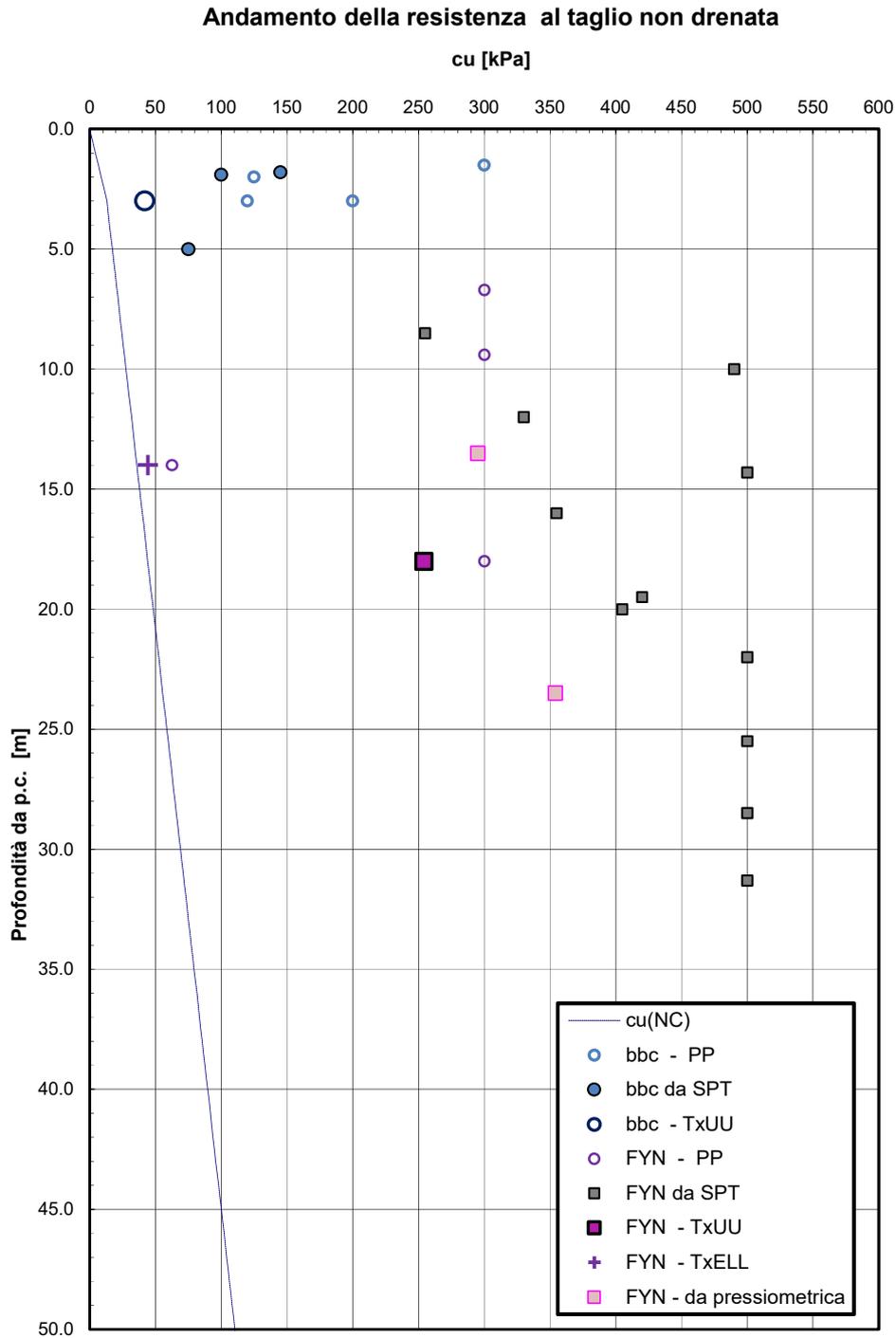


Figura 123 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate - VI16

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

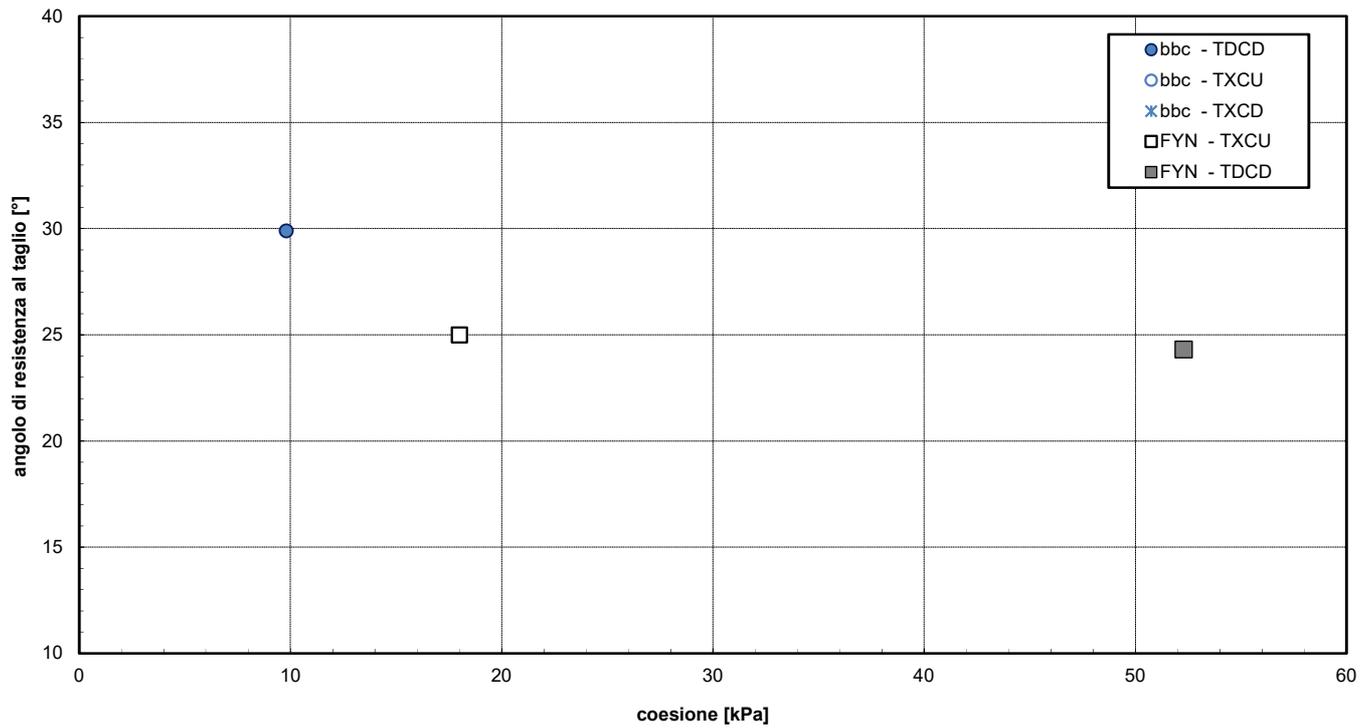


Figura 124 – Resistenza al taglio e coesione drenata - VI16



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	248 di 322

7.8 Viadotto VII7 dal km 18+519.4 al km 18+584.95, VI23 su deviata definitiva linea storica e IV05

Nelle vicinanze delle opere sono state eseguite le indagini in sito elencate nella tabella seguente che verranno considerate per la definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici delle unità intercettate.

Relativamente al viadotto VII7, il sondaggio della nuova campagna d'indagine del 2018 (5_S07vi) ha un fuori asse rispetto all'opera di 118 m verso sud, quindi la stratigrafia è desunta principalmente dall'indagine vicina S4 in accordo a quanto riportato negli elaborati geologici (planimetria e profilo).

Per le opere VI23 e IV05, la stratigrafia è definita con riferimento al sondaggio 5_S17vi; i restanti sondaggi sono impiegati per la caratterizzazione dell'unità geotecnica comune:

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc /Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC
D26	40.0	155.0	3	6	-	5	2	-	TA[3÷8]
S4	40.0	154.0	1	8	-	10	2	-	TA[1÷15]
5_S17vi	40.0	153.9	2	2	-	7	2	-	TA[3÷21]
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]									
CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

Inoltre è disponibile l'indagine sismica MASW-VII7 del 2018 e la S4-MASW (in adiacenza al sondaggio S4). Da cui categoria di sottosuolo sismica C/E.

Nei piezometri installati il livello massimo di falda varia tra +142 m (5_S17vi), +148 m (S4) e +152 m s.l.m. (D26).

In accordo a quanto riportato anche negli elaborati geologici (planimetria e profilo) si definiscono le seguenti stratigrafie per le opere in progetto.

Per le spalle del VII7, la stratigrafia è definita da un p.c. a quota +157 m s.l.m., per la pila con un p.c. a quota +150 m s.l.m..

STRATIGRAFIA	VII7 - spalle - p.c. +157m s.l.m.
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bni	0.0÷8.5
AAC	8.5÷40.0
FALDA: a +150 m s.l.m.m	

STRATIGRAFIA	VII7 – pila – p.c. +150 m s.l.m.
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bbc	0.0÷6.0
bbi	6.0÷17.0
AAC	17.0÷40.0



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	249 di 322

FALDA: a +150 m s.l.m.m

Per il VI23 e IV05 la stratigrafia è definita da un p.c. a quota +154 m s.l.m. (con riferimento al sondaggio 5_S17vi).

STRATIGRAFIA	VI23, IV05 – p.c. +154 m s.l.m.
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bbc	0.0÷10.0
bbi	10.0÷21.0
AAC	21.0÷40.0
FALDA: a +142 m s.l.m.m	

Nella seguente tabella si sintetizzano i parametri geotecnici di progetto per le unità geotecniche intercettate.

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
bbc	19.5	100	0	25	-	50÷80	130÷200	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbi	19.5	-	0	38	-	135÷300	350-800	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bni	20.5	-	0	38	200÷300 (*)	80÷170	200÷450	$E_o / 3$	$E_o / 10$
AAC	20.5	230 per i primi 3m 250÷350 per profondità >	5	24	300÷1000 (*)	170÷400	450÷1000	$E_o / 3$	$E_o / 10$

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_o = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) da prove sismiche S4-MASW e MASW-VI17.

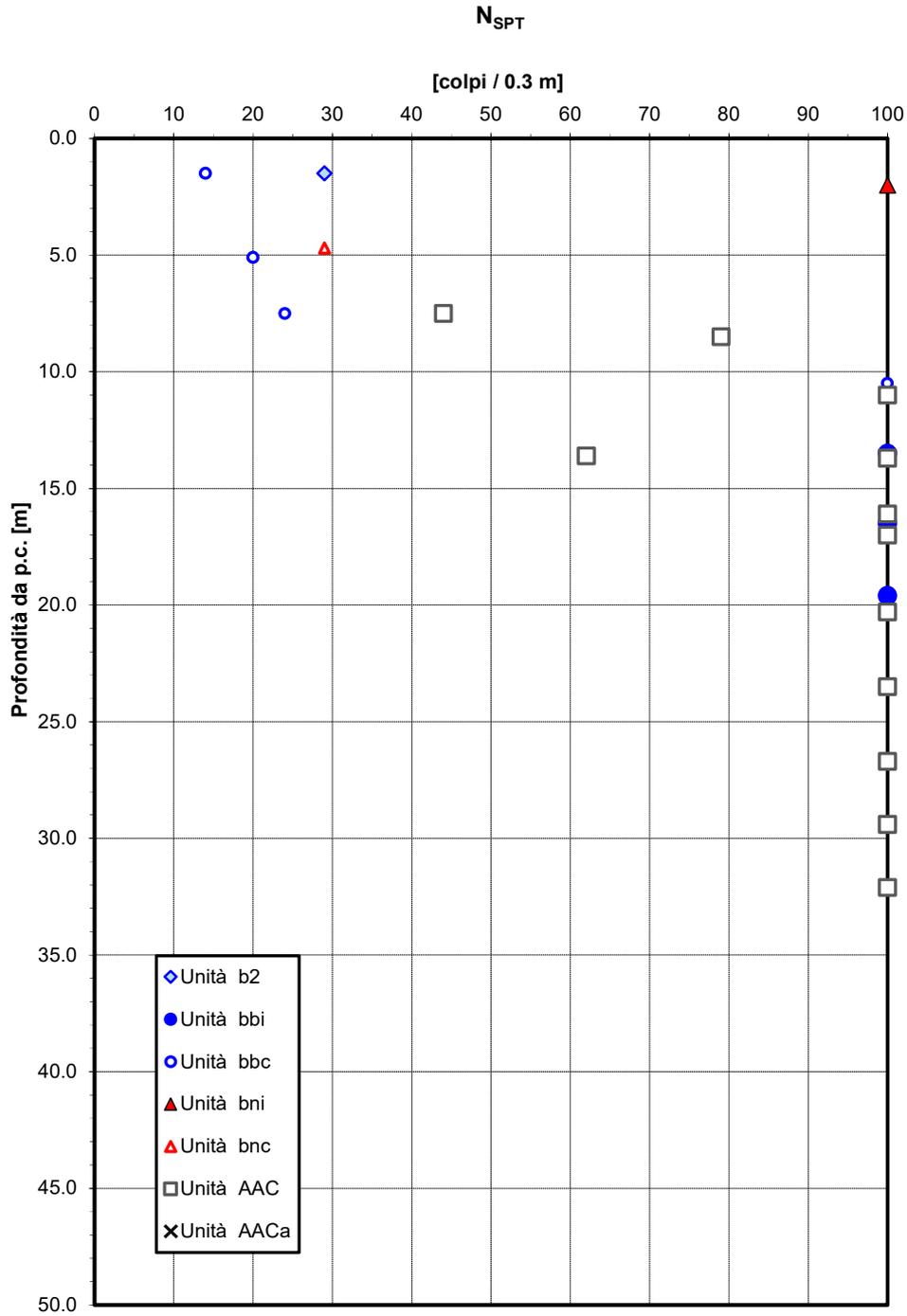


Figura 125 – Valori di N_{SPT} - VI17, VI23, IV05

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

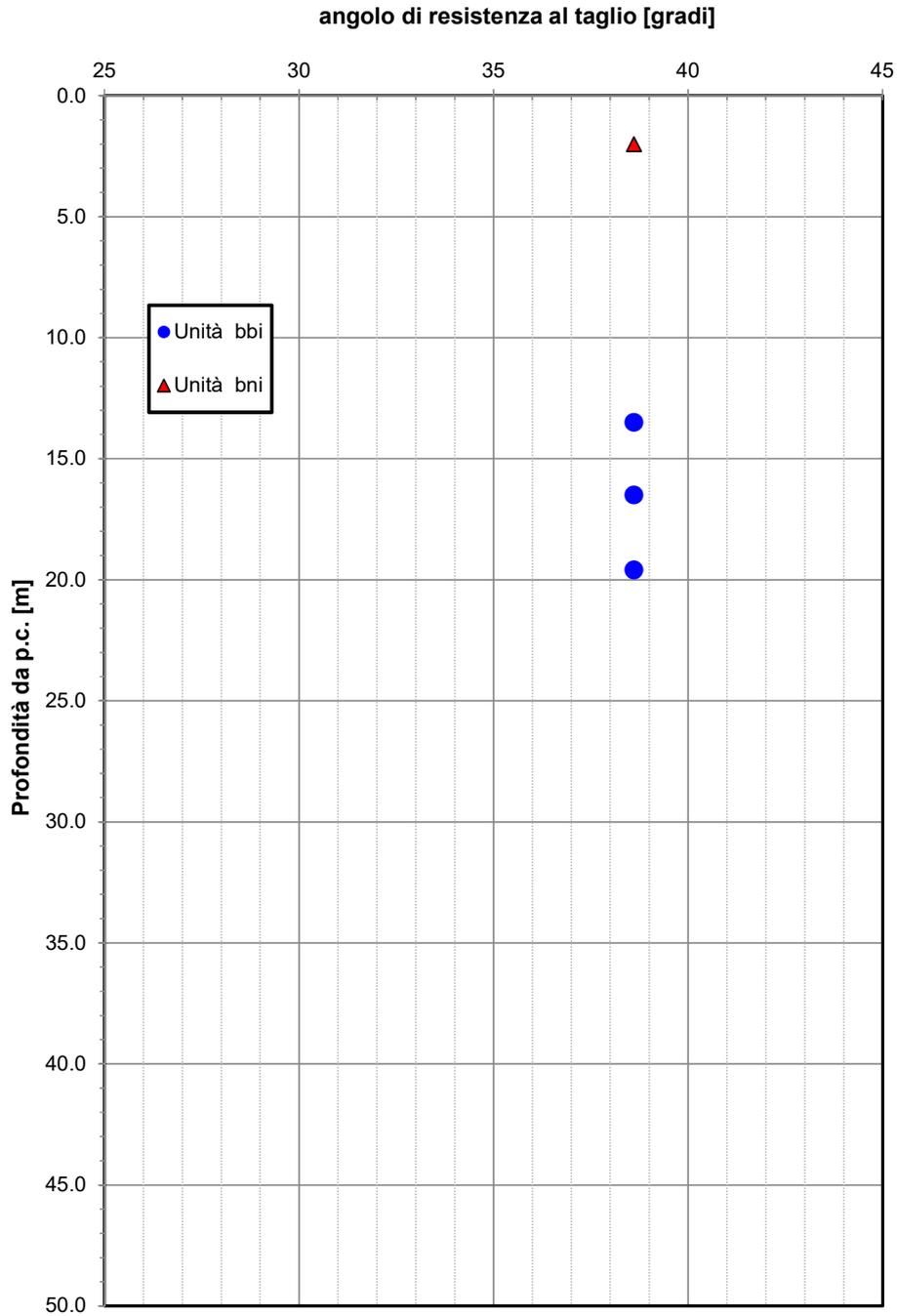


Figura 126 – Angolo di resistenza al taglio da prova SPT - VI17, VI23, IV05

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche

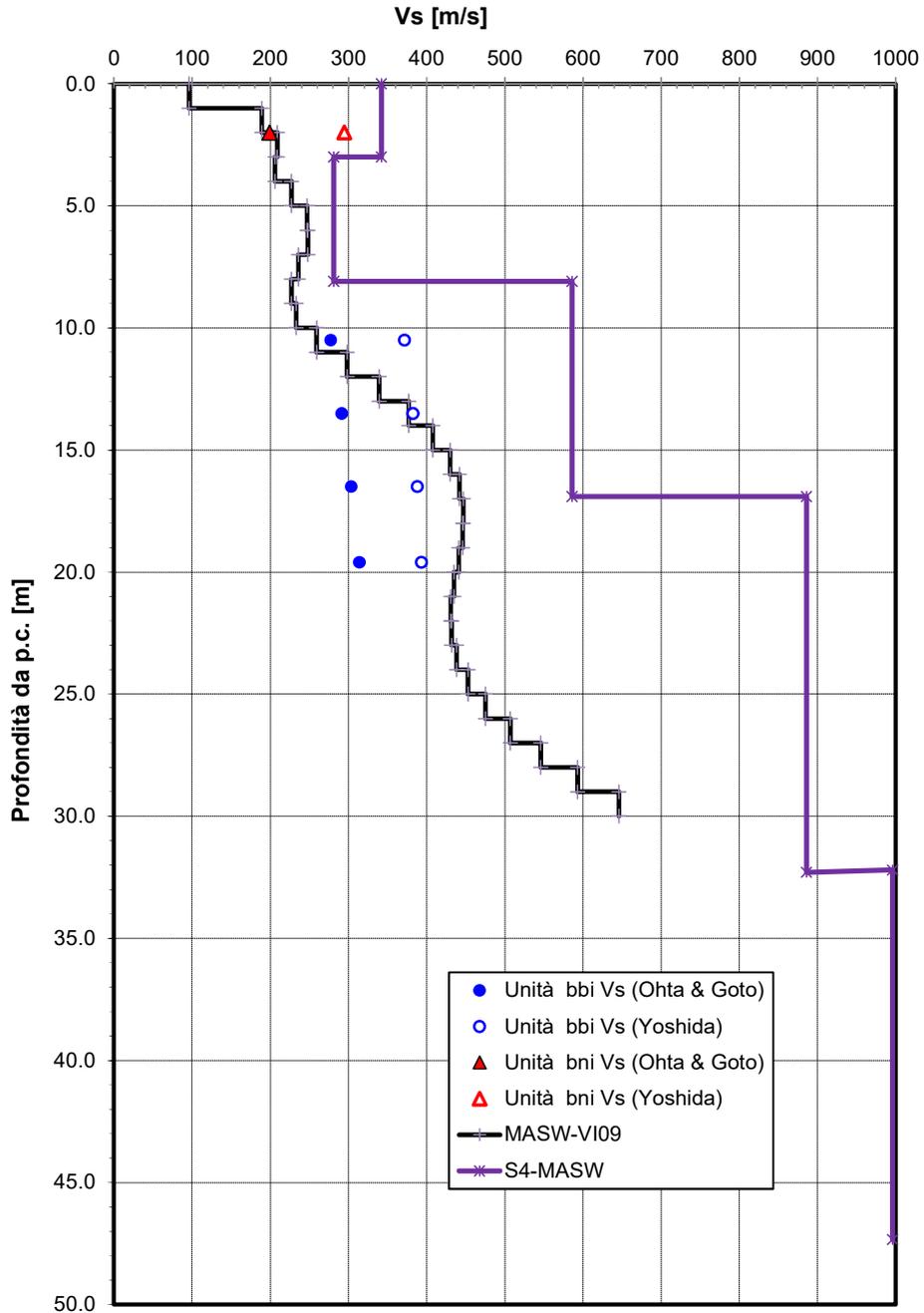
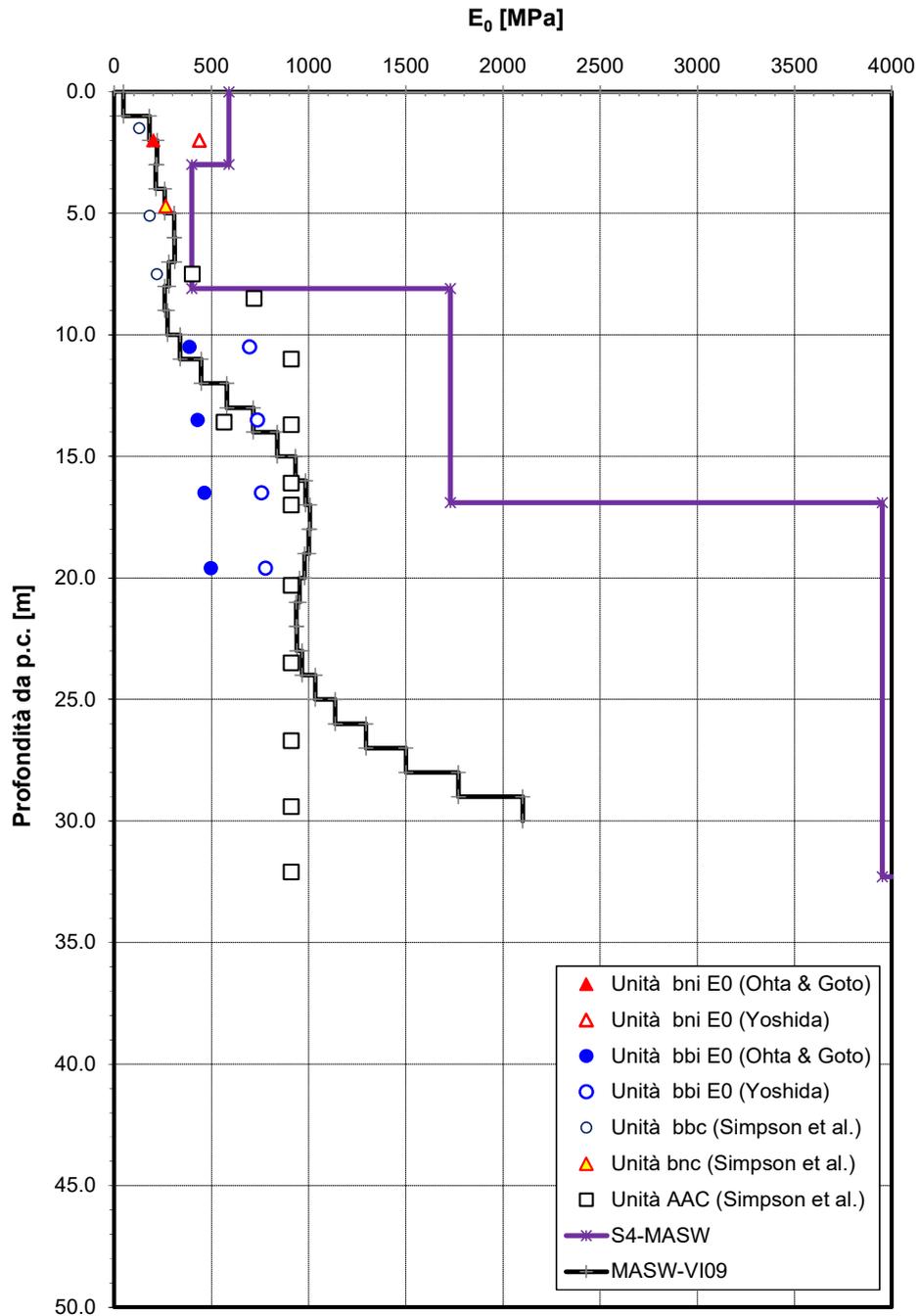


Figura 127 – Velocità delle onde di taglio da prova SPT e Masw - VI17, VI23, IV05

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche



Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

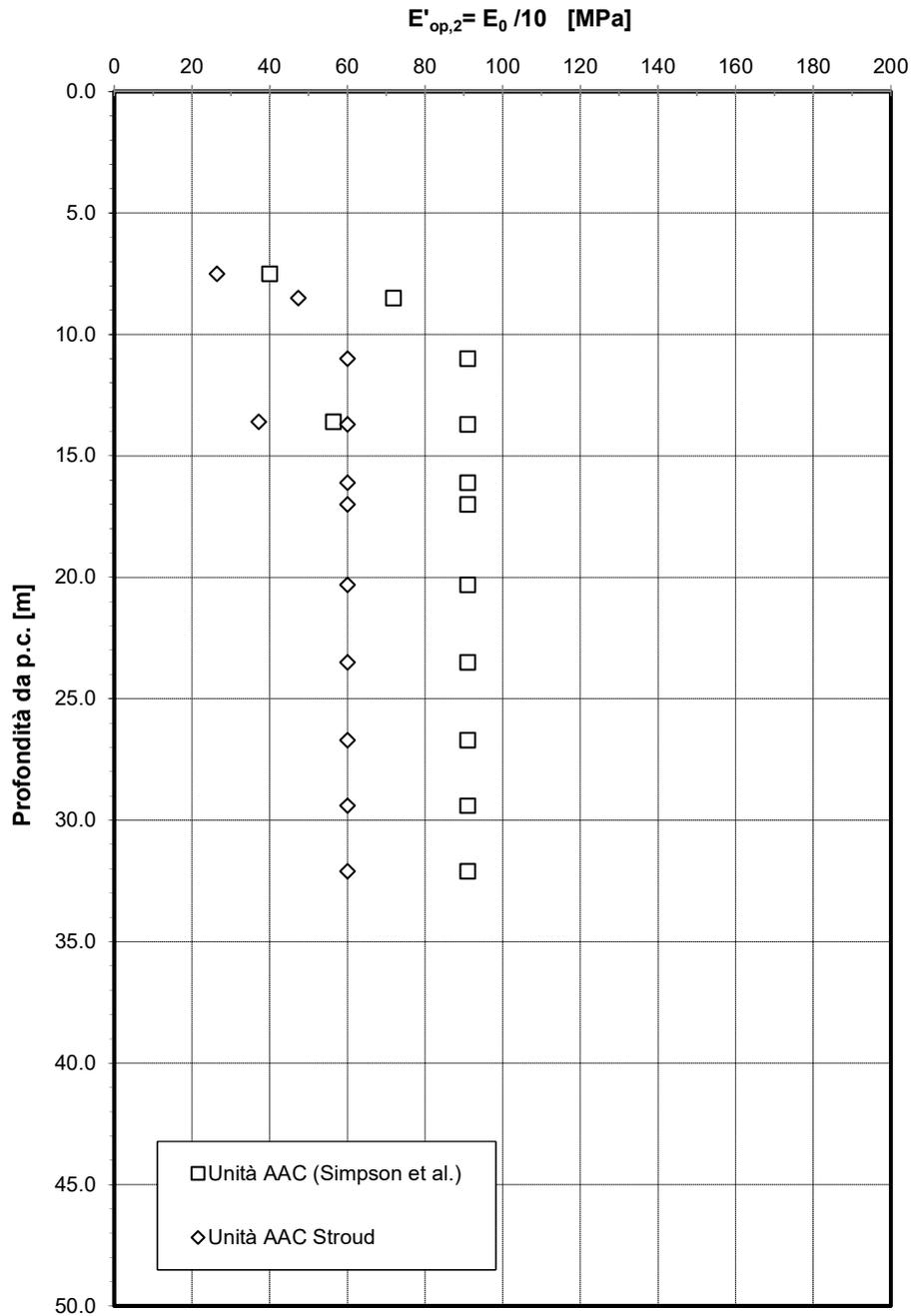


Figura 129 – Modulo di deformazione elastico operativo $E'_{op,2}$ da prove SPT per depositi coesivi - VI17, VI23, IV05

