

COMMITTENTE:



**DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA**

PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA
U.O. PRODUZIONE CENTRO NORD**

PROGETTO ESECUTIVO

RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE
Ottemperanza alle prescrizioni Delibera CIPE n.1 del 28/01/2015

OPERE DI VIABILITA': VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

SCALA:

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

I A 1 U **0 2** **E** **2 6** **R B** **G E 0 0 0 0** **1 0 1** **A**

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	R. VELOTTA	Agosto 2015	C. LAPORTA 	Agosto 2015	F. GERNONE 	Agosto 2015	F. ARDUINI Agosto 2015 ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Produzione Centro Nord Dott. Ing. Fabrizio Arduini <small>Ordine degli Ingegneri della Prov. di Roma n. 16382 ass. A</small>

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO 7	
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	10
5. INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE	11
5.1 PREMESSA.....	11
5.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE NEL TRACCIATO IN PROGETTO	11
5.2.1 Indagini sismiche	13
5.2.2 Piezometri	14
5.2.3 Prove di permeabilità	14
5.2.4 Laboratorio	14
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE.....	18
6.1 PREMESSA.....	18
6.2 RICONOSCIMENTO DELLE UNITÀ GEOTECNICHE	18
6.3 CRITERI DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE	19
6.3.1 Depositi incoerenti	19
6.3.2 Depositi coesivi.....	24
6.3.3 Materiali lapidei.....	25
6.4 UNITÀ R - TERRENI DI RIPORTO E COLTRE VEGETALE.....	30
6.5 UNITÀ AL - ALLUVIONI	30
6.6 UNITÀ CBA – CALCARI DI BARI	32
6.6.1 Unità Tr – materiali residuali	35
6.7 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	49
6.8 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO ALLA WINKLER PER ANALISI STRUTTURALI	51
7. RILEVATI	52
7.1 ANALISI DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI	52
7.2 ANALISI DI STABILITÀ DELLE SCARPATE	55
7.2.1 Metodologie di calcolo.....	55
7.2.2 Azioni sismiche per analisi di stabilità	56
7.2.3 RISULTATI.....	57
7.3 PIANI DI POSA	58
8. PROBLEMATICHE GEOTECNICHE	59
9. APPENDICE A: ANALISI DEI CEDIMENTI EI RILEVATI. TABULATI DI CALCOLO CED	60
9.1 SEZIONE N. 33 – KM 0+640.....	60
9.2 SEZIONE N. 38 - KM 0+740	63
9.3 SEZIONE N. 44 DELLA DEVIZIONE PROVVISORIA – KM 0+640.....	68
10. APPENDICE B: ANALISI DI STABILITA'. TABULATI DI CALCOLO PCSTABL5M	71

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA DOCUMENTO E 26 RB GE0000 101	REV. A	FOGLIO 3 DI 85

10.1 ANALISI STATICA SLU	71
10.2 ANALISI SISMICA SLU.....	78

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

1. PREMESSA


Nel presente documento si descrivono le caratteristiche geotecniche per il dimensionamento delle opere relative al Progetto Esecutivo della viabilità NV05-Tangenziale di Bari della linea ferroviaria del Riassetto Nodo di Bari, tratta a sud di Bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a Mare.

Il tracciato in progetto della viabilità NV05-Tangenziale di Bari si sviluppa per circa 1 km e 420 m, dove sostanzialmente si ripercorre il tracciato esistente, che tra le progressive 0+424 e 1+220 è interessato da una variante altimetrica. Le nuove opere in progetto, che ricadranno in questo tratto, sono principalmente costituite da muri di sostegno in c.a..

Per la realizzazione della viabilità in progetto si prevede una deviazione provvisoria verso sud, della viabilità esistente per il tratto compreso nella variante altimetrica.

Quindi nel presente elaborato verranno affrontati i seguenti aspetti:

- Breve inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico;
- Descrizione delle campagne di indagine svolte;
- Descrizione ed interpretazione dei risultati di tutte le indagini svolte, finalizzata alla definizione della successione stratigrafica lungo il tracciato ed alla definizione dei parametri geotecnici-geomeccanici di progetto; individuazione del livello massimo di falda;
- Analisi dei cedimenti, verifiche di stabilità delle scarpate e valutazioni sul piano di posa sia per i rilevati del tracciato definitivo, sia per i rilevati della deviazione provvisoria;
- Osservazioni geotecniche sulla tipologia di fondazioni delle opere in progetto.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore e di alcune Raccomandazioni.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- [N.1]. Legge 05/11/1971 n.1086e Circ. 11951 del 14/02/1974. Norme per la disciplina delle opere in c.a., c.a.p. ed a struttura metallica e relative istruzioni.
- [N.2]. Legge 21/03/1974 n.64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- [N.3]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008).
- [N.4]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008
- [N.5]. DM 6/5/2008 – Integrazione al D.M. 14-01-2008 di approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni.
- [N.6]. Specifica RFI del 21/12/11 per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.


2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Inoltre si fa riferimento ai seguenti documenti:

- [D1]. IA0D 00 D 69 RG GE 0001 001 A _ Riassetto Nodo di Bari – Tratta a sud di Bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a mare - Geologia ed Idrogeologia - Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica.
- [D2]. IA0D 00 D 69 G5 GE 0001 001 A ÷ IA0D 00 D 69 G5 GE 0001 002 A _ Riassetto Nodo di Bari – Tratta a sud di Bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a mare - Geologia ed Idrogeologia – Carta geologica e profilo geologico.
- [D3]. IA0D 