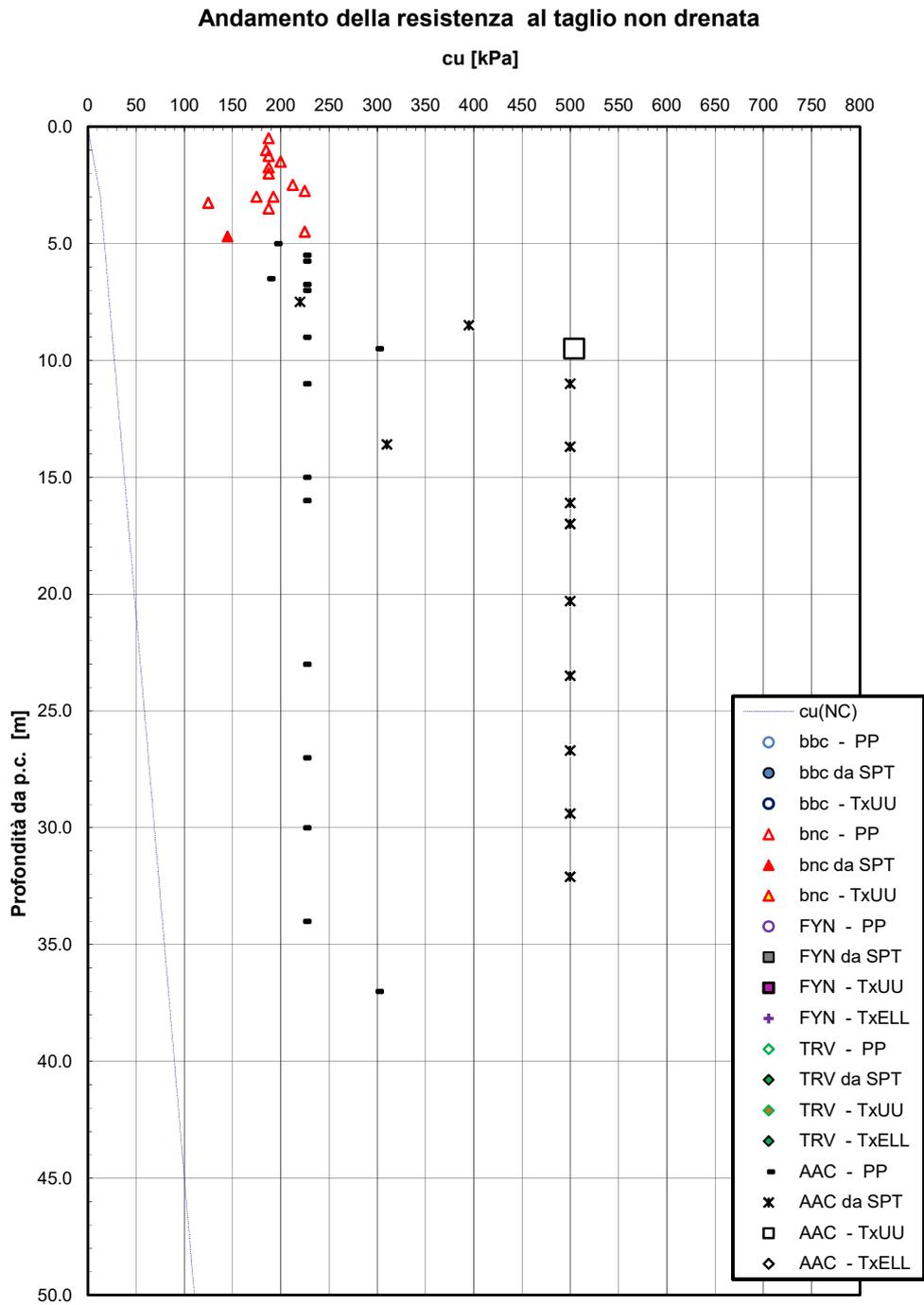


Figura 130 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate - VI17, VI23, IV05



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	256 di 322

7.9 Viadotto VI18 dal km 20+719.1 al km 20+759.1 e viadotto VI21 deviata provvisoria alla linea ferroviaria storica

Il viadotto di linea si estende tra le progressive chilometriche 20+719.1 al km 20+759.1, il viadotto VI21 è circa parallelo a quello di linea ed appartiene al tracciato di variante alla linea storica.

In corrispondenza dell'opera è stato eseguito il sondaggio D30 (che verrà preso a riferimento per la definizione della stratigrafia) e nelle vicinanze il sondaggio D31 (che verrà considerato per meglio caratterizzare le unità geotecniche della zona; le indagini in sito eseguite nella zona, sono elencate nella tabella seguente.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc /Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC / Prova DH
D30	30.0	134.6	2	7	-	5	2	2	TA[4÷9]
D31	30.0	139.7	2	8	-	6	2	2	DH [30]
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]									
CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

In corrispondenza dell'opera è stata eseguita l'indagine sismica Masw-VI18.

Nell'area in esame la stratigrafia è la seguente, con p.c. di riferimento a quota +141.0 m s.l.m.:

STRATIGRAFIA	
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bbc	0.0-6.5
bbi/ba	6.5 – 10.5
bbi (sabbia)	10.5 – 12.5
bbi	12.5-15.0
AAC	15.0-30.0
FALDA: a +130 m s.l.m.	

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	257 di 322

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Vs [m/s]	Go [MPa]	Eo [MPa]	E' _{op,1} [MPa]	E' _{op,2} [MPa]
bbc	19.5	80	0	25	150÷250 (*)	40÷120	100÷300	Eo / 3	Eo / 10
bbi/ba	19.5	-	0	38	250÷300 (*)	120÷170	300÷450	Eo / 3	Eo / 10
bbi (sabbia)	19.5	-	0	32	170÷270 (*)	100	250-300	Eo / 3	Eo / 10
AAC	20.5	160 (z<15 m) 250÷350 (z>15 m) (**)	5	24	500÷800 (*)	500÷400	400÷1000	Eo / 3	Eo / 10

Dove:

γ = peso di volume naturale

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

Vs = velocità delle onde di taglio

Go = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

Eo = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E'_{op,1} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

E'_{op,2} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) da indagini sismiche (MASW e DH)

(**) per profondità > 15 m da p.c., le prove di PP sono tutte a rifiuto strumentale (500 kPa) ed anche le prove SPT (Nspt=100); il valore della resistenza al taglio non drenata è assunto considerando cautelativamente il valore medio delle prove di laboratorio (275 kPa) ed il valore medio delle prove pressiometriche (350 kPa), valutati sui risultati dell'unità geotecnica per l'intera tratta ferroviaria.

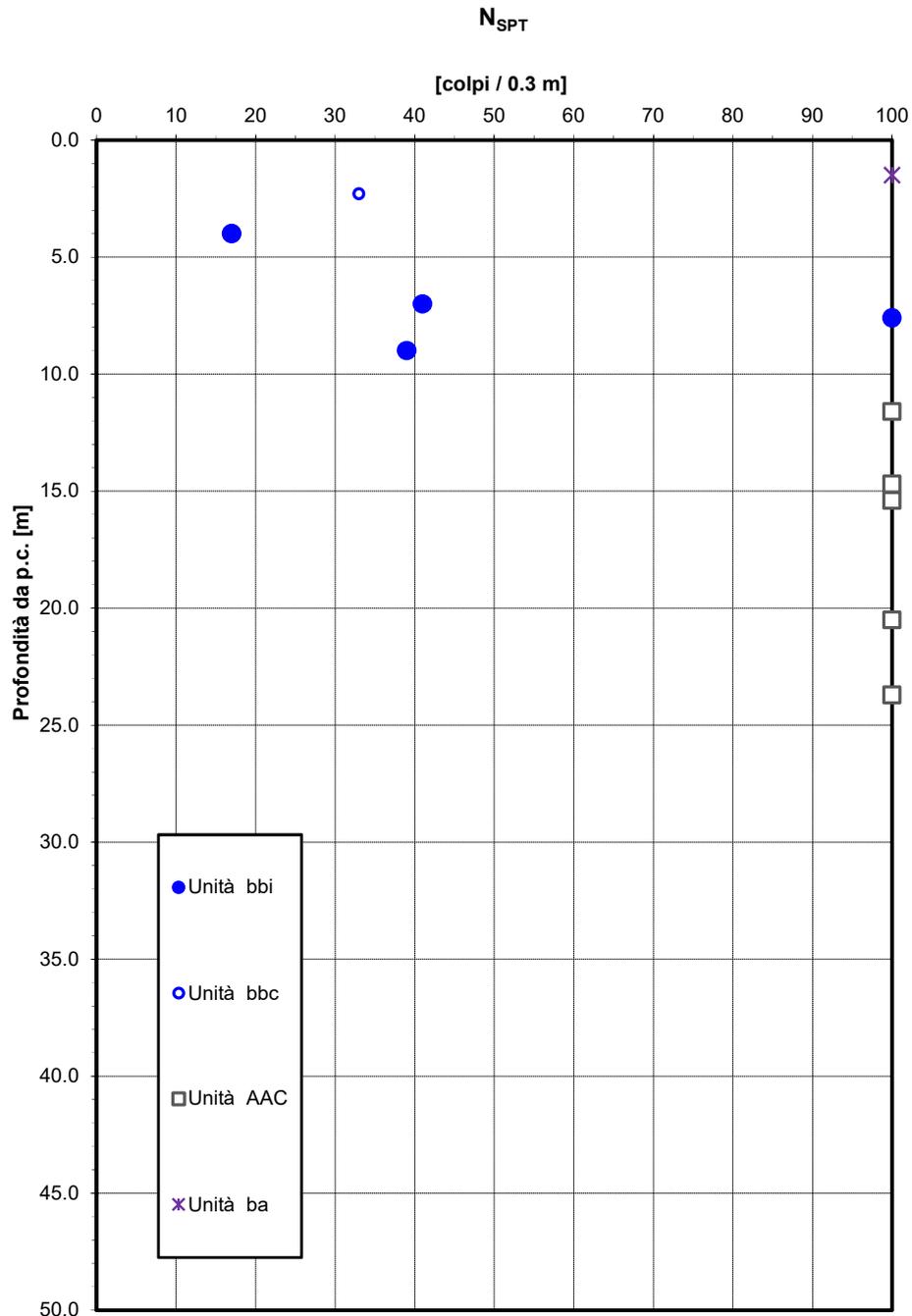


Figura 131 – Valori di N_{SPT} VI18, VI21

Densità relativa da prove SPT

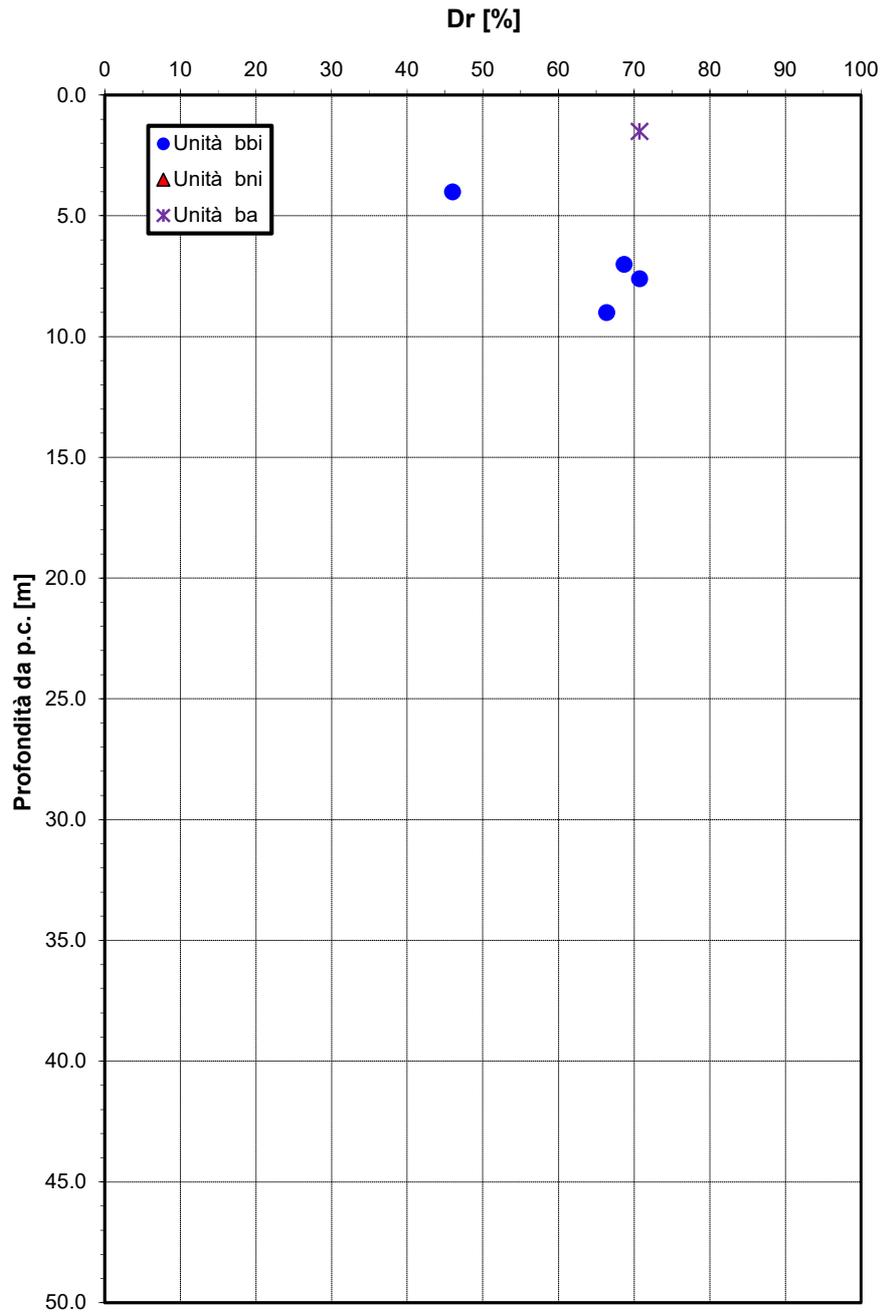


Figura 132 – Densità relativa da prove SPT- VI18, VI11

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

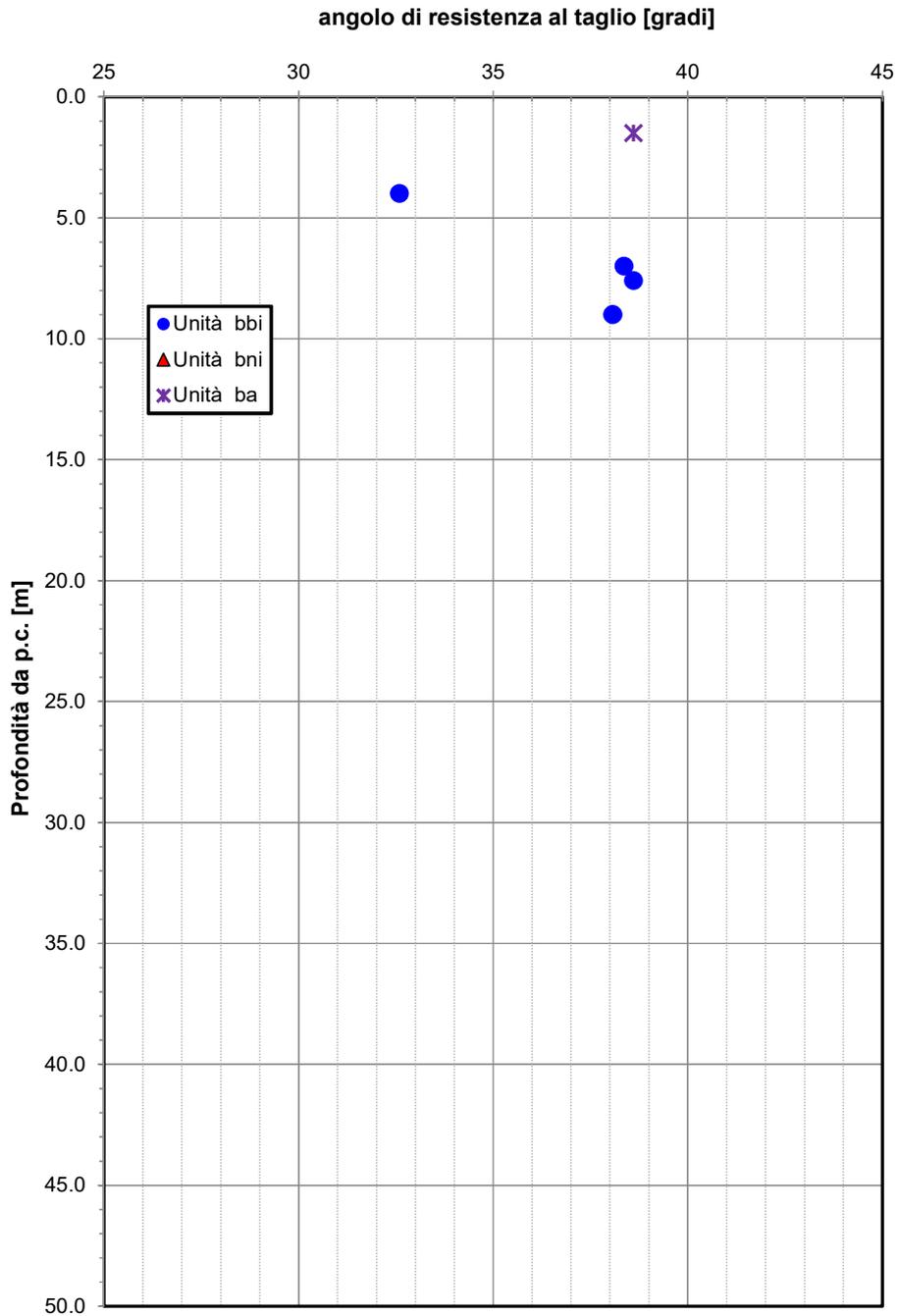


Figura 133 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT- VI18, VI21

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche

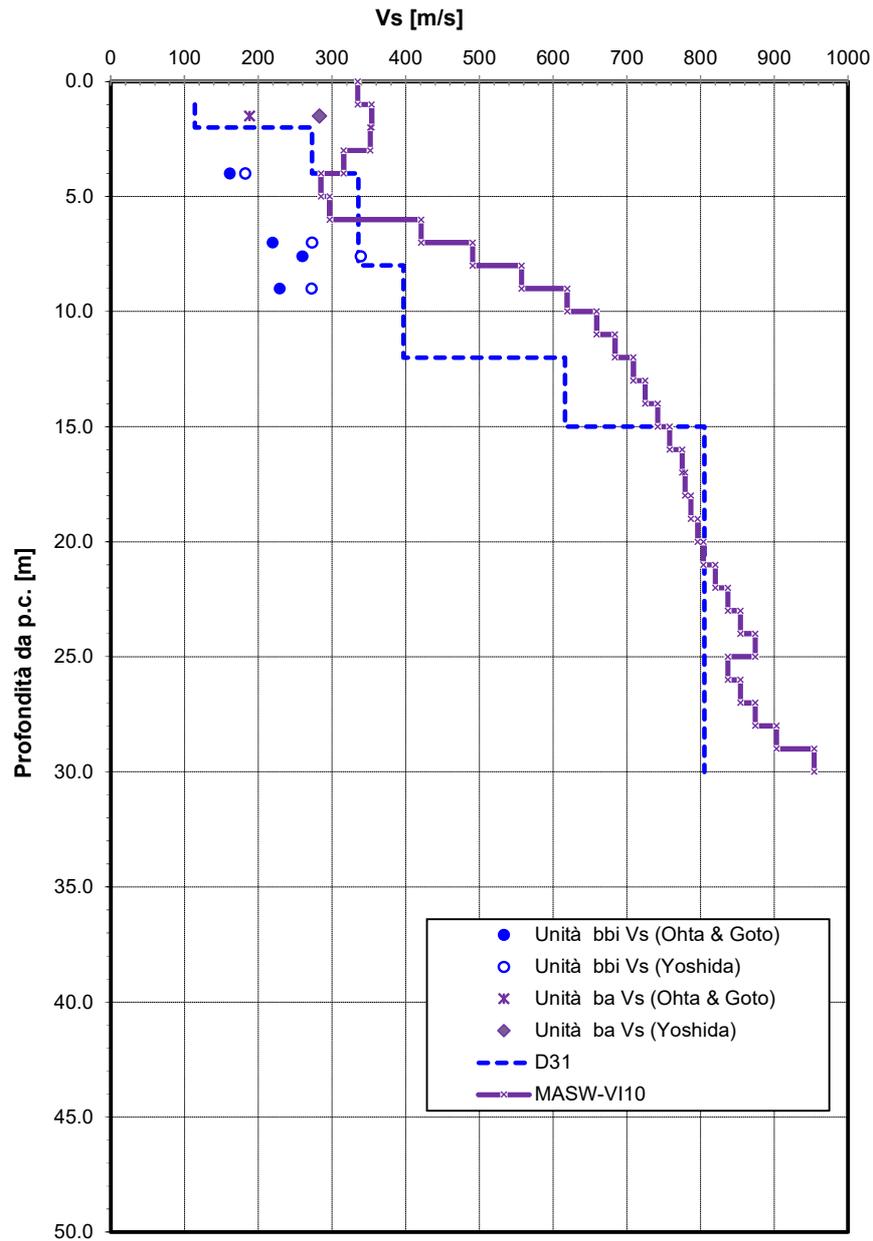


Figura 134 – Velocità delle onde di taglio da prove SPT e DH – VI18, VI21

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

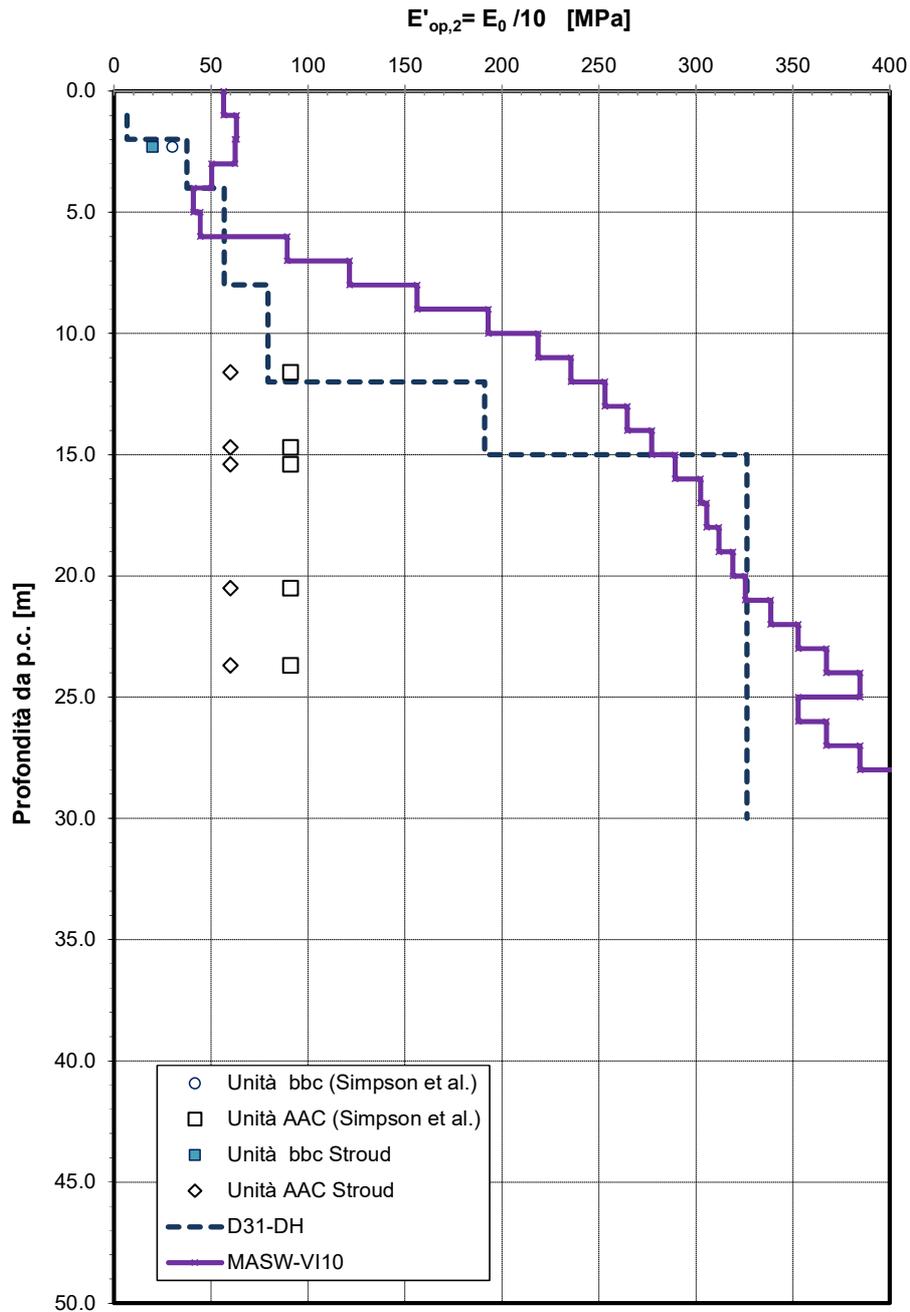


Figura 136 – Modulo di deformazione elastico operativo $E'_{op,2}$ da prove SPT - VI18, VI21

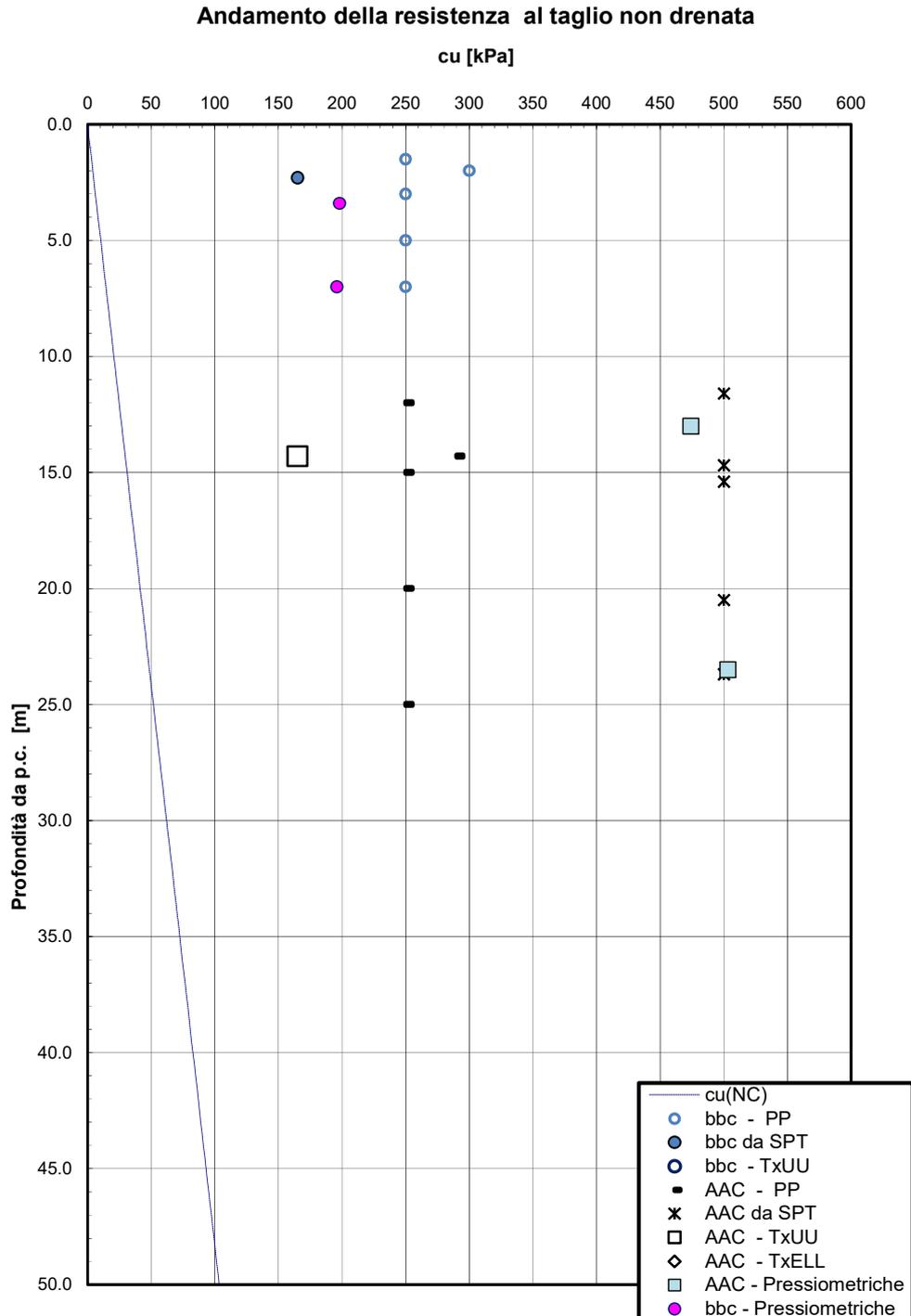


Figura 137 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate - VII8, VI21

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	265 di 322

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

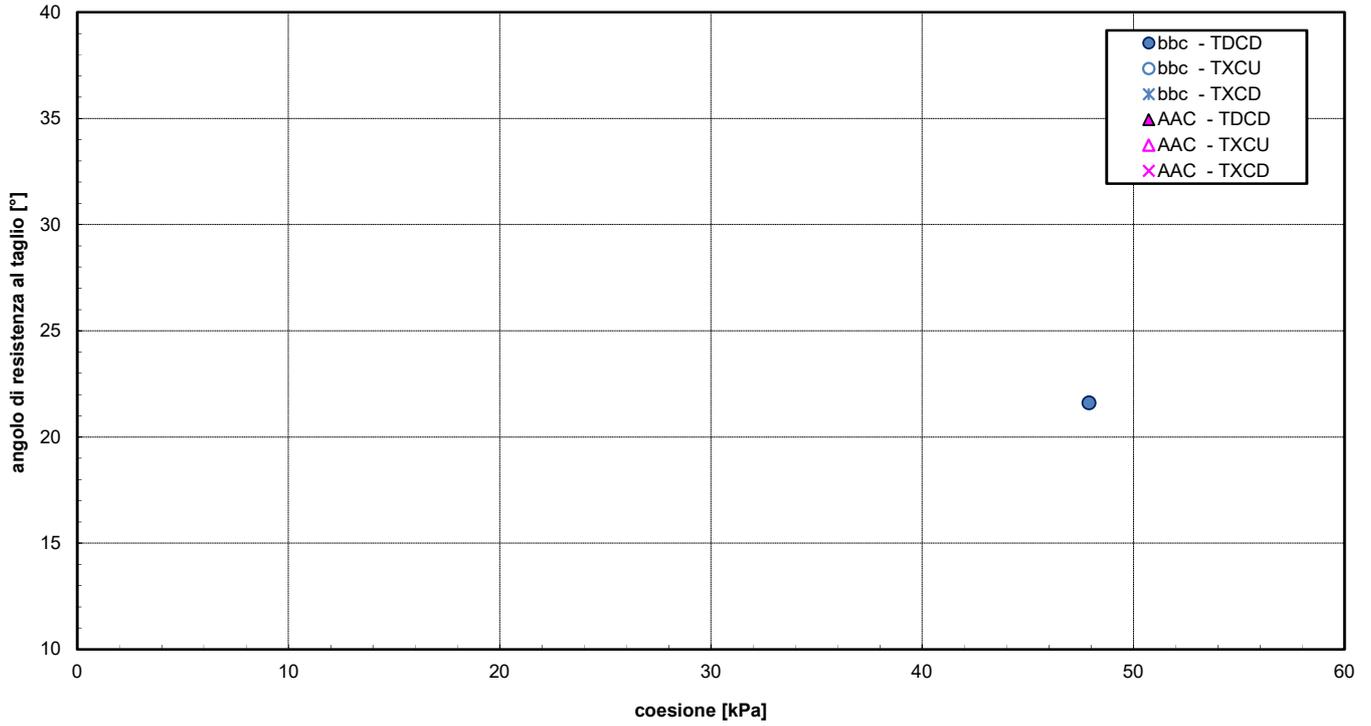


Figura 138 – Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata - VI18, VI21



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	266 di 322

7.10 Viadotto VI20 dal km 22+183.9 al km 22+201.3

In corrispondenza dell'opera è stato eseguito il sondaggio D34 che verrà preso a riferimento per la definizione della stratigrafia; inoltre per la scelta dei parametri geotecnici si farà riferimento anche al sondaggio S7 per le unità geotecniche comuni. Nella seguente tabella si sintetizzano le informazioni delle indagini in sito eseguite vicino all'opera.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc / Lugeon	n. prove pressiom etriche	Piezometro TA; CC / Prova DH
S7	40.0	149.0	2	4	2	10	2	-	TA[1÷9]
D34	30.0	136.5	2	10	-	5	2	2	TA[3÷18]
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]									
CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

Inoltre è disponibile l'indagine sismica MASW-VI20.

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente (quota riferimento +142.0 m s.l.m.):

STRATIGRAFIA	
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
Ra	0.0÷5.5
bbc	5.5÷9.5
bbi	9.5÷22.0
AAC	22.0÷40.0
FALDA: +129 m s.l.m.	

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	267 di 322

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Vs [m/s]	Go [MPa]	Eo [MPa]	E' _{op,1} [MPa]	E' _{op,2} [MPa]
bbc	19.5	80	0	25	190	70	150	Eo / 3	Eo / 10
Ra	20.0	-	0	35	-		200	Eo / 3	Eo / 10
bbi	19.5	-	0	38	250÷400	120÷300	300÷600	Eo / 3	Eo / 10
AAC	20.5	300 z<30m 350 z>30m	5	24	440÷630 (*)	155÷400 (*)	400÷1000 (*)	Eo / 3	Eo / 10

Dove:

γ = peso di volume naturale

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

Vs = velocità delle onde di taglio

Go = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

Eo = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E'_{op,1} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

E'_{op,2} = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) da prova MASW-VI20.

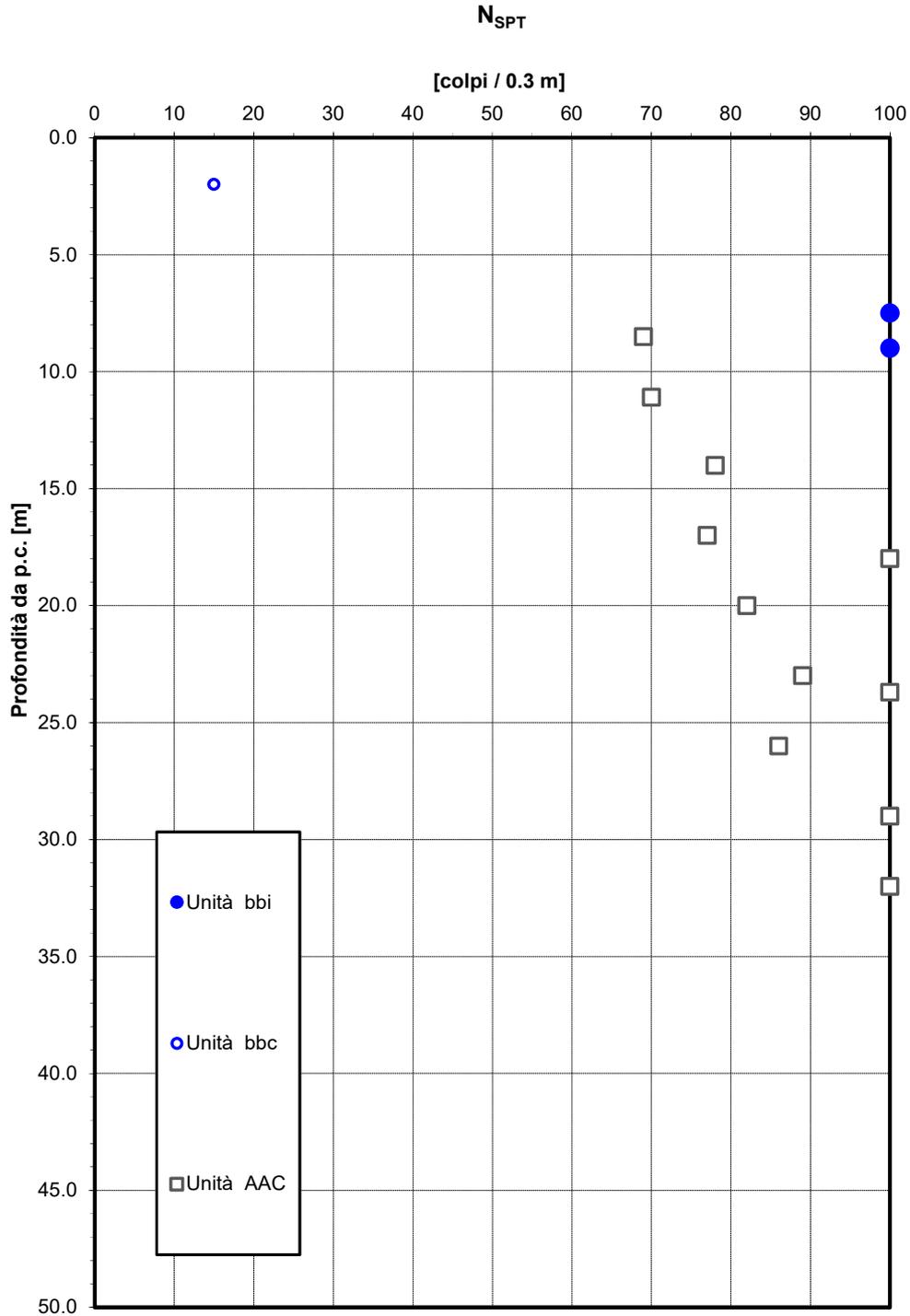


Figura 139 – Valori di N_{SPT} VI20

Densità relativa da prove SPT

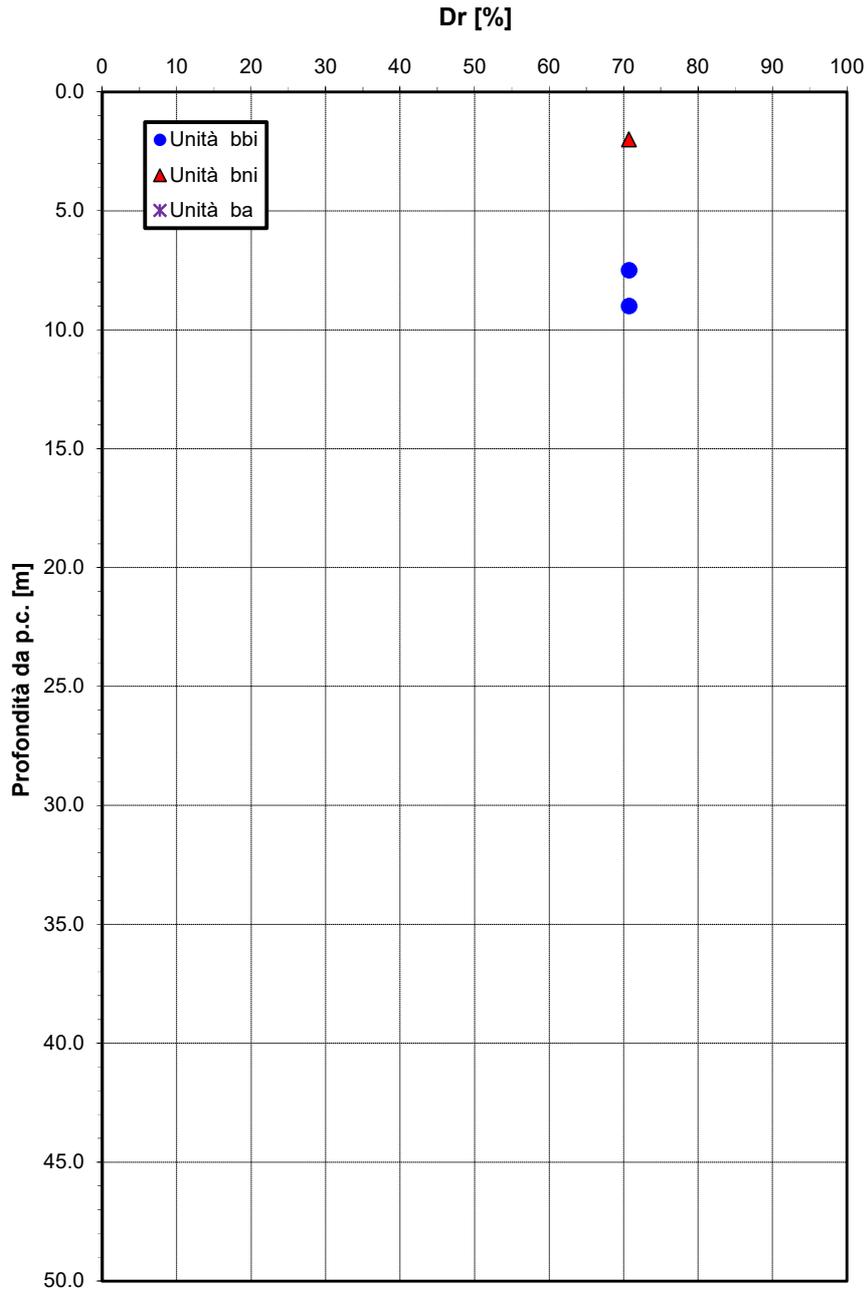


Figura 140 – Densità relativa da prove SPT- VI20

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

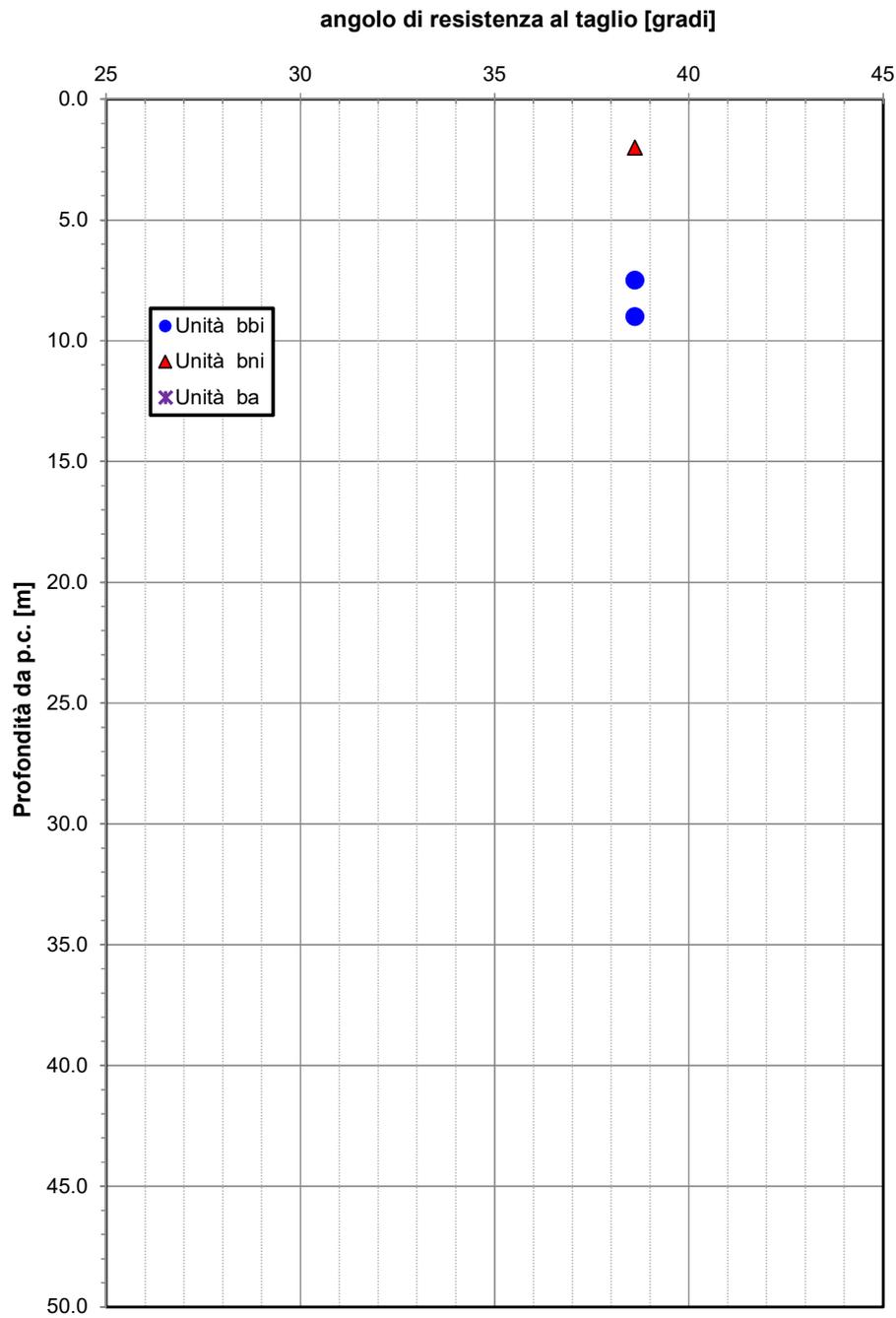


Figura 141 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT- VI20

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e sismiche

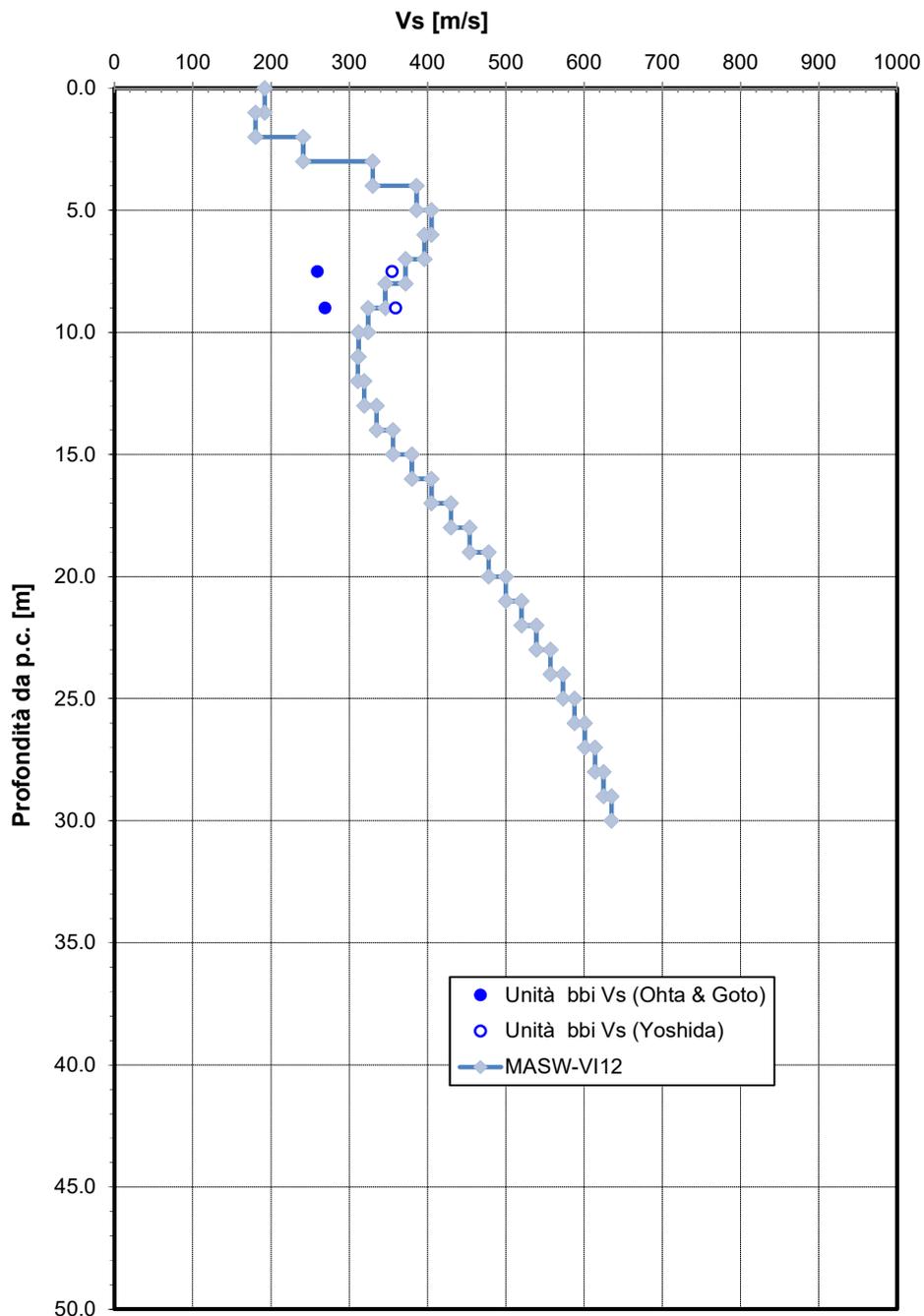


Figura 142 – Velocità delle onde di taglio da prove SPT e MASW – VI20

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

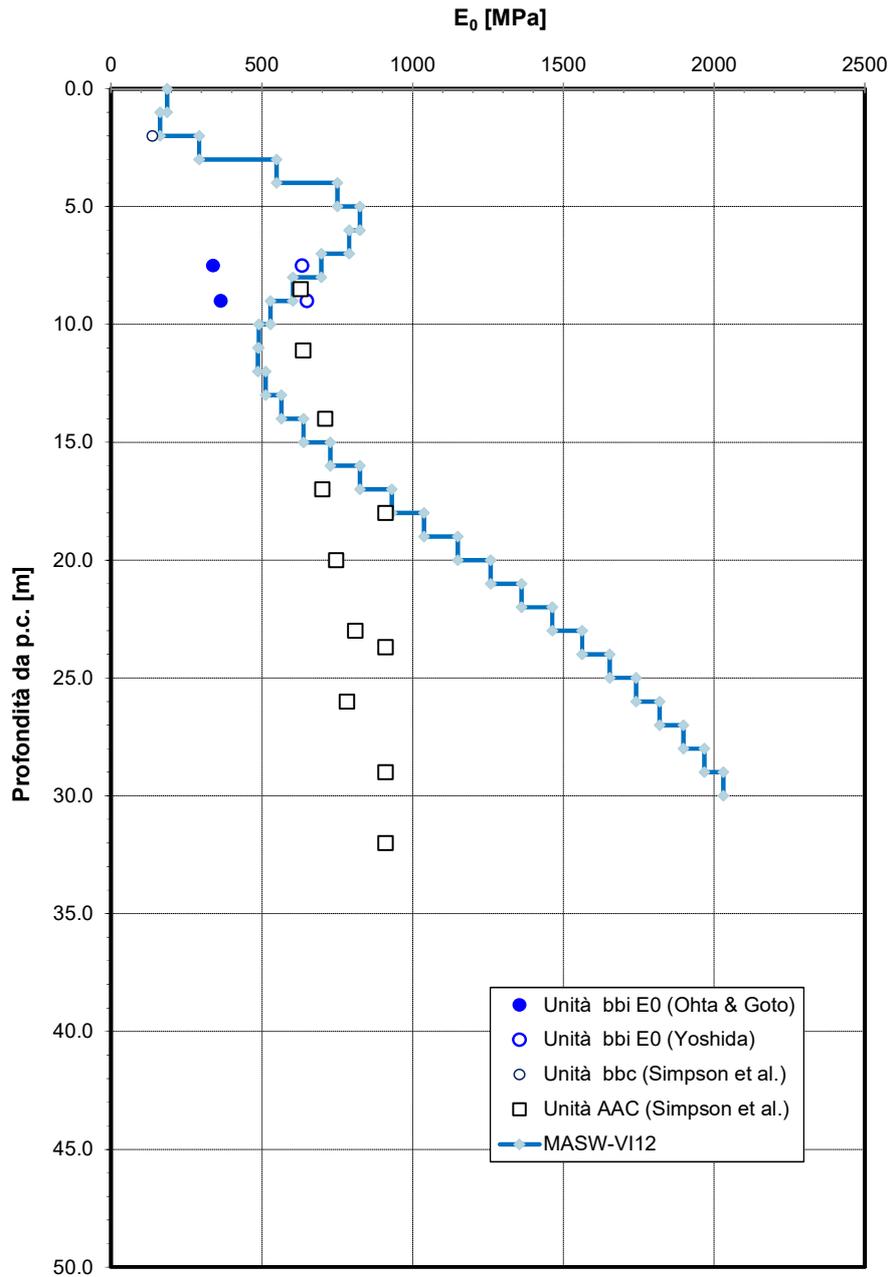


Figura 143 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e MASW – VI20

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

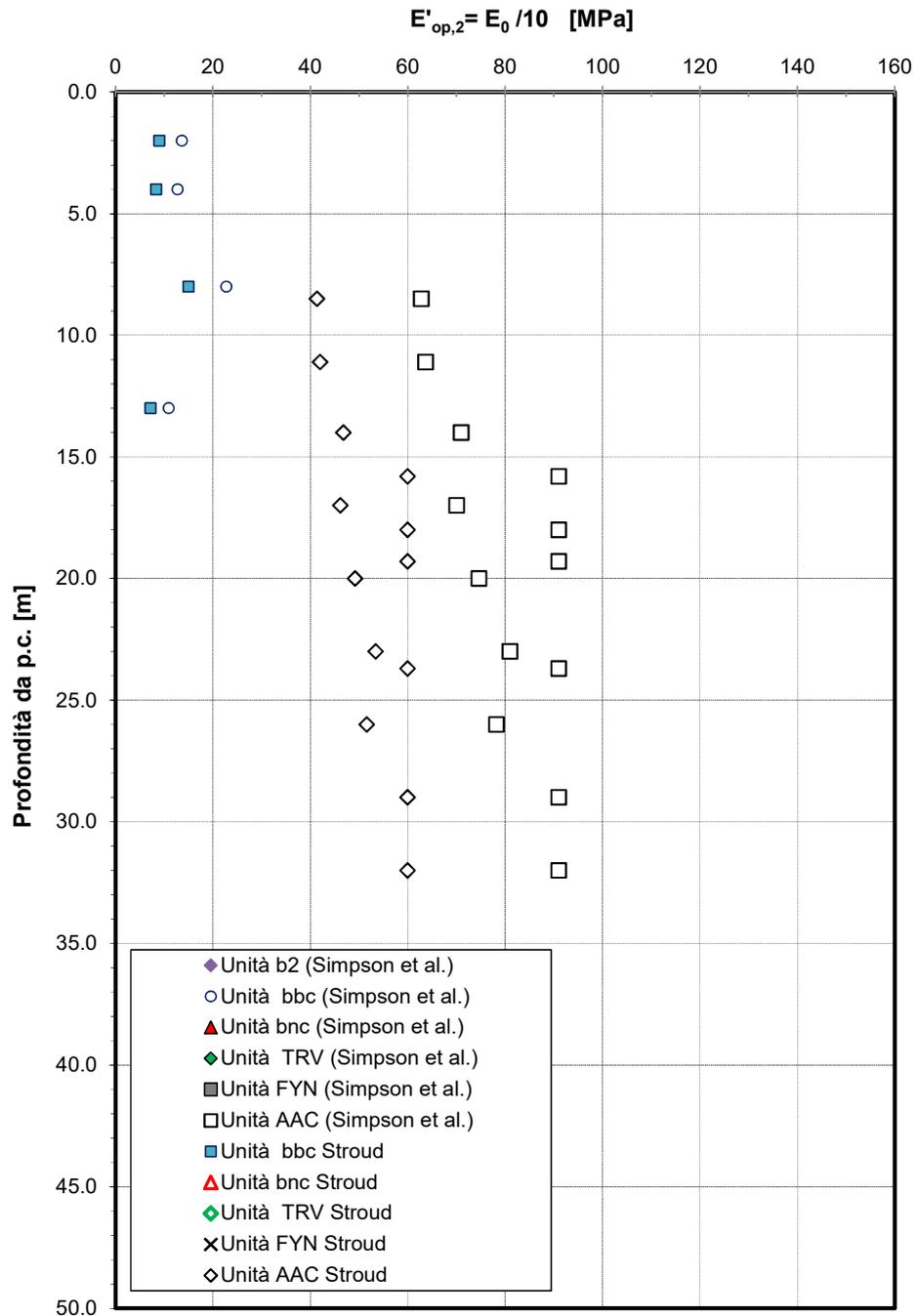


Figura 144 – Modulo di deformazione elastico operativo E'_{op2} da prove SPT – VI20

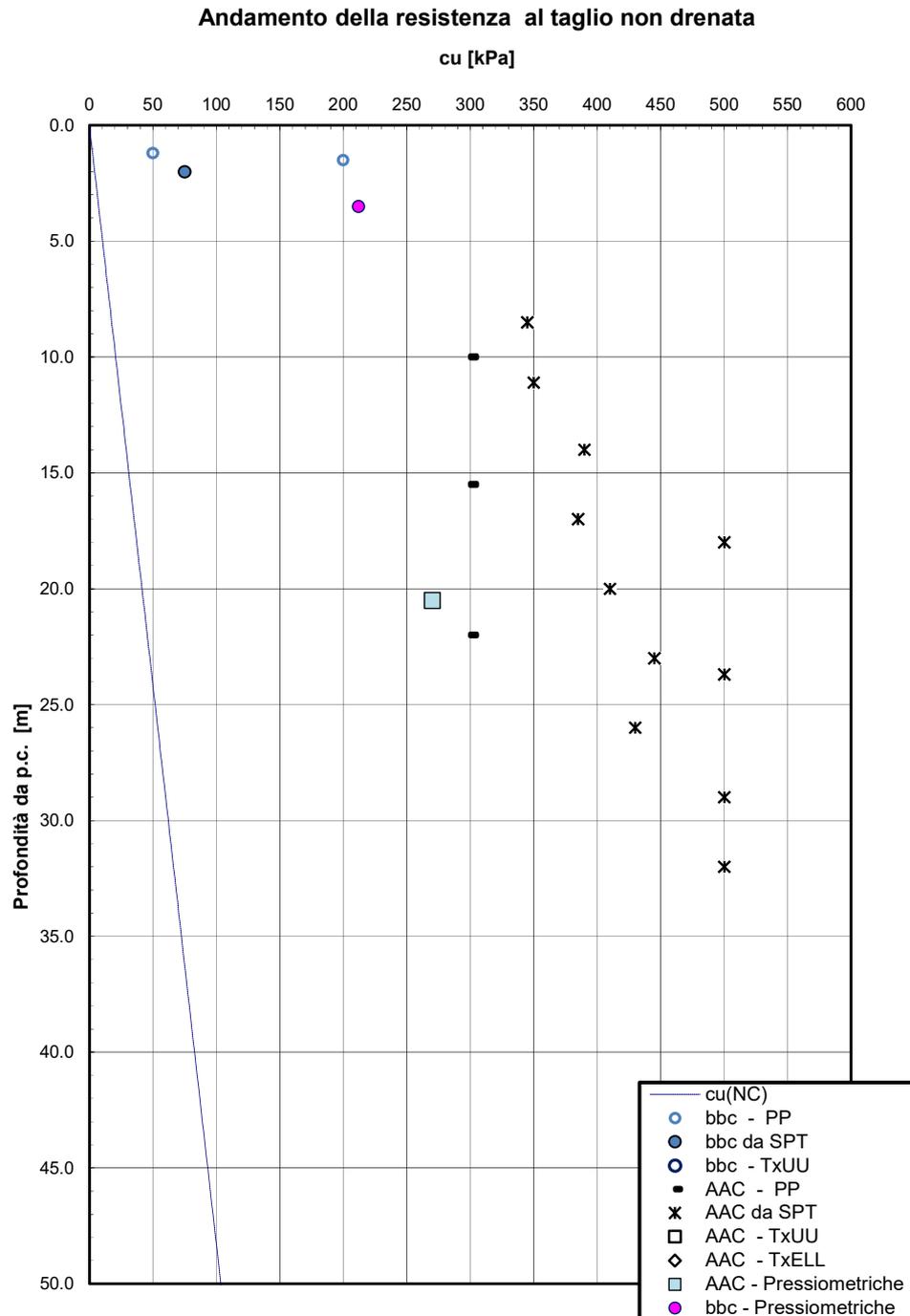


Figura 145 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate – VI20



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	275 di 322

7.11 Viadotto VII9 dal km 21+958.3 al km 21+975.3

Nelle vicinanze dell'opera sono state eseguite le indagini in sito elencate nella tabella seguente. Il sondaggio D35 è ubicato con fuori asse di 232 m sud rispetto all'opera, mentre il sondaggio S7 è in asse tracciato ma più avanti ad una distanza di circa 122 m. Quindi per la stratigrafia ci si è basati sul sondaggio D35 e sulle indicazioni geologiche (profilo e pianta geologica) mentre per i parametri si è fatto riferimento ad entrambi i sondaggi.

INDAGINI IN SITO

Sondaggio	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	N. prove SPT	N. campioni indisturbati	N. campioni rimaneggiati	N. campioni litoidi	Piezometro TA	Prova Lefranc, profondità [m]
S7	40.0	149.00	10	2	4	2	[1-9]	4.6 14.5
D35	40.0	132.92	5	1	3	-	[3-18]	6.0 25.5

TA [m]: profondità tratto filtrante

Inoltre è disponibile l'indagine sismica MASW-VI19.

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente :

STRATIGRAFIA	(quota p.c. +137 m s.l.m.)
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bbc	0.0÷9.0
AAC	9.0÷40.0
FALDA: a profondità di 7 m dal p.c. locale	

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
bbc	19.5	80	0	25	150÷250	40÷85	100÷220	$E_o / 3$	$E_o / 10$
AAC	20.5	300 $z < 30m$ 350 $z > 30m$	5	24	440÷630 (*)	230÷400 (*)	600÷1000 (*)	$E_o / 3$	$E_o / 10$

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_o = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	276 di 322

(*) da prova MASW-VI19.

(**) le prove di PP eseguite sulle carote sono tutte a rifiuto strumentale (450 kPa), le prove SPT sono tutte > 70 colpi/30cm con andamento crescente, fino a rifiuto strumentale (Nspt=100).

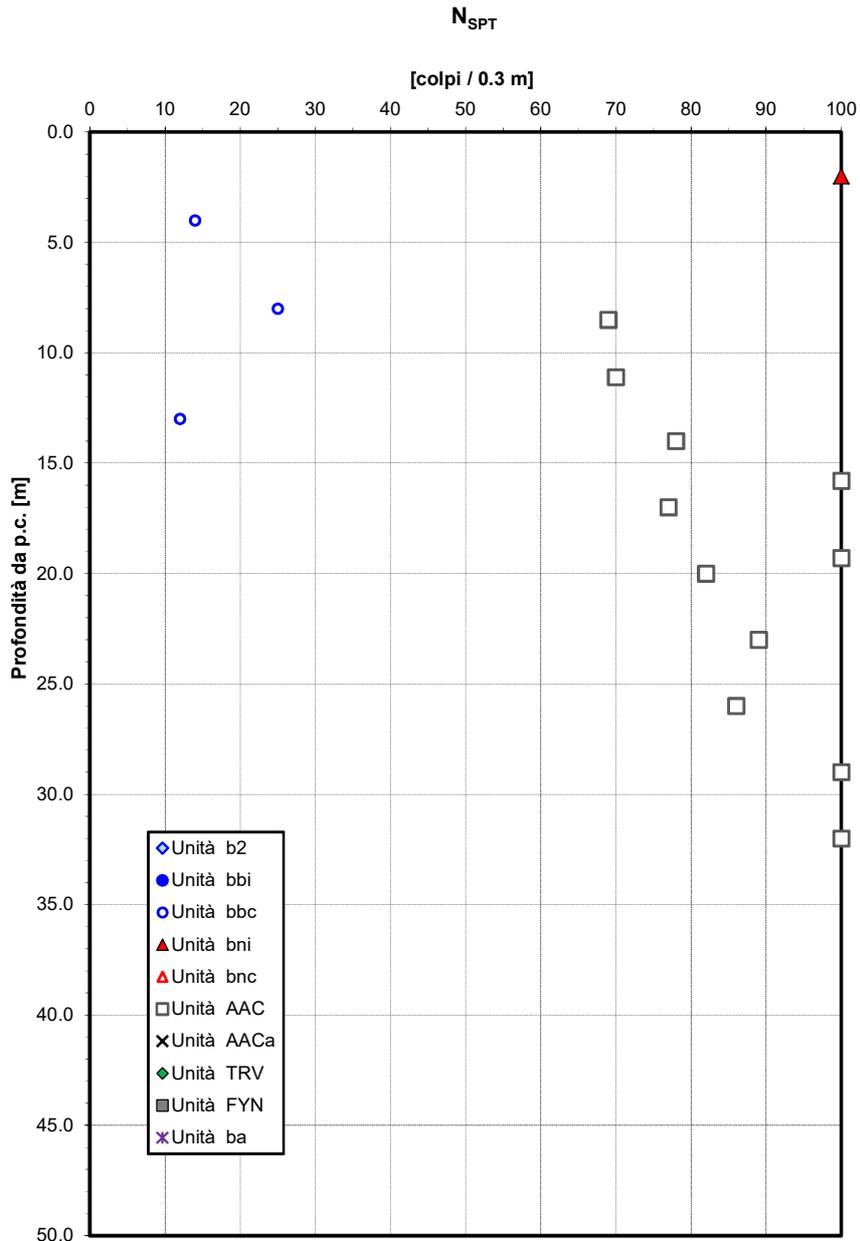


Figura 146 – Valori di N_{SPT} VI19

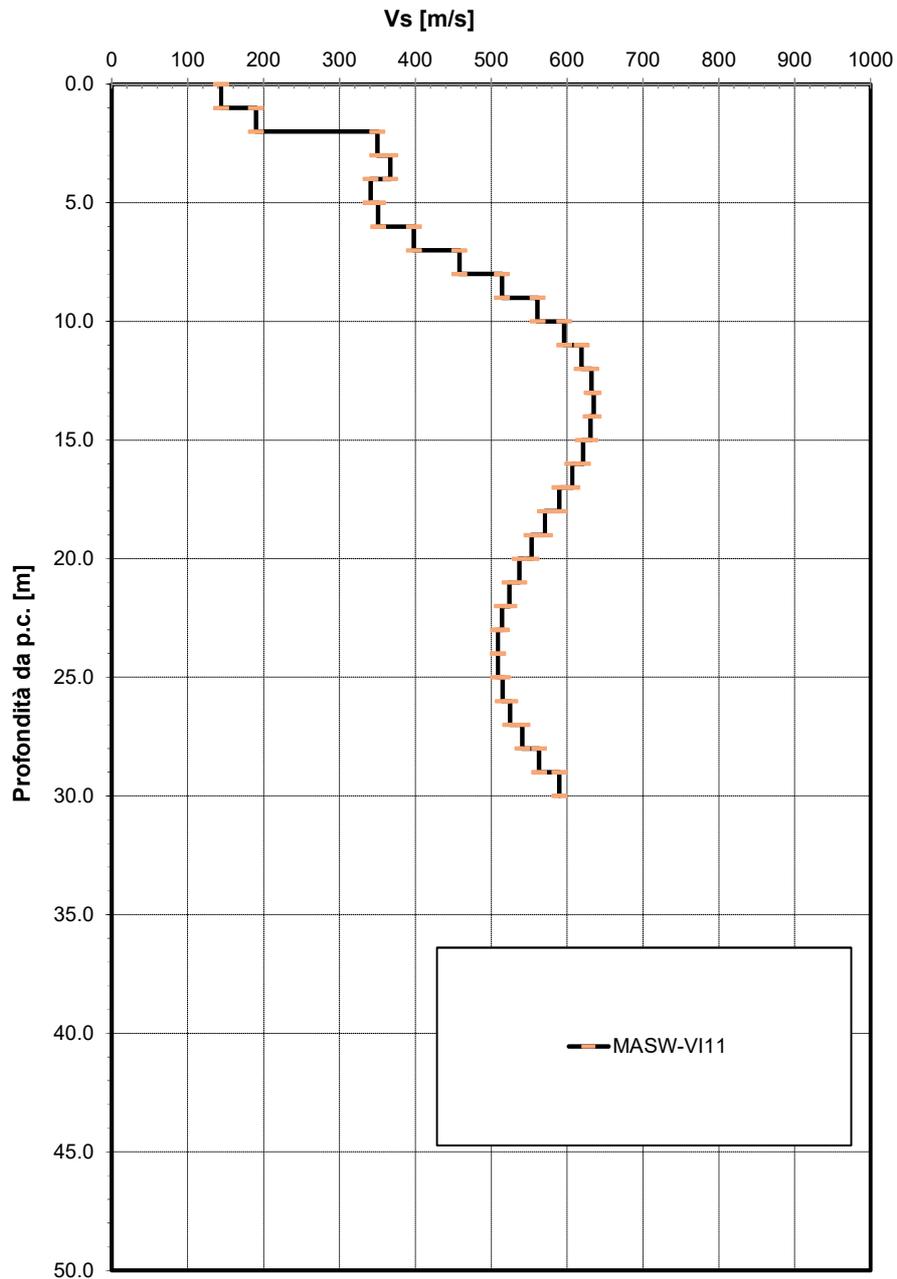


Figura 147 – Velocità delle onde di taglio MaSW- V119

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

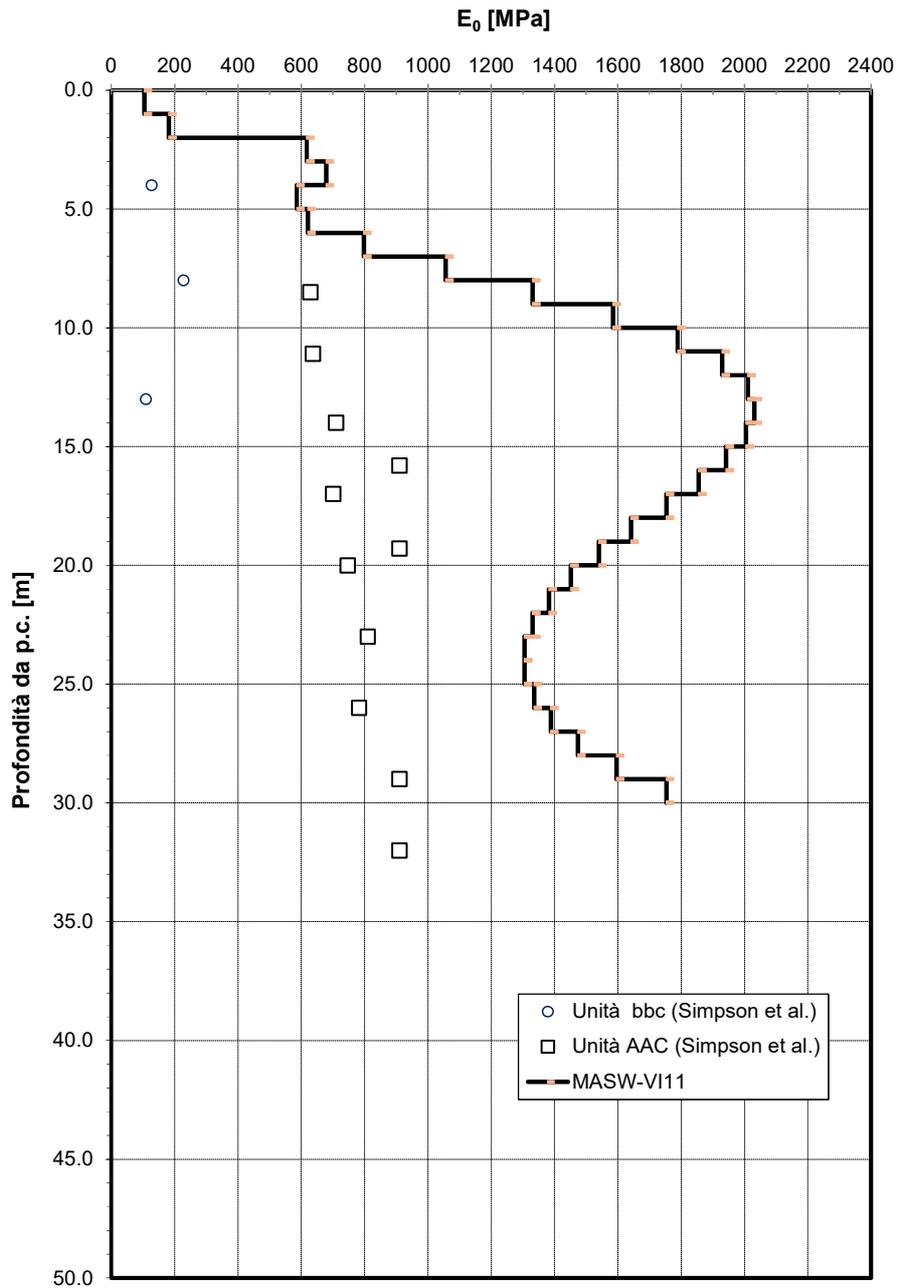


Figura 148 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e MaSW- VI19

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

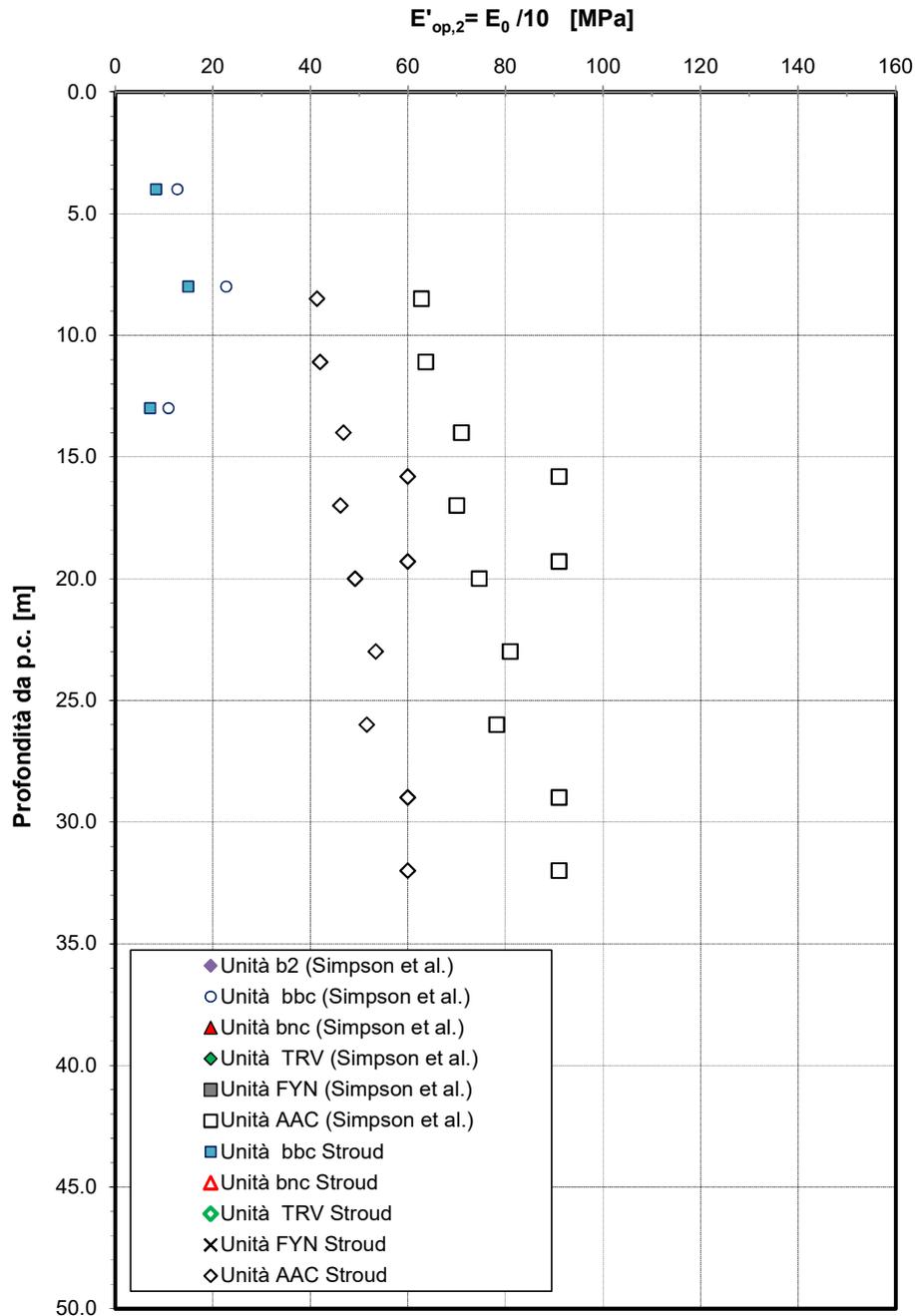


Figura 149 – Modulo di deformazione elastico operativo $E'_{op,2}$ da prove SPT – VI19

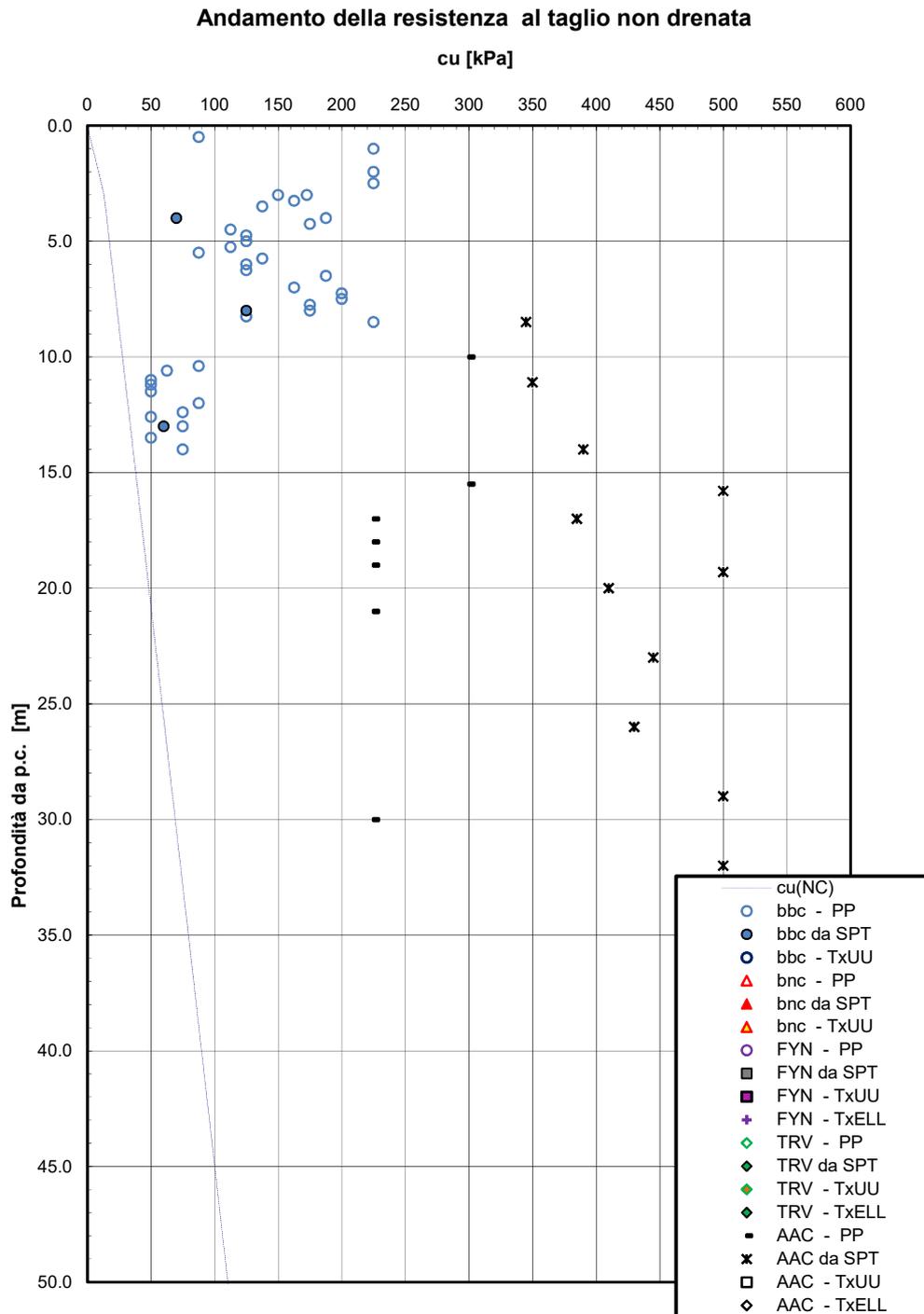


Figura 150 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate – VI19

7.12 Cavalcaferrovia IV03 al km 13+053

Il cavalcaferrovia scatolare è previsto in corrispondenza della viabilità della nuova stazione di Catenanuova (viabilità NV19). La fondazione della spalla A è costituita da pali D = 1200mm, mentre la spalla B è costituita da una paratia di doppia fila di pali con D = 1500 mm.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini in sito elencate nella tabella seguente.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc / Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC / Prova DH
D32	30.0	152.00	3	7	-	5	1	-	TA[3÷30]
S1	40.0	148.5	2	5	-	8	1	-	TA[1÷9]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]
CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]

In corrispondenza del sondaggio D33 è stata eseguita una indagine sismica DH da cui evince categoria di sottosuolo tipo B: l'indagine è ubicata nelle vicinanze e presenta le stesse formazioni geologiche con spessori confrontabili, quindi anche per quest'opera si assume categoria sottosuolo B.

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente (p.c. di riferimento a quota +152.0 m s.l.m.):

STRATIGRAFIA	Profondità [m] da p.c.
bnc	0.0-3.5
bni	3.5-7.5
bnc	7.5-11.5
bni	11.5-14.5
bnc	14.5-15.5
AAC	15.5-40.0

FALDA: a+138 m s.l.m.

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Vs [m/s]	Go [MPa]	Eo [MPa]	E'op,1 [MPa]	E'op,2 [MPa]
bni	20.5	-	0	38	-	-	250 (z=3.5-7.5 m) 350 (z=11.5-14.5 m)	Eo / 3	Eo / 10
bnc	20.5	150	0	25	-	-	200 (z=0.0-3.5 m) 300 (z=7.5-11.5 m)	Eo / 3	Eo / 10



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	282 di 322

							300 (z=14.5-15.5 m)		
AAC	20.5	250÷350	5	24	-	-	700-900	Eo / 3	Eo / 10

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_o = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

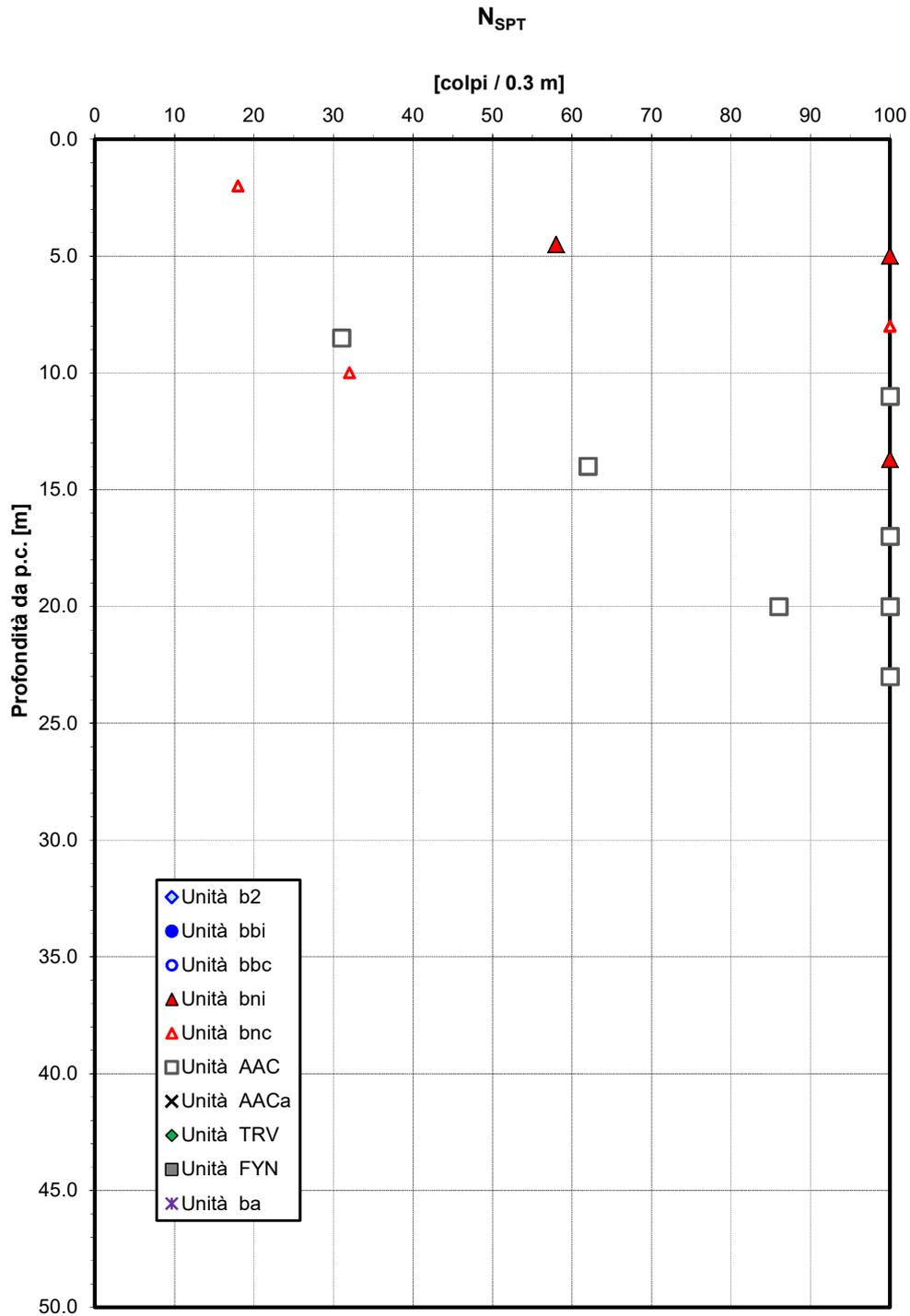


Figura 151 – Valori di NSPT IV03

Densità relativa da prove SPT

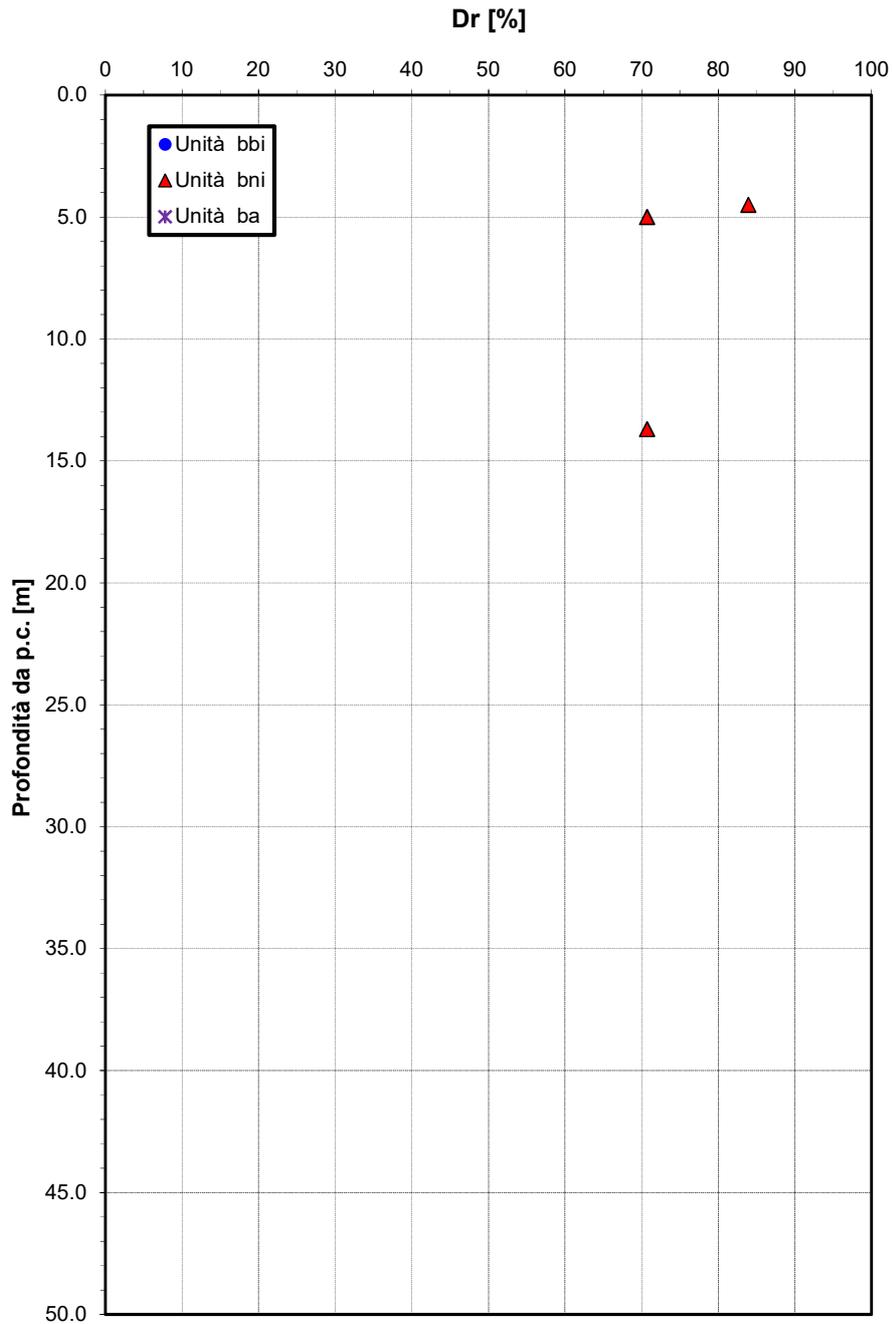


Figura 152 – Densità relativa da prove SPT- IV03

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

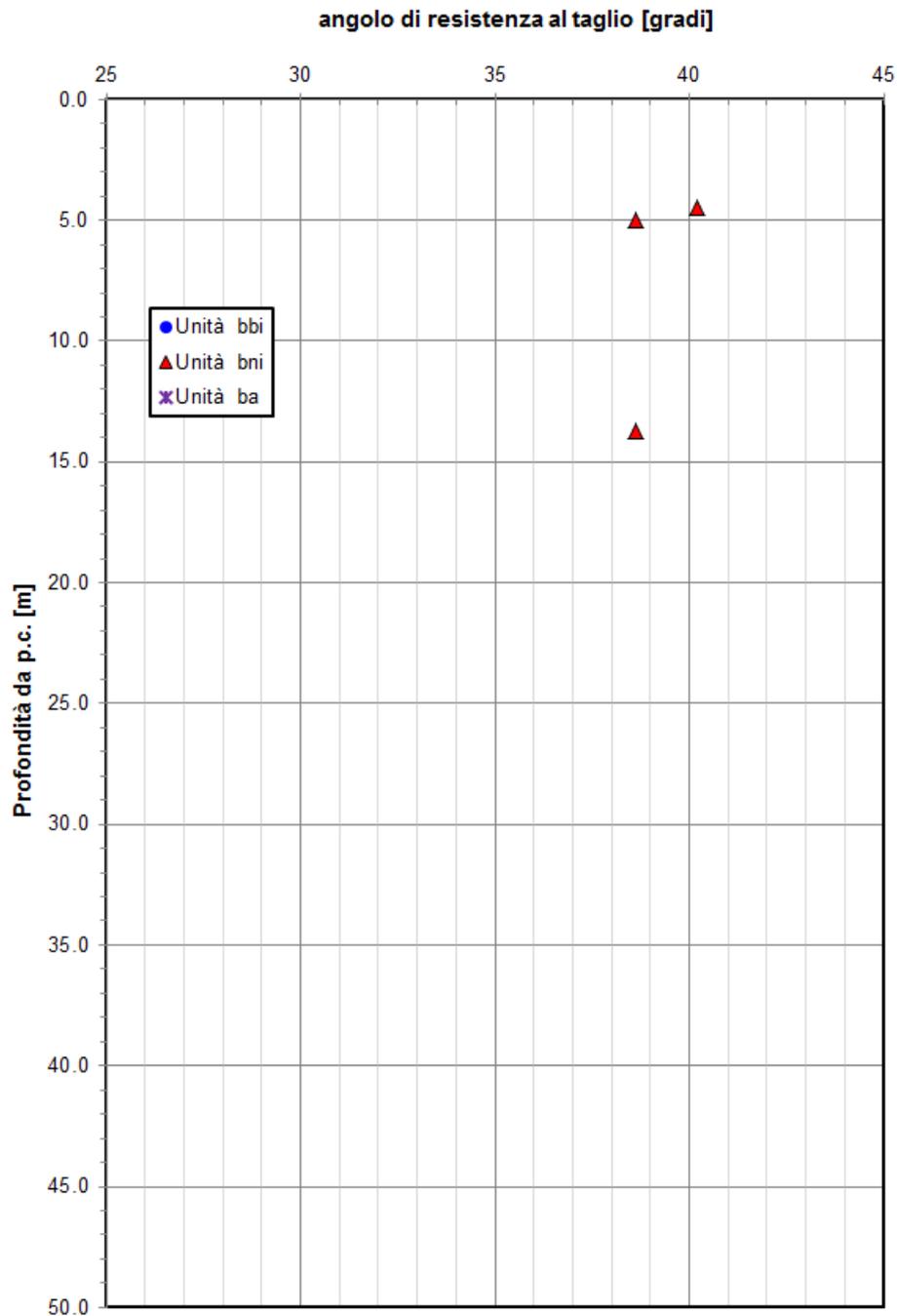


Figura 153 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT - IV03

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT

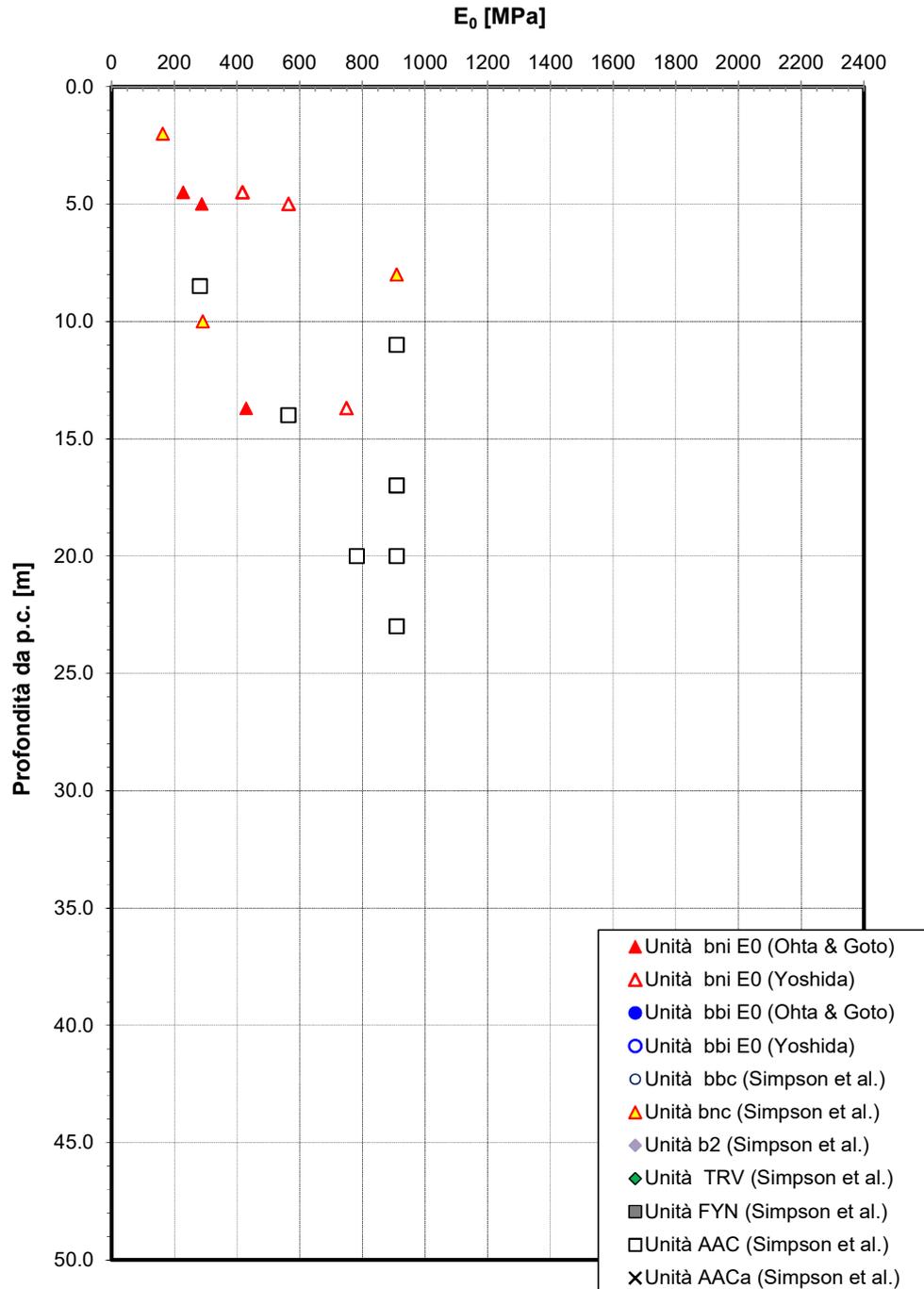


Figura 154 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT - IV03

Modulo di deformazione elastico operativo da prove SPT (Stroud e Simpson et al.)

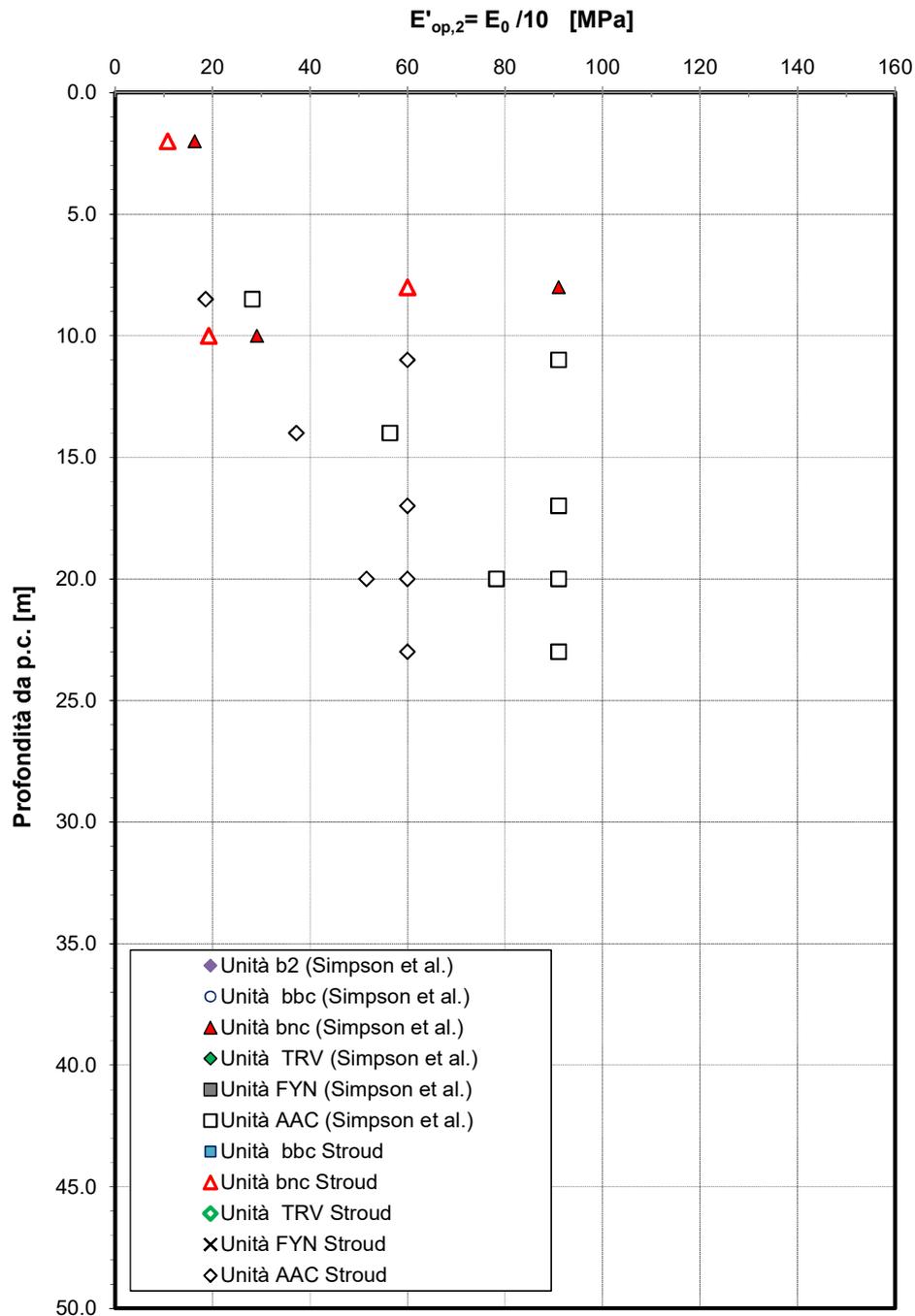


Figura 155 – Modulo di deformazione elastico operativo E'_{op2} da prove SPT - IV03

Andamento della resistenza al taglio non drenata

cu [kPa]

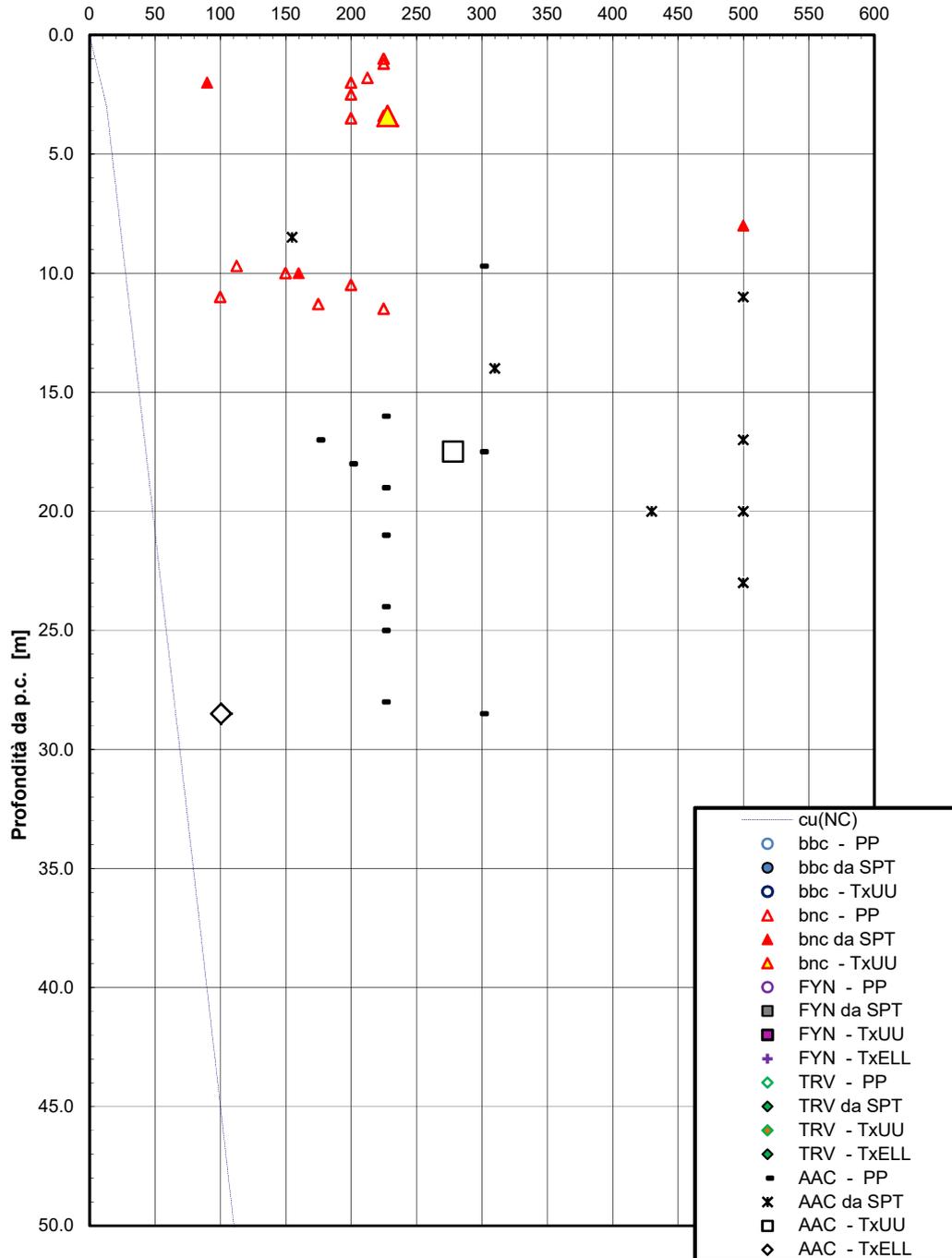


Figura 156 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate – IV03

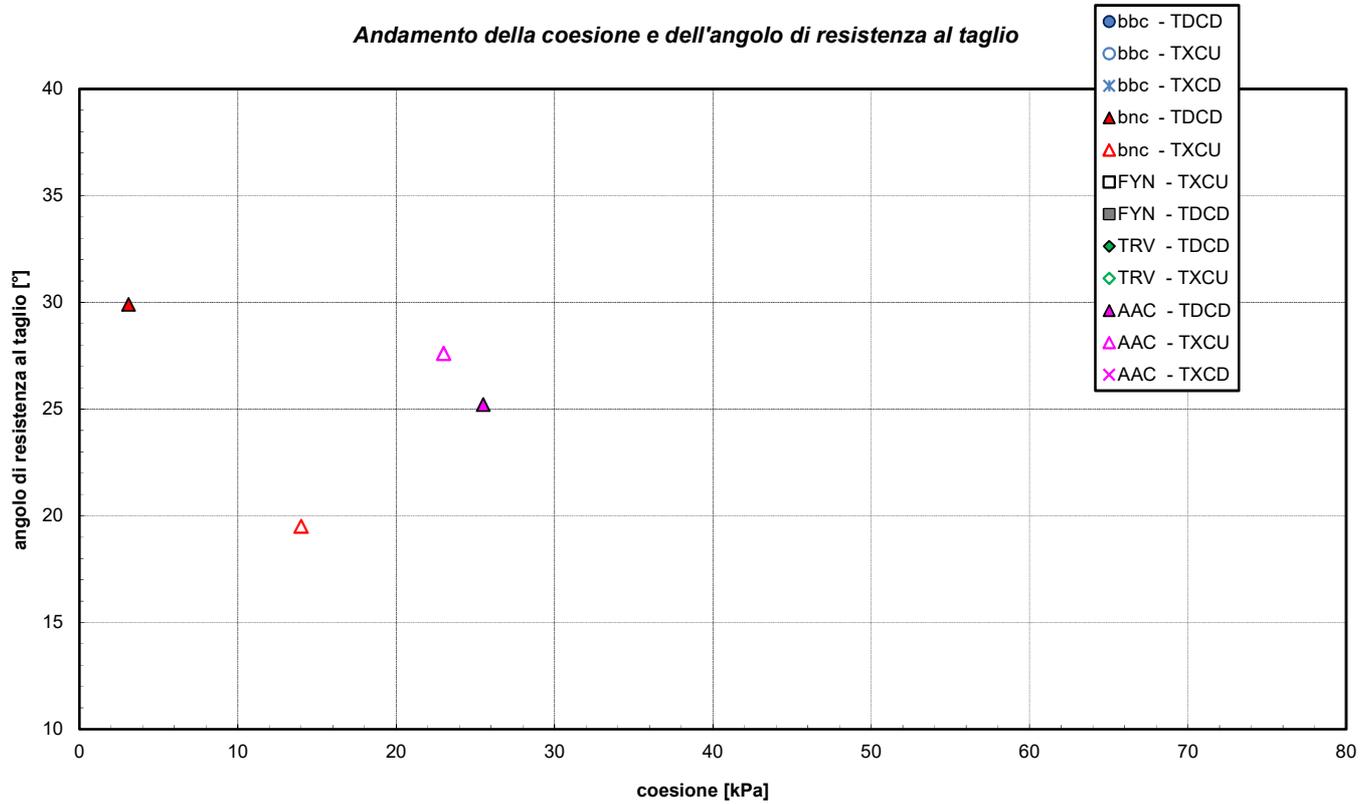


Figura 157 – Resistenza al taglio e coesione drenata – IV03

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	290 di 322

7.13 Sottovia SL01 al km 18+150

In corrispondenza dell'opera sono stati eseguiti i sondaggi elencati nella tabella seguente.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc / Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC/ Prova DH
5 S01	30.0	150.6	3	2	-	5	2	-	DH[30]
5 S15 vi	40.0	152.4	3	2	-	5	3	-	TA[3÷18]
D26	40.0	155.0	3	6	-	5	2	-	TA[3÷8]
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]									
CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

Nei piezometri installati il livello massimo di falda varia tra +147.5 m (5_S15vi) e +153 m s.l.m. (D26).

In analogia con altre stratigrafie con spessori alluvionali confrontabili si assume una categoria di sottosuolo C (non si hanno ancora a disposizione i risultati sull'indagine DH 5_S01).

La stratigrafia di riferimento per l'opera è la seguente:

STRATIGRAFIA	Profondità [m] da p.c.
bbc	0.0÷7.0
bbis	7.0÷10.0
bbi	10.0÷13.0
FYN	13.0÷19.0
AAC	19.0÷30.0
FALDA: p.c.	

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
bbc	19.5	75	0÷5	25	-	-	150	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbis	19.5	-	0	32	-	-	200	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbi	19.5	-	0	35	-	-	350	$E_o / 3$	$E_o / 10$
FYN	20.0	250	5	24	-	-	500	$E_o / 3$	$E_o / 10$
AAC	20.5	250 per $z < 30$ m 250÷350 per $z > 30$ m	5	24	-	-	700	$E_o / 3$	$E_o / 10$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	291 di 322

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

φ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_0 = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_0 = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

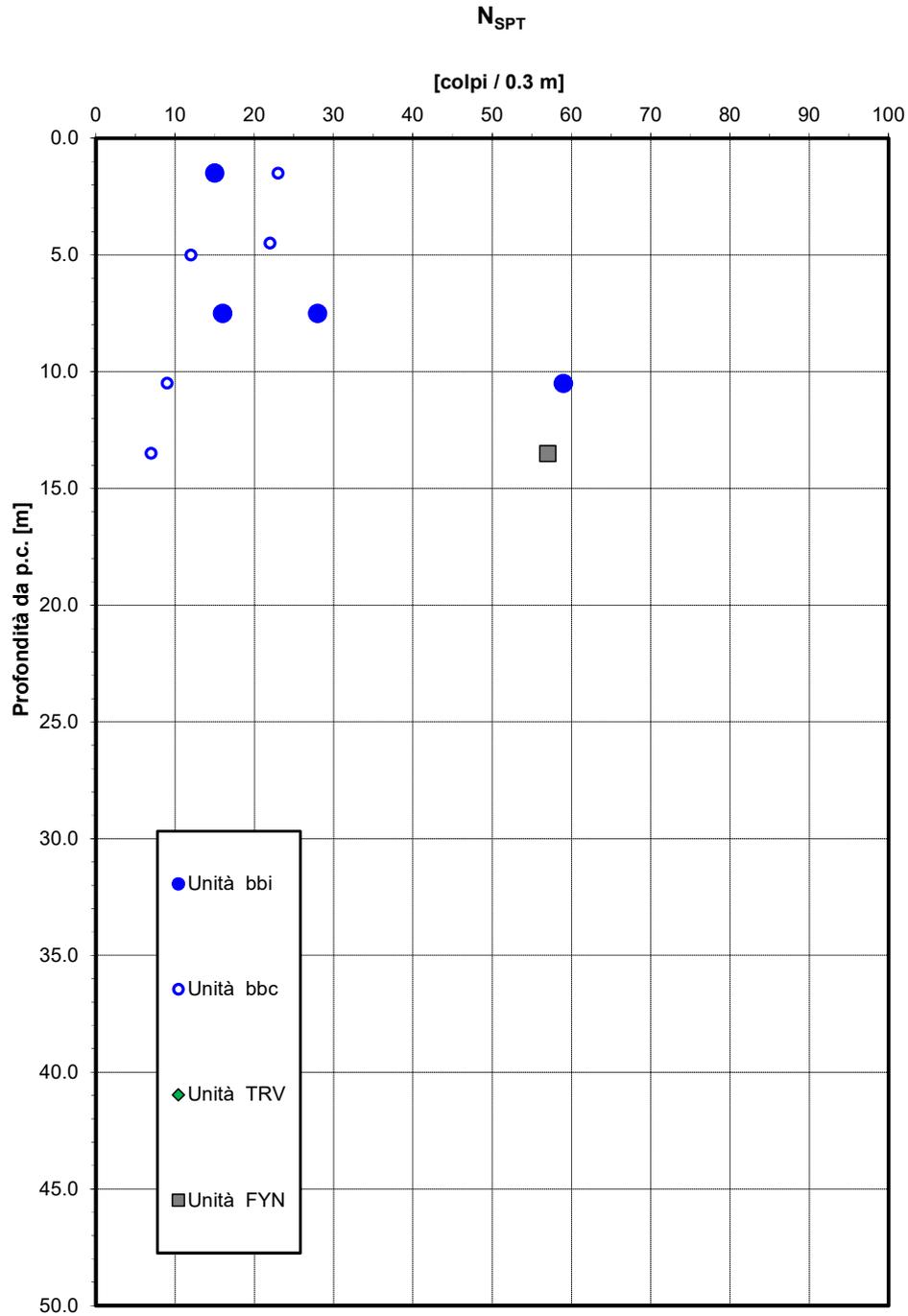


Figura 158 – Valori di NSPT - SL01

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

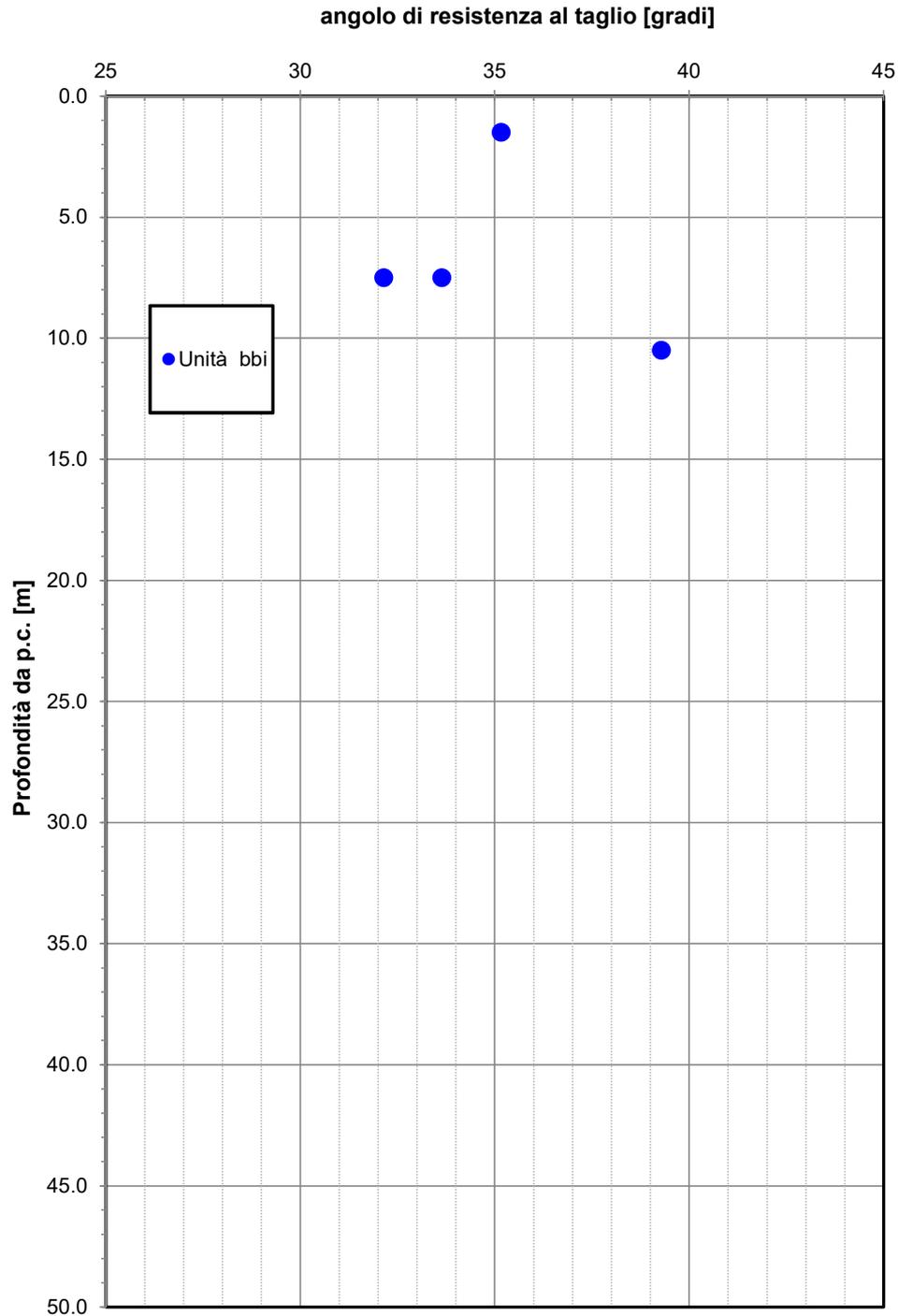


Figura 159 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT - SL01

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

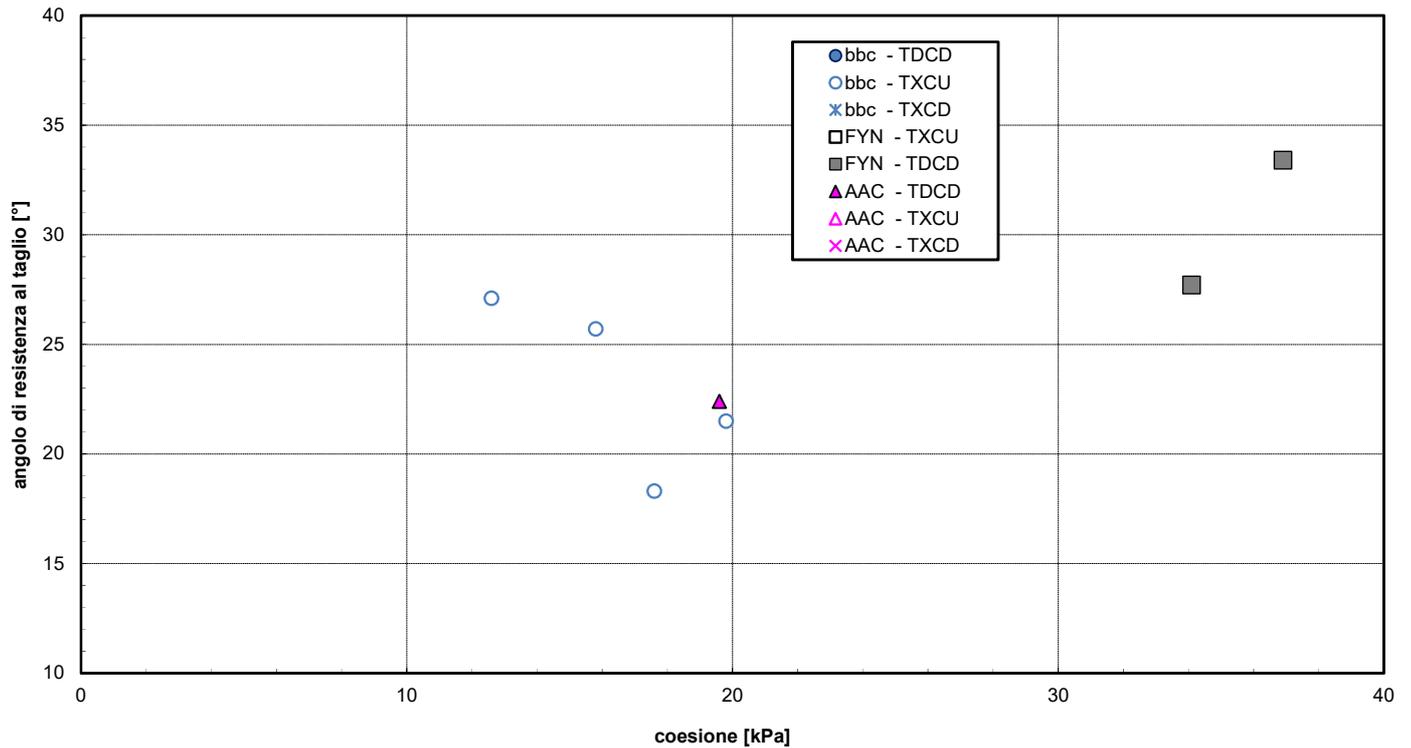


Figura 160 – Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata – SL01

Peso di volume

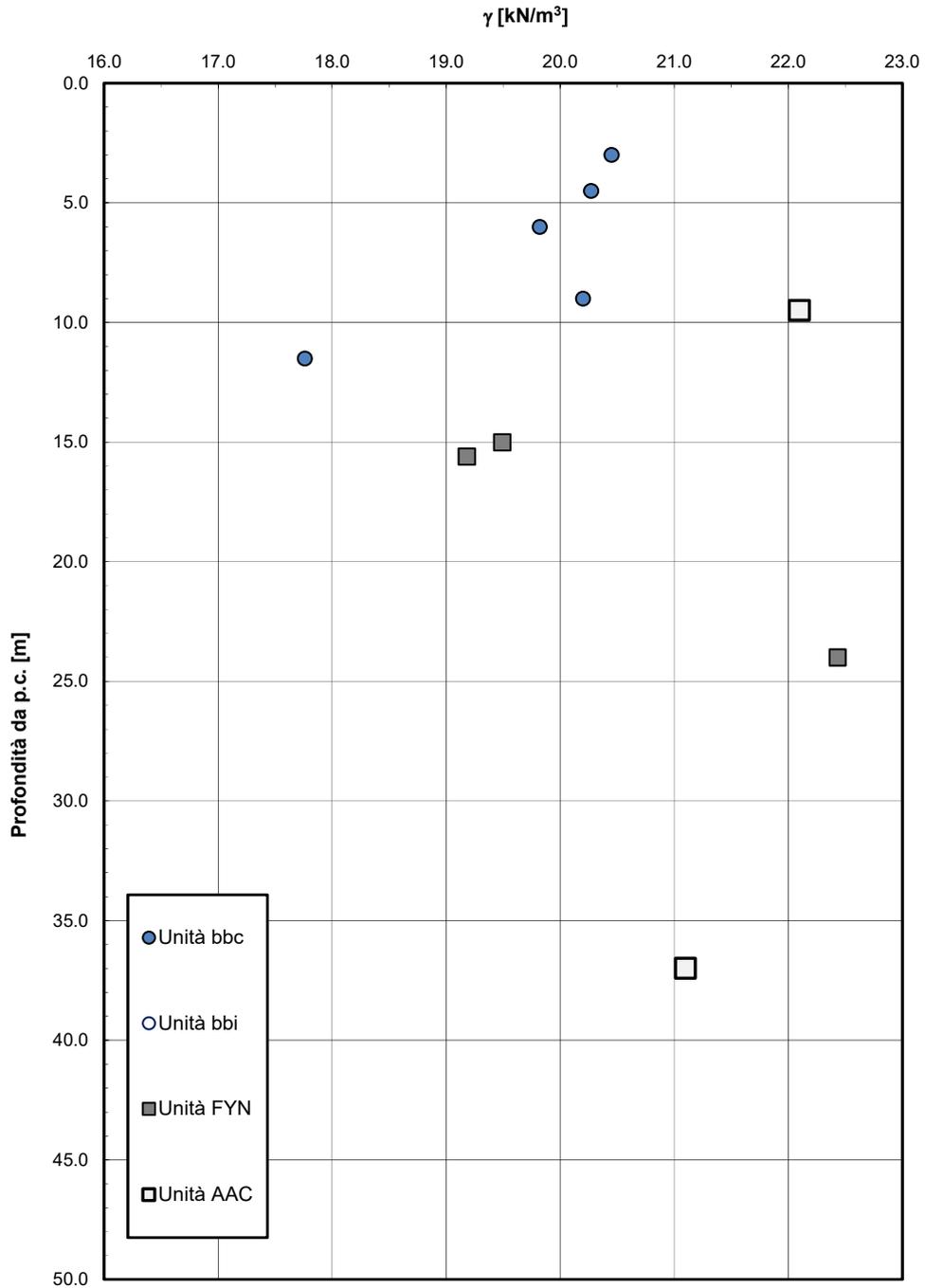


Figura 161 – Peso di volume naturale - SL01

Andamento della resistenza al taglio non drenata

cu [kPa]

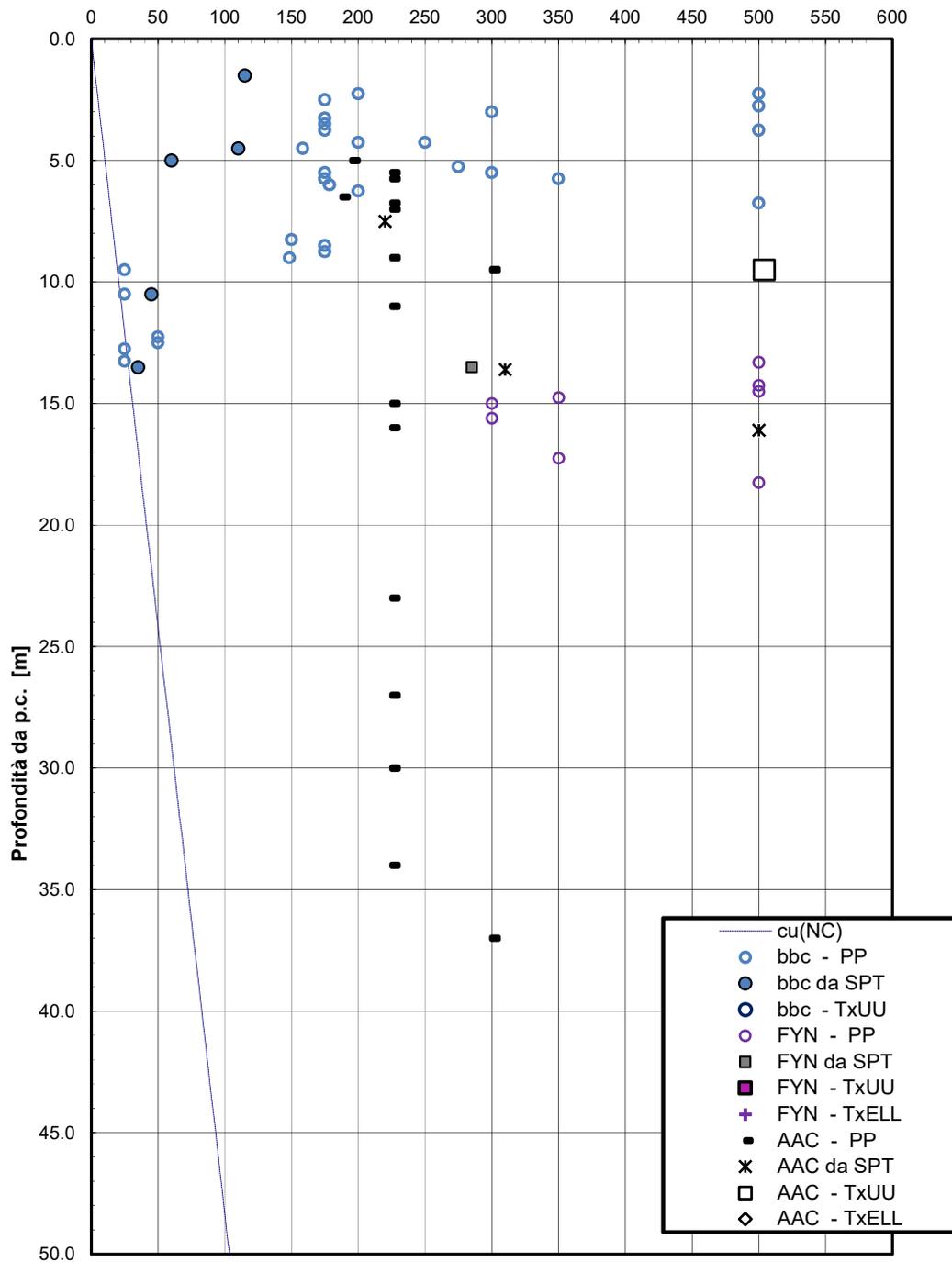


Figura 162 – Resistenza al taglio e coesione drenata – SL01

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche

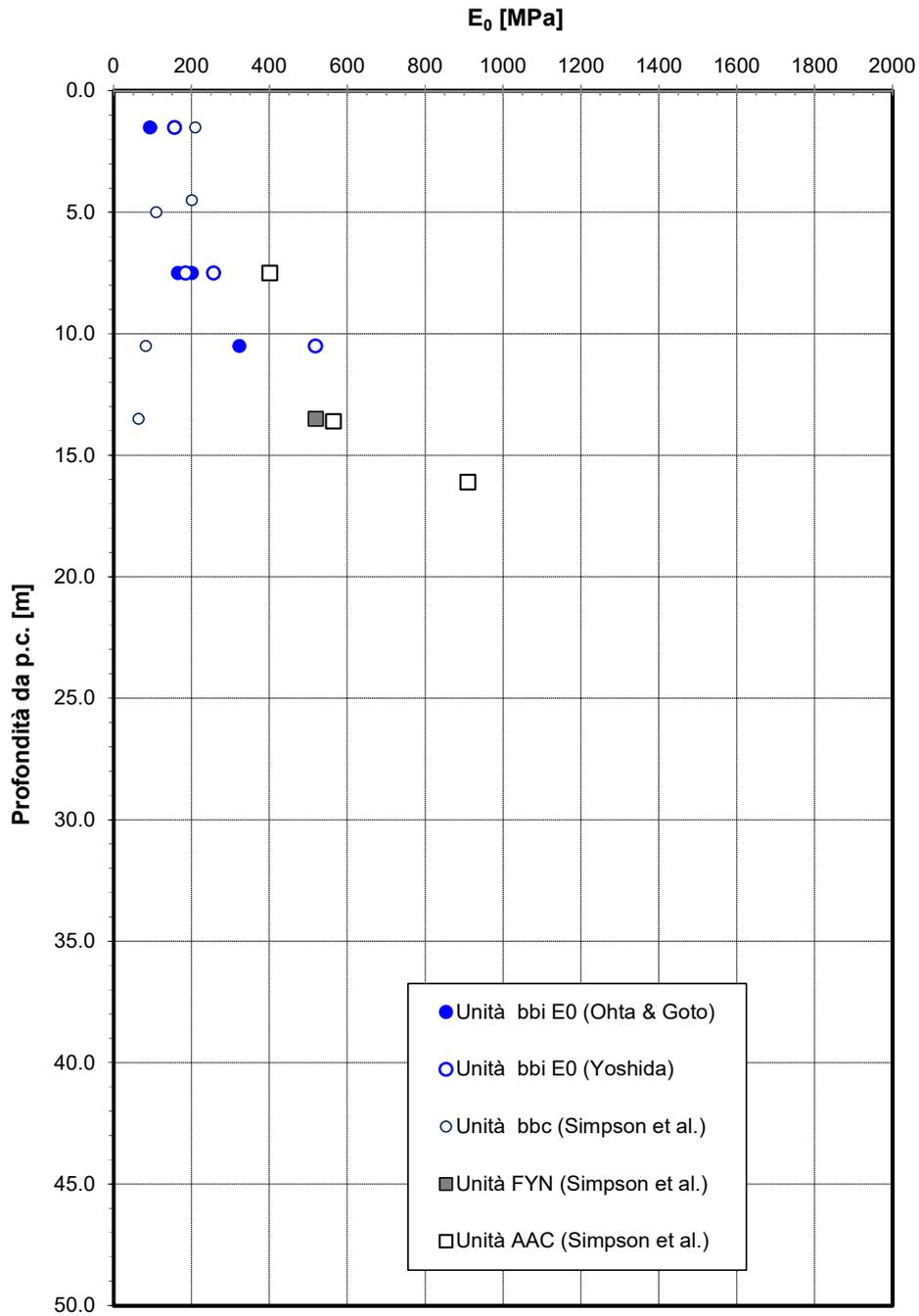


Figura 163 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche - SL01



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	298 di 322

7.14 Cavalcaferrovia IV04 via dei caduti in guerra, al km 22+082

Il cavalcaferrovia è previsto in corrispondenza di via dei Caduti di guerra (viabilità NV20).

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le indagini in sito e le prove di laboratorio illustrate nella figura sottostante ed elencate nelle tabelle seguenti.

INDAGINI IN SITO								
Sondaggio	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	N. prove SPT	N. campioni indisturbati	N. campioni rimaneggiati	N. campioni litoidi	Piezometro TA	Prova Lefranc, profondità [m]
S7	40.0	149.00	10	2	4	2	[1-9]	4.6 14.5
D35	40.0	132.92	5	1	3	-	[3-18]	6.0 25.5
TA [m]: profondità tratto filtrante								

Inoltre è disponibile l'indagine sismica S7-MASW.

La stratigrafia lungo lo sviluppo del viadotto è la seguente (quota p.c. di riferimento +149 m s.l.m.):

STRATIGRAFIA	
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
Rv	0.0÷1.0
bni	1.0÷8.5
AAC	8.5÷40.0
FALDA: a p.c.	



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	299 di 322

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
bni	19.5	350	0	35	-	-	300	$E_o / 3$	$E_o / 10$
AAC	20.5	300 (I) 350 (II)	5	24	440-480 (**)	380-450 (**)	400 1000 (**)	$E_o / 3$	$E_o / 10$

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_o = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(**) da prova S7-MASW

(I) per il calcolo della portata laterale

(II) per il calcolo della portata alla base

Per i grafici si rimanda al paragrafo 7.11.

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	300 di 322

7.15 Nuova stazione di Catenanuova

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le seguenti indagini.

INDAGINI IN SITO

Sondaggio	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	N. prove SPT	N. campioni indisturbati	N. campioni rimaneggiati	N. campioni litoidi	Piezometro TA/prova DH	Prova Lefranc, profondità [m]
S1	30.0	148.5	8	2	5	-	TA [1-9]	5
D31	30.0	139.7	6	2	8	-	DH [30]	11.5; 14.5
D32	30.0	152.0	5	3	7	-	TA [3-30]	7.5
D33	30.0	148.0	6	4	9	-	DH [30]	-

TA [m]: profondità tratto filtrante

Inoltre è disponibile l'indagine sismica MASWVI10 e le prove Down-Hole D31 e D33.

Lungo il tracciato, nel tratto in cui ricade la stazione Catenanuova si intercetta da p.c. una alternanza di alluvionali terrazzate coesive limoso argillose e incoerenti grossolane con spessore da 7 a 15 m di profondità dal p.c., che sovrastano la formazione argillosa di base (AAC). La stratigrafia di riferimento ed il livello di falda per le varie opere verrà valutata dal profilo stratigrafico longitudinale.

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	
bnc	19.5	75÷100	0÷5	24	170	-	150	$E_o / (3\div 5)$	
bni	19.5	-	0	37	220	-	230	$E_o / (3\div 5)$	
AAC	20.5	200	10	24	480-800 (**)	-	450-800	$E_o / (3\div 5)$	

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_o = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(**) da prove sismiche (MASW e DH)

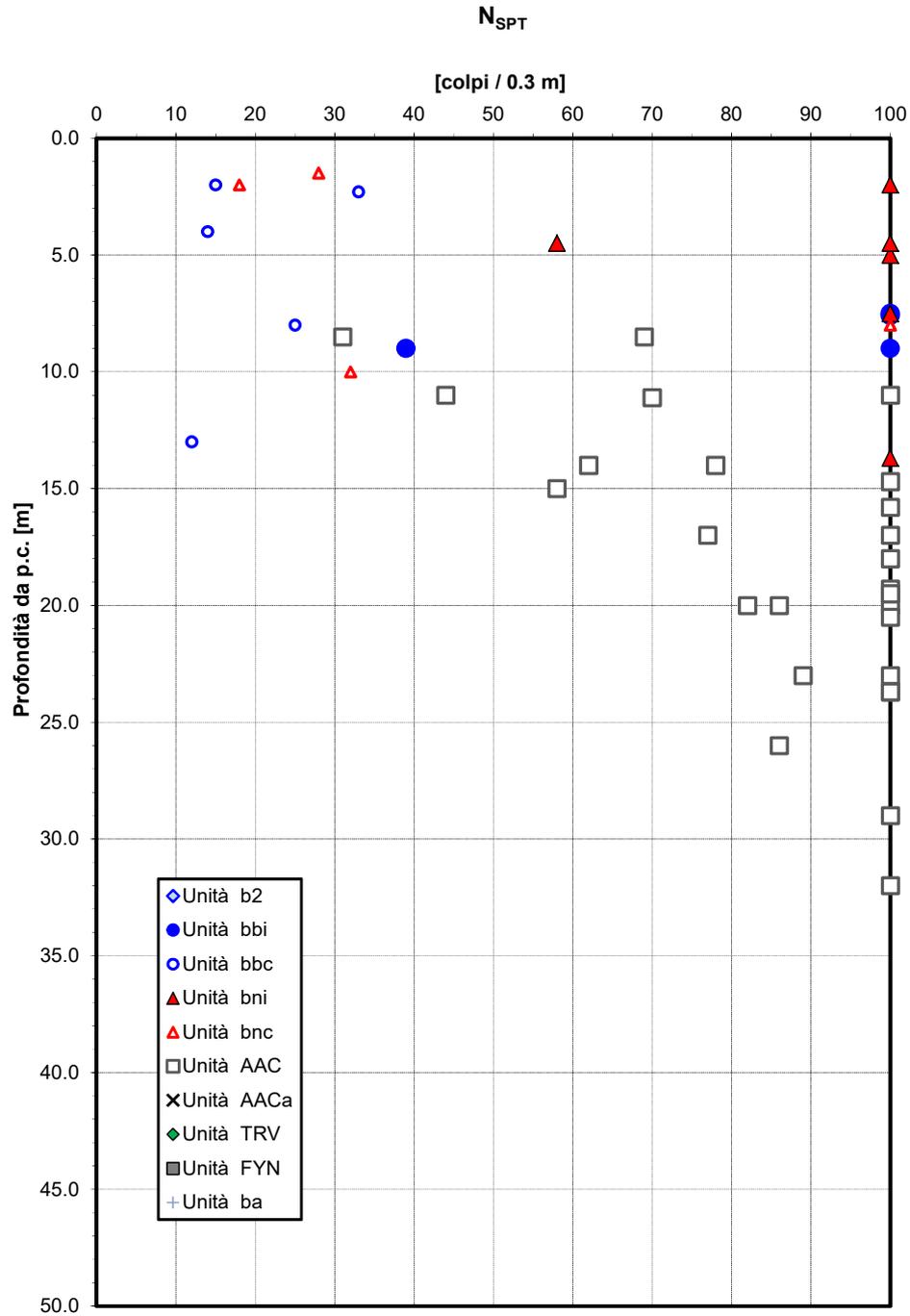


Figura 164 – Valori di N_{SPT} - stazione Catenanuova

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

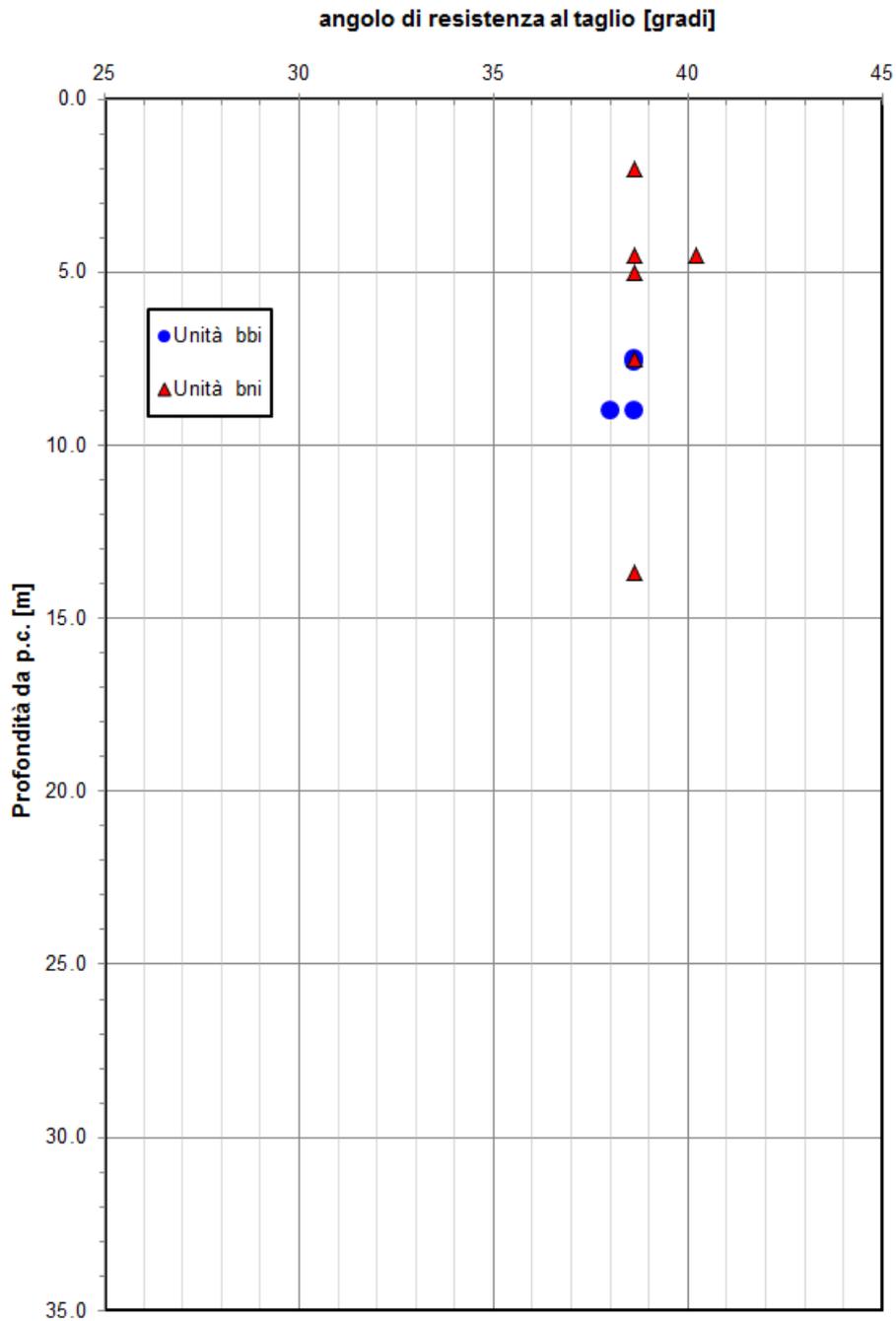


Figura 165 – Angolo di resistenza al taglio da prova SPT stazione Catenanuova

Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT, DH e MASW

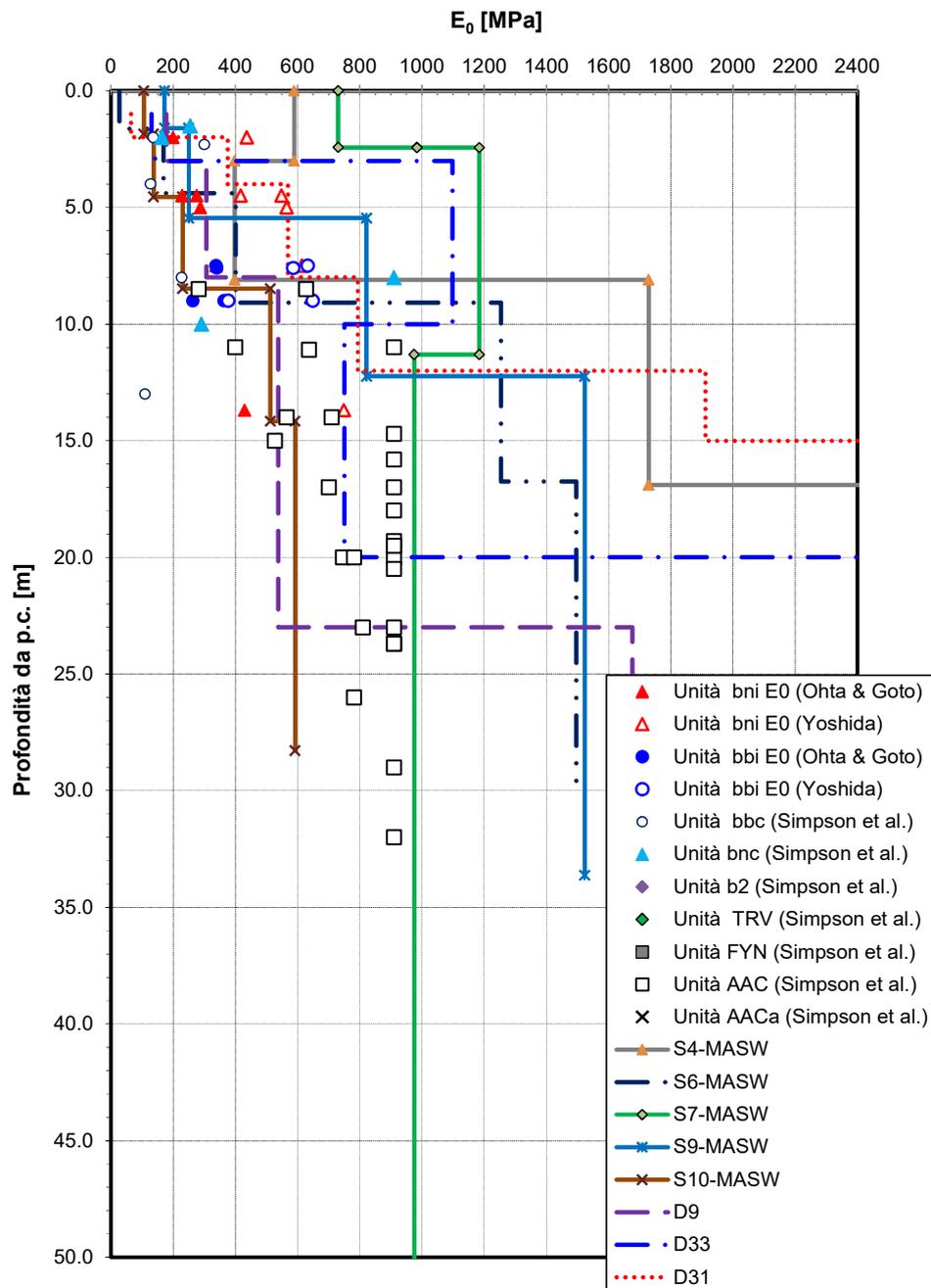


Figura 166 – Modulo di deformazione elastico iniziale da prova SPT stazione Catenanuova

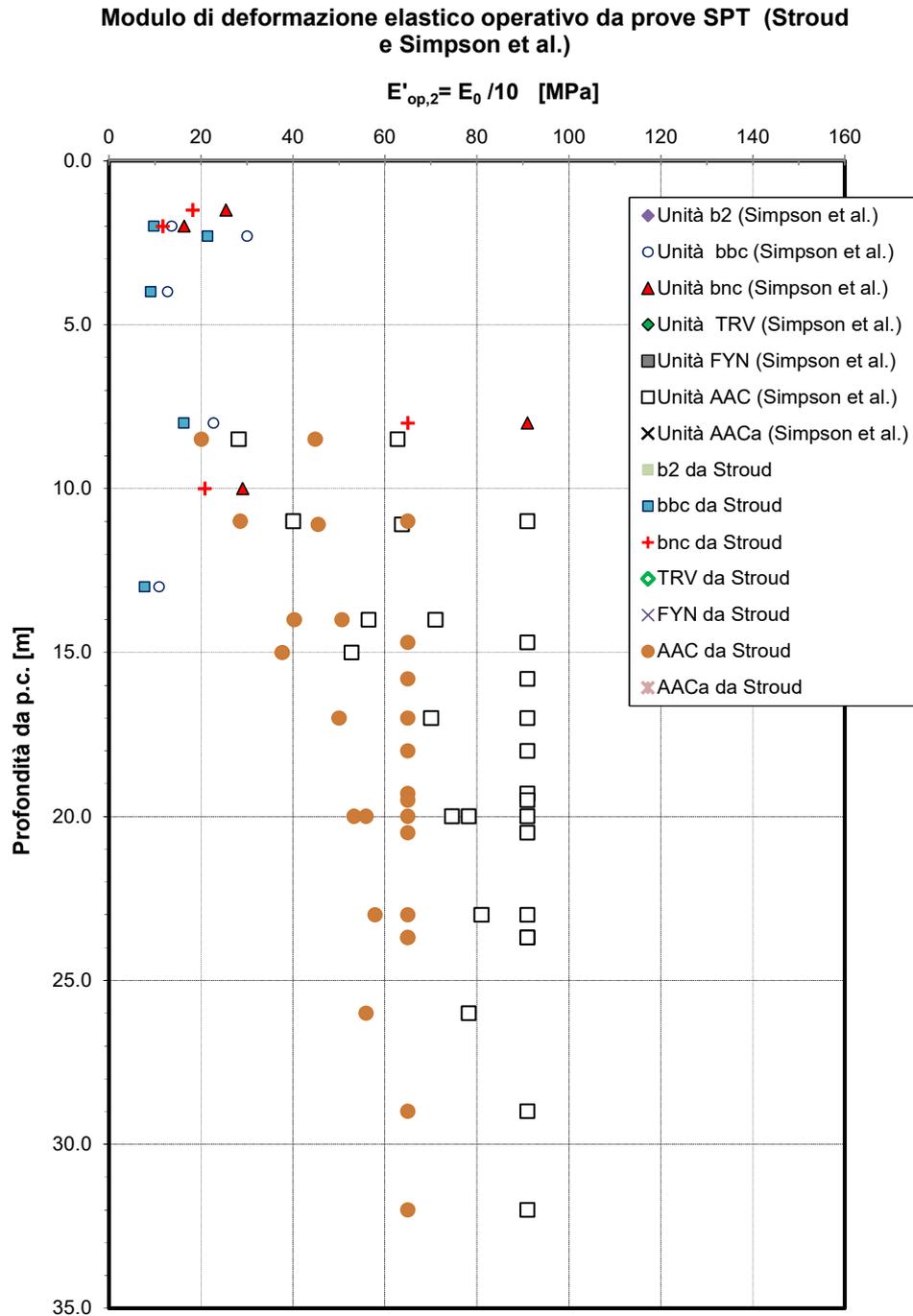


Figura 167 – Modulo di deformazione elastico operativo da prova SPT stazione Catenanuova

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

8 METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie di calcolo della capacità portante per i pali trivellati di grande diametro.

8.1 Premessa

Nel presente capitolo si riportano le metodologie di calcolo della capacità portante per i pali trivellati di grande diametro previsti per le opere in progetto.

Per alcune opere è stata valutata anche la capacità portante del palo nella seguente condizione:

- in presenza di scalzamento considerando nulla la portata laterale nel tratto di palo scalzato a partire da testa palo: la verifica di capacità portante dei pali verrà eseguita considerando combinazioni di carico eccezionali (valutate con $T_r=300$ anni e $TR=1$ anno) e non concomitanti con il sisma.

La lunghezza palo di progetto è quella che soddisfa tutte le verifiche di capacità portante, anche in presenza di scalzamento. Si verificherà inoltre che la risposta del palo in esercizio sia di tipo “elastico”; verificando un adeguato coefficiente di sicurezza sulla portata ultima per attrito laterale:

- $N_{\max,SLE} < Q_{ll} / 1.25$ la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA dovrà essere inferiore alla portata laterale limite del palo (Q_{ll} , riportata nelle seguenti tabelle) con un fattore di sicurezza di 1.25.

Il carico di progetto sul palo dovrà essere compatibile con le caratteristiche resistenti della sezione del palo.

8.2 Analisi agli stati limite

Le verifiche di capacità portante dei pali vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente. La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

F_{cd} = carico assiale di compressione di progetto;

R_{cd} = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

R_k = valore caratteristico della capacità portante limite del palo.

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte secondo l'Approccio 2 con la combinazione (A1+M1+R3) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali delle tabelle di normativa 6.2.I, 6.2.II e 6.4.VI.

La resistenza di progetto a compressione $R_{c,d}$ è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ i coefficienti parziali γ_R riportati in tabella seguente (tabella di normativa 6.4.II), relativi alla condizione di pali trivellati.

Il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ a compressione del palo (o a trazione $R_{t,k}$) è ottenuto applicando i fattori di correlazione ξ_3 e ξ_4 (vedasi tabella seguente) alle resistenze di calcolo $R_{c,cal}$ (o $R_{t,cal}$); tali fattori di correlazione sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative (tabella di normativa 6.4.IV).

Per ogni opera verrà assunto un coefficiente ξ_3 in funzione delle verticali di indagine eseguite, sufficientemente rappresentative per la caratterizzazione geotecnica, secondo quanto indicato da normativa.

In condizioni sismiche le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi vanno condotte con riferimento allo stesso approccio utilizzato per le condizioni statiche (A1+M1+R3), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella successiva tabella e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari all'unità.

Tabella 27 Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale [Ⓞ]	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

[Ⓞ] da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Tabella 28 Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

8.3 Metodologia di calcolo capacità portante ai carichi verticali

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) “Qd” può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{ll} / F_{SL} + Q_{bl} / F_{SB} - W'p$$

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite,

Q_{bl} = portata di base limite,

$W'p$ = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato: peso calcestruzzo-peso terreno),

F_{SL} = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s$).

F_{SB} = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b$).

Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

$$Q_{ll} = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$

dove:

D = diametro palo,

τ_i = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,

h_i = altezza dello strato i-esimo.

Depositi incoerenti

Per i depositi incoerenti, la tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo, in accordo ad esempio a Burland [1973], Reese & O'Neill [1988], Chen & Kulhawy [1994], O'Neill & Hassan [1994], può essere valutata con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_i = \beta \cdot \sigma'v \leq \tau_{i,max}$$

dove:

$\sigma'v$ = tensione verticale efficace litostatica,

$\tau_{l,max}$ = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 150 kPa per terreni incoerenti).

β = coefficiente empirico $\beta = k \cdot \tan \phi$, essendo

k = coefficiente di pressione laterale = 0.7 a compressione e 0.5 a trazione;

ϕ = angolo di resistenza al taglio.

Depositi coesivi

Per i terreni coesivi superficiali (alluvionali) la tensione tangenziale è stata valutata con la seguente espressione:

$$\tau_i = \alpha \cdot c_u \leq \tau_{l,max}$$

Dove:

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

α = parametro empirico assunto come da Indicazione AGI:

$$\alpha = 0.90 \quad \text{per } c_u \leq 25 \text{ kPa};$$

$$\alpha = 0.80 \quad \text{per } 25 \leq c_u \leq 50 \text{ kPa};$$

$$\alpha = 0.60 \quad \text{per } 50 \leq c_u \leq 75 \text{ kPa};$$

$$\alpha = 0.40 \quad \text{per } c_u \geq 75 \text{ kPa}.$$

$\tau_{l,max}$ = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 100 kPa per terreni coesivi alluvionali).

Inoltre per i terreni coesivi alluvionali è stata anche eseguita una verifica in tensioni efficaci; in particolare si è controllato che:

$$\tau_i > 0.23 \cdot \sigma'v$$

$$\tau_i < 0.25 \cdot \sigma'v$$

Per i depositi coesivi del substrato (unità FYN, AAC, TRV) la tensione tangenziale può essere valutata con la correlazione di Burland (1993):

$$\tau_i = \beta \cdot \sigma'v \leq \tau_{l,max}$$

Dove

$$\beta = 0.1 + 0.4 \cdot C_u / \sigma'v \quad (\text{con } \beta > 0.23, \text{ AGI dicembre 1984}).$$

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate;

$\sigma'v$ = tensioni verticali efficaci;

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

$\tau_{l,max}$ = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 120 kPa per terreni coesivi del substrato).

Portata di base

Per la valutazione della portata di base limite sono state utilizzate le seguenti relazioni:

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

dove:

A_p = area della base del palo,

q_{bl} = portata limite specifica di base.

Depositi incoerenti

Nei terreni incoerenti, la pressione di base del palo associabile a cedimenti pari al 10% del diametro del palo, viene valutata con la relazione di Berezantzev (1965) indicata nelle Raccomandazioni AGI:

$$q_b = N_q^* \cdot \sigma'_v \leq q_{b,lim}$$

essendo:

N_q^* = coefficiente in funzione dell'angolo di resistenza al taglio del terreno (Raccomandazioni AGI);

σ'_v = tensione verticale efficace;

$q_{b,lim}$ = pressione ultima di base massima consigliabile. Nel caso in esame si è fatto riferimento a quanto indicato da Gwizdala, 1984, vedasi seguente tabella.

Tabella 29 – Valori di q_{blim} secondo Gwizdala [1984]

	$q_{b,lim}$ (kPa)
GHIAIE	7300
SABBIE	5800
SABBIE LIMOSE	4300

Cautelativamente per le unità in esame si assume:

- terreni sabbiosi con angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 31-32^\circ$: $N_q^* = 10$; $q_b \leq 4300$ kPa
- terreni sabbiosi con angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 34^\circ$: $N_q^* = 14$; $q_b \leq 4300$ kPa
- terreni ghiaioso sabbiosi con angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 38^\circ$: $N_q^* = 23$; $q_b \leq 5800$ kPa

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Depositi coesivi

La portata di base limite nei terreni coesivi viene valutata con la seguente relazione:

$$q_b = 9 \cdot c_u + \sigma_v \leq q_{b,lim}$$

dove:

c_u = resistenza al taglio non drenata [kPa];

σ_v = tensione totale verticale;

$q_{b,lim}$ = pressione ultima di base massima consigliabile (3800 kN in accordo a Engling e Reese, 1974).

8.4 Determinazione della resistenza di progetto a trazione

La portata a trazione di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) “ Q_d ” può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{LL} / F_{SL} + W'_p$$

dove:

Q_{LL} = portata laterale limite (da determinarsi in conformità a quanto già descritto nel precedente paragrafo),

W'_p = peso efficace del palo (alleggerito se sotto falda),

F_{SL} = fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($= \gamma_{st} \cdot \xi_3$).

9 PIANO DI POSA RILEVATI E TRINCEE

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite, sono stati definiti gli spessori di bonifica per il piano di posa di rilevati e trincee ferroviarie. In particolare lo spessore di bonifica è stato definito tenendo conto dei seguenti aspetti, come previsto da Capitolato Italferr:

- Per i rilevati ferroviari: il terreno vegetale a partire dal p.c. viene asportato per uno spessore minimo di 0.50 m (scotico); dovrà comunque essere asportato tutto lo spessore di terreno vegetale. Qualora lo spessore di vegetale sia maggiore dello spessore di scotico, si dovrà provvedere ad ulteriore bonifica fino ad asportazione di tutto lo spessore vegetale.
- Per le trincee ferroviarie: il terreno presente in sito al piano di posa dello strato supercopattato deve appartenere ai gruppi A1, A3 o A2-4.

Nella seguente tabella si riassumono gli spessori di scotico+bonifica previsti lungo lo sviluppo del tracciato ferroviario.

Opere	SCOTICO [m]	BONIFICA [m]
trincee	-	0.50
rilevati	0.50	-

10 RIUTILIZZO DEI TERRENI 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. In questo modo si è potuta valutare la possibilità del reimpiego, da un punto di vista geotecnico, dei terreni appartenenti alle singole unità geotecniche quale materiale da costruzione per le opere in progetto e la destinazione più appropriata.

Nella tabella seguente sono mostrate le unità per cui sono state eseguite prove di classificazione sulle terre e quindi si può fare una stima della percentuale recuperabile per la formazione dei rilevati di ciascuna unità geotecnica.

Secondo quanto prescritto dal Capitolato Italferr nella formazione del corpo del rilevato ferroviario (e quindi anche per i rilevati stradali delle viabilità interferenti) si potranno impiegare le terre provenienti da scavi appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 (solo con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) e A4 (classificazione UNI 11531-1/2014).

Tabella 30 – Prove di laboratorio di classificazione terre

	NUMERO CAMPIONI - CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006												
	A1		A2				A3	A4	A5	A6	A7		A8
	A1-a	A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A3	A4	A5	A6	A7-5	A7-6	A8
bbc	0	0	2	0	1	0	0	2	0	16	2	19	0
bbi	0	1	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
bni	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
AAC	0	0	0	0	1	0	0	3	0	6	4	21	0
FYN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	8	0
bcn	0	0	0	0	0	0	0	3	0	10	1	9	0
TRV	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	8	34	0
ba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

10.1 Unità geotecnica Rv – terreno vegetale, Ra – riporto antropico

Per l'unità geotecnica in oggetto non sono disponibili dati di classificazione in quanto costituita da terreni vegetali, terreni di riporto antropico oppure rimaneggiati afferenti i soli strati più superficiali, non oggetto di prove o prelievi.

Il terreno di riporto vegetale (senza resti antropici: es laterizi, ecc.) potrà essere riutilizzato per l'inerbimento delle scarpate.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

10.2 Unità geotecnica ba – depositi alluvionali attuali

Per l'unità geotecnica in oggetto si ha un solo campione a disposizione su cui è stata eseguita la classificazione A6; dalle poche informazioni sul materiale, non è riutilizzabile tal quale.

10.3 Unità geotecnica bb – depositi alluvionali recenti

L'unità geotecnica viene poi distinta nella parte più fine costituita dall'unità bbc su cui sono stati analizzati 42 campioni e nella parte incoerente costituita dall'unità bbi su cui sono stati analizzati 8 campioni. L'unità bbc è caratterizzata da terreni fini limoso argillosi e quindi inquadrata tipicamente nel gruppo A-7-6 ed A-6, quindi non è riutilizzabile tal quale come riempimento. E' riutilizzabile solo previo idoneo trattamento (a tal proposito vedasi capitolo seguente). L'unità bbi è classificabile come A2-6, A-2-4 e A1b e quindi è riutilizzabile per i rilevati.

10.4 Unità geotecnica bn – depositi alluvionali terrazzati

L'unità viene distinta nella parte coesiva costituita dall'unità bnc su cui sono stati analizzati 23 campioni e può essere classificata come A6 e A7-6 in sub-ordine A4 e A7-5, quindi non è utilizzabile tal quale come riempimento. E' riutilizzabile solo previo idoneo trattamento (a tal proposito vedasi capitolo seguente). Per la frazione incoerente, bni, sono stati analizzati 6 campioni, da cui si ha A2-4 e A1a, quindi è riutilizzabile tal quale.

10.5 Unità geotecniche AAC, TRV, FYN

Queste unità appartengono alla formazione argilloso limosa di base e sono interessate dagli scavi per le zone in galleria GN1 formazione TRV e GN2 formazione AAC/AACa. Si tratta di terre tipicamente inquadrare nei gruppi A6 e A7-6, appartenenti alle terre limo-argillose e quindi riutilizzabili solo previo idoneo trattamento (a tal proposito vedasi capitolo seguente).

Unità bbc
Terreno sciolto formato da depositi alluvionali recenti limoso argillosi

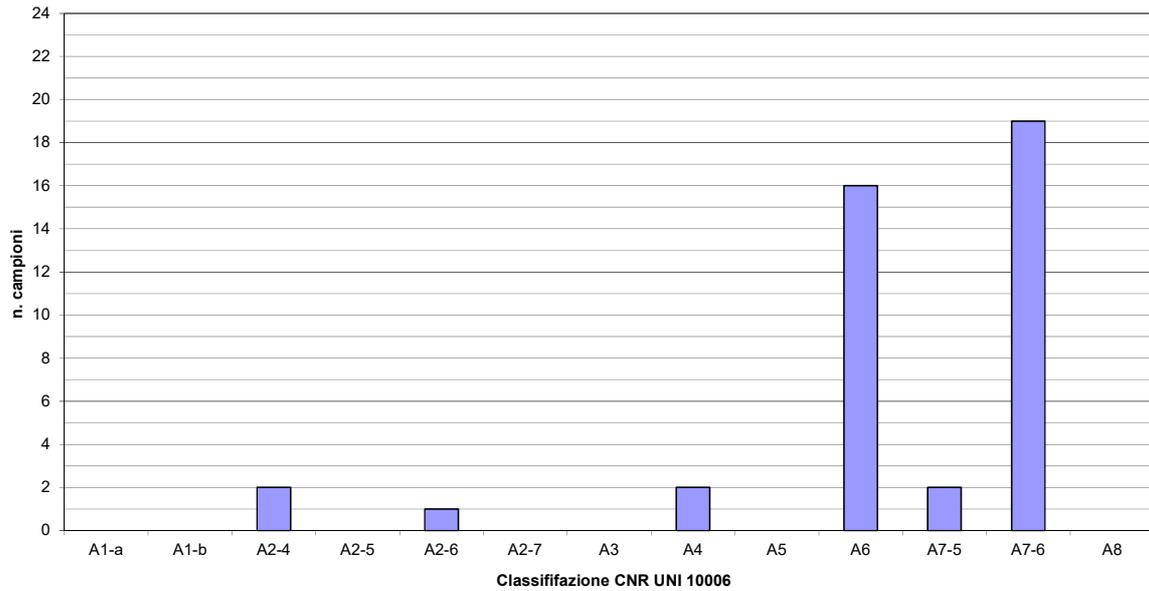


Figura 168 – Classificazione terre – unità bbc

Unità bbi
Terreno sciolto formato da depositi alluvionali recenti prevalentemente sabbiosi

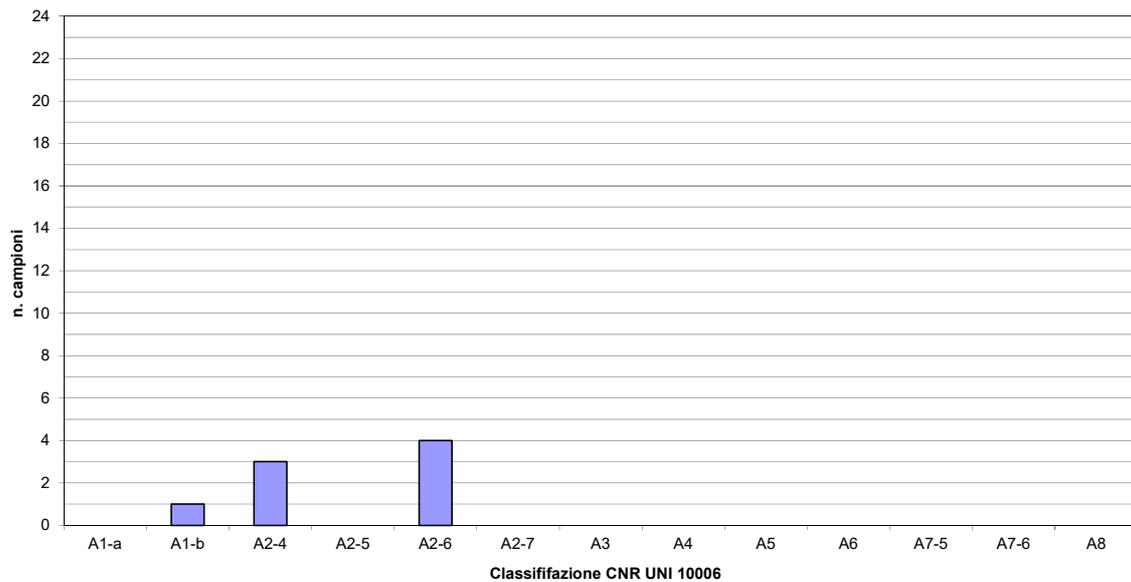


Figura 169 – Classificazione terre – unità bbi



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	315 di 322

Unità bnc
Alluvioni terrazzate coesive: argilla limosa debolmente sabbiosa.

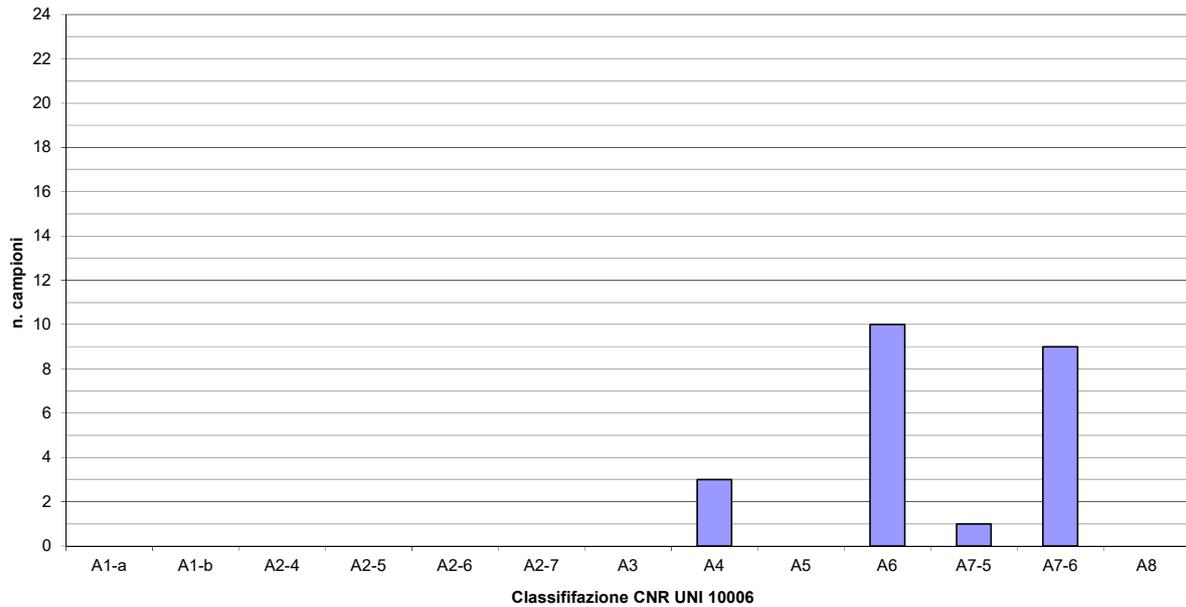


Figura 170 – Classificazione terre – unità bnc

Unità bni
Alluvioni terrazzate sabbioso ghiaiose

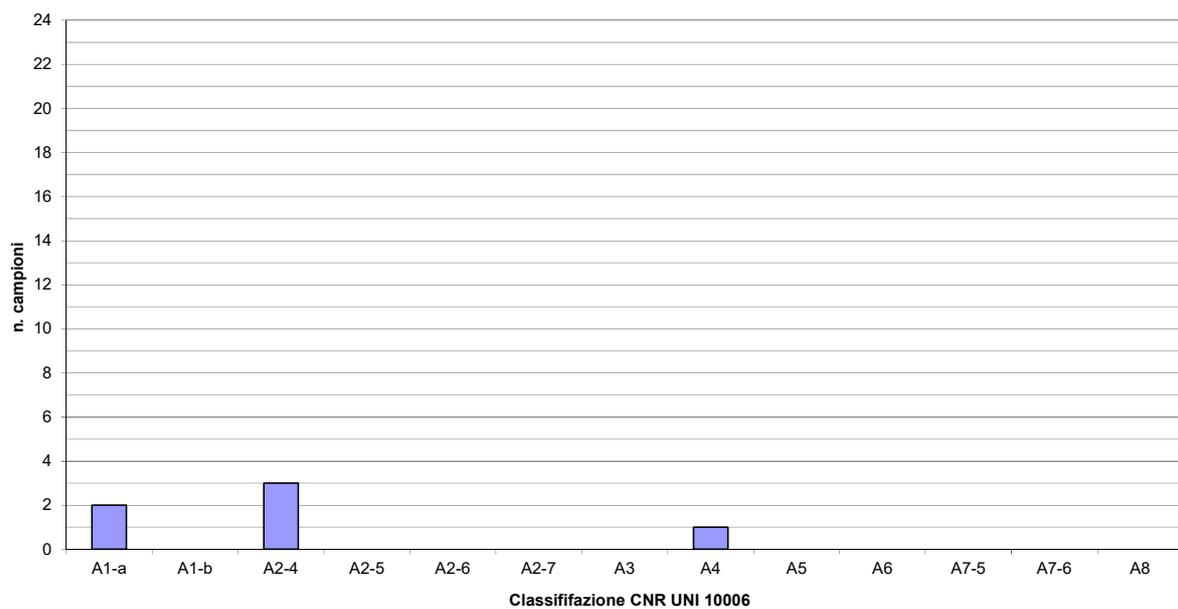


Figura 171 – Classificazione terre – unità bni

Unità TRV
Formazione argillosa di Terravecchia

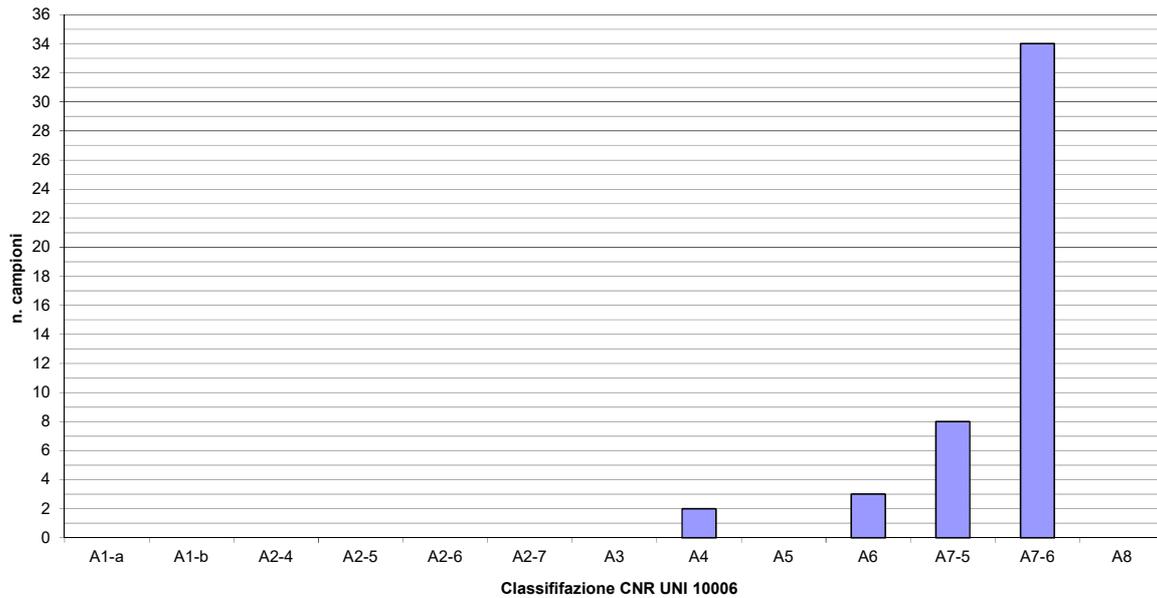


Figura 172 – Classificazione terre – unità TRV

Unità AAC
Formazione argillosa di Catenanuova

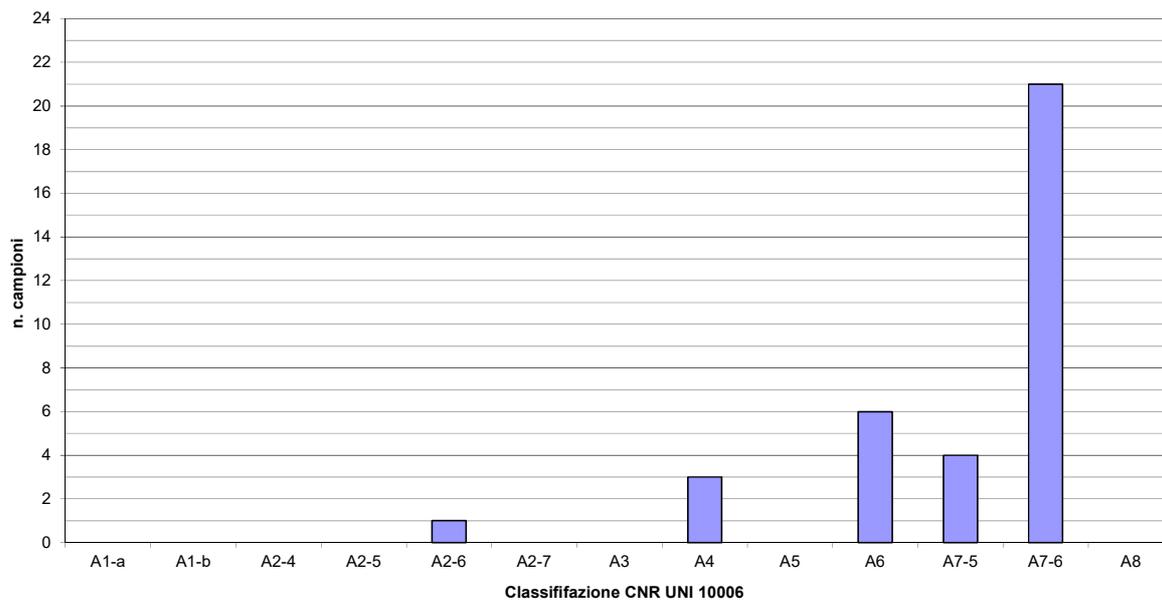


Figura 173 – Classificazione terre – unità AAC



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	317 di 322

Unità FYN
Formazione argilloso limosa Flysch Numidico

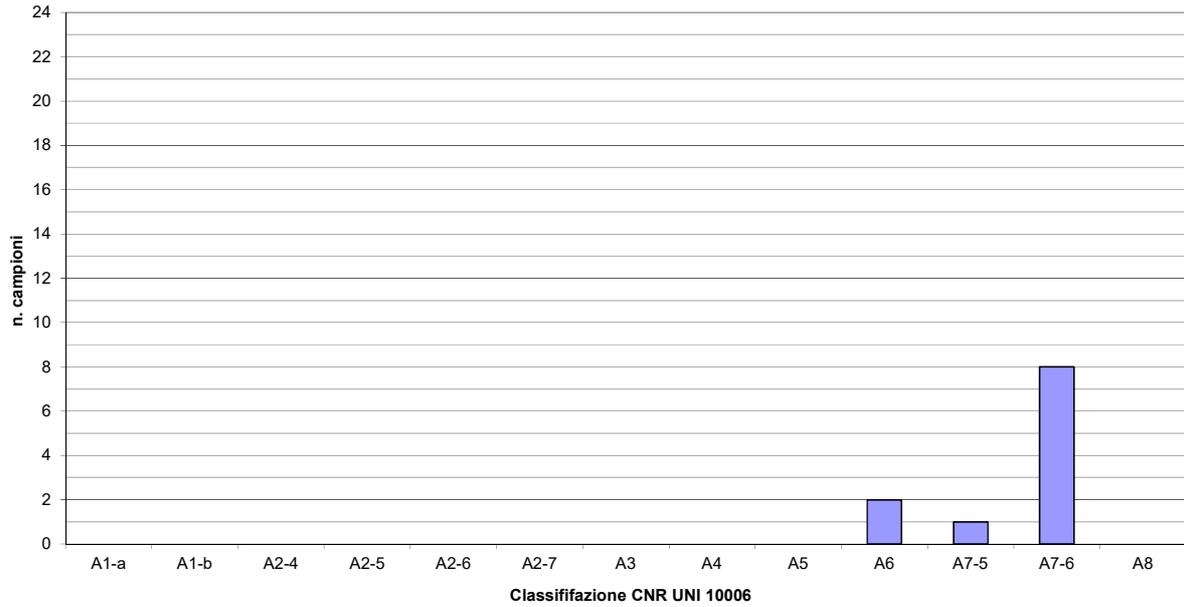


Figura 174 – Classificazione terre – unità FYN



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	318 di 322

11 TRATTAMENTO A CALCE

Per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati ferroviari, si prevede il riutilizzo, previo trattamento a calce, dei materiali prodotti dallo scavo delle gallerie naturali e di una quota parte dei materiali prodotti dallo scavo delle trincee previste in progetto.

Il trattamento di stabilizzazione consiste nel miscelare al terreno una certa percentuale di calce, definita tramite prove di laboratorio e verifica mediante campo prova, al fine di avere una miscela terreno-acqua-calce, idonea ai requisiti progettuali.

Nel caso in esame, i terreni provenienti dallo scavo delle gallerie sono di natura argilloso limosa appartenenti ai gruppi A6 e A7 ed hanno un indice di plasticità maggiore di 10%, come si evidenzia dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati. Non sono state eseguite apposite analisi per la determinazione del contenuto di sostanze organiche e del contenuto di solfati, che per poter essere trattati a calce devono essere rispettivamente inferiori al 2% ed al 0.25%. Considerando la natura e l'età delle formazioni geologiche attraversate (Formazione di Terravecchia e Argille ed arenarie di Catenanuova) si può ritenere che sia da escludere la presenza di sostanze organiche e solfati. Pertanto, alla luce dei dati ad oggi disponibili, i terreni interessati dallo scavo delle gallerie sono idonei al trattamento a calce.

Allo stesso modo, i terreni provenienti dallo scavo delle trincee, in particolare la WBS TR23, sono di natura argilloso limosa appartenenti ai gruppi A6 e A7 (alluvioni terrazzate coesive bnc) ed hanno un indice di plasticità maggiore di 10%, come si evidenzia dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati. Non sono state eseguite apposite analisi per la determinazione del contenuto di sostanze organiche e del contenuto di solfati, che per poter essere trattati a calce devono essere rispettivamente inferiori al 2% ed al 0.25%. Nelle descrizioni stratigrafiche dei sondaggi eseguiti non sono comunque riportati presenze di sostanze organiche. Pertanto, alla luce dei dati ad oggi disponibili, i terreni interessati dallo scavo delle gallerie sono anch'essi idonei al trattamento a calce.

Nel seguito verranno descritte, con riferimento a quanto riportato nella Specifica RFI DTC INC SP IFS 008A Trattamento delle terre con calce, le prove di identificazione delle terre da trattare e lo studio di laboratorio con le miscele sperimentali, finalizzate al campo prova, le metodologie di realizzazione del campo prova e relative finalità ed i controlli finali da eseguire.

Complessivamente si prevede di riutilizzare (previo trattamento a calce) circa 310.000mc di materiale per la formazione dei rilevati ferroviari.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

Si sottolinea che, per la realizzazione del corpo dei rilevati ferroviari/stradali, è consentito l'utilizzo di terre trattate a calce per la formazione dell'intero corpo del rilevato ad esclusione dello strato anticapillare e dello strato supercompattato. Inoltre, secondo la specifica RFI DTC INC SP IFS 008 Trattamento delle terre con calce, devono essere realizzati due strati di supercompattato da 30 cm di spessore in luogo di uno.

Per il caso in esame si prescrive una miscelazione in sito del terreno e calce e successiva compattazione. Tale tecnica prevede la successione delle fasi operative di seguito elencate:

- Stabilizzazione granulometrica;
- Spandimento della calce;
- Immissione dell'acqua di aggiunta;
- Miscelazione;
- Compattazione.

11.1 Prove di identificazione della terra da trattare

Le prove di laboratorio, preparative per il campo prova, da eseguire sui terreni presenti in sito da trattare con calce sono le seguenti:

- analisi granulometrica, inclusa analisi per via umida;
- contenuto di sostanze organiche;
- tenore in solfati;
- contenuto naturale d'acqua;
- limiti di Atterberg ed indice di plasticità;
- prova di compattazione AASHTO modificata (Proctor Modificata con determinazione di umidità ottimale, W_{opt} e densità secca massima, $\gamma_{d,max}$);
- indice di portanza CBR immediato (IPI);
- indice di portanza CBR con imbibizione in acqua a 96 ore (dopo 4 giorni);
- analisi chimico-fisiche dell'acqua di falda: sali disciolti, PH.

Sui campioni preparati al contenuto d'acqua ottimale $W_{n,opt}$, saranno eseguite le seguenti prove:

- compressione a espansione laterale libera e taglio diretto.

11.2 Studio in laboratorio della miscela terreno-acqua-calce

Lo scopo dello studio sperimentale delle miscele in laboratorio è quello di determinare il quantitativo minimo di calce necessario ad ottenere il miglioramento prefissato delle caratteristiche del terreno tale da assicurare nel tempo i requisiti richiesti.

Le percentuali sono da intendersi riferite al peso del terreno naturale prima del trattamento e del costipamento. Per lo studio della miscela “ottimale” per il trattamento del terreno verranno analizzate tre miscele, in particolare si potranno considerare per il trattamento a calce:

- miscela con il 2.0% in peso del legante;
- miscela con il 2.5% in peso del legante;
- miscela con il 3.0% in peso del legante.

Per ciascuna miscela sperimentale si dovranno eseguire le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica, inclusa analisi per via umida;
- contenuto naturale d’acqua;
- limiti di Atterberg;
- prova di compattazione AASHTO modificata (Proctor Modificata con determinazione di umidità ottimale, W_{opt} e densità secca massima, $\gamma_{d,max}$);
- indice di portanza CBR immediato (IPI);
- indice CBR con imbibizione a 96 hr (4 giorni), per tempi di maturazione pari a 7 giorni e a 28 giorni;
- Compressione semplice a 7 gg di maturazione su provini con diverso grado di contenuto d’acqua (W%):
 W_{opt} , $W_{opt+2\%}$, $W_{opt-2\%}$ (dove W_{nopt} è il contenuto d’acqua ottimale);
- Compressione semplice a 28 gg di maturazione su provini con diverso grado di contenuto d’acqua (W%):
 W_{opt} , $W_{opt+2\%}$, $W_{opt-2\%}$;
- Inoltre, nel caso di miscele per corpo del rilevato, prova di taglio in cella triassiale CID su tre provini a 28 gg di maturazione.

In fase di indagine sono richieste anche le analisi chimico-fisiche dell’acqua utilizzata nella preparazione degli impasti.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione Geotecnica generale	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 RH	DOCUMENTO GE0006 001	REV. A

11.3 Realizzazione del campo prova

Ultimato lo studio delle miscele sperimentali, sulla base dei risultati delle sperimentazioni di laboratorio, sarà scelta la miscela ottimale per calce da testare sul campo prova; verrà quindi predisposto un campo prova con le seguenti finalità:

- verificare su scala reale i dati ottenuti in laboratorio;
- controllo delle attrezzature, dei metodi di miscelazione e di compattazione;
- definizione delle fasi e dei metodi delle lavorazioni, con particolare riferimento all'apporto di calce;
- schemi di miscelatura (numero di passate del Pulvimixer ottimali necessari ad ottenere la granulometria prevista) e rullatura (numero di passate del rullo), in relazione alle attrezzature adottate;
- la definizione delle modalità di controllo dei limiti di accettabilità dei tenori di umidità dei terreni posti in opera e delle miscele terreno-calce, prima della rullatura finale.

L'ubicazione del campo prova, le dimensioni e le modalità esecutive del rilevato saranno concordate con la Committenza. Si prevede comunque un campo prova di dimensioni in sommità 4mx50 m di lunghezza utile e realizzato con le stesse modalità di esecuzione del rilevato.

Si precisano i controlli da effettuare su ognuno degli strati finiti:

- Dovrà essere tarata la spanditrice di calce per il controllo del dosaggio.
- Prima della stesa della calce dovrà essere controllato il contenuto d'acqua del terreno e confrontato con quello utilizzato nello studio delle miscele.
- Dopo la miscelazione dovrà essere nuovamente controllato il contenuto d'acqua e verranno eseguiti prelievi per l'esecuzione di prove di classificazione, prove Proctor e CBR e prove geotecniche.
- La miscela dovrà essere poi compattata secondo schemi di rullatura prefissati.
- Il prodotto finale dovrà essere controllato mediante prove di carico su piastra (da 30 cm). Le misure andranno effettuate almeno a tempo 0 (cioè subito dopo la compattazione), dopo 24 ore e a 7 gg su almeno 5 punti appartenenti al medesimo strato omogeneo (in termini di composizione e modalità di compattazione) e solo sull'ultimo strato del corpo di rilevato, a 28 gg dalla compattazione.
- In prossimità dei punti di determinazione del modulo di deformazione, determinazione della densità in sito e del contenuto in acqua, subito dopo aver eseguito la compattazione.
- A 28 gg dalla compattazione, sull'ultimo strato del corpo del rilevato prelievo di tre campioni indisturbati da sottoporre a prova di taglio in cella triassiale (CID); le prove verranno eseguite sia sui provini tal



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 RH	GE0006 001	A	322 di 322

quali che dopo 5 cicli di imbibizione (4 gg.) ed essiccamento (24 ore) e completa saturazione per almeno 7 giorni.

I risultati ottenuti con il campo prova dovranno confermare quelli dello studio sperimentale in laboratorio. Nel caso in cui i requisiti minimi previsti da progetto non venissero raggiunti, dovranno essere modificati i metodi di compattazione e/o le miscele terra-cale fino al raggiungimento dei requisiti minimi richiesti.

La miscela ottimale scaturirà dai risultati delle analisi effettuate in laboratorio e da quelli ottenuti nel campo prova ed in ogni caso dovrà essere approvata da Committente.

I campi prova costituiranno il riferimento per la realizzazione del corpo dei rilevati, pertanto negli elaborati finali dei campi prova dovranno essere chiaramente specificate le modalità realizzative da riprodurre in corso d'opera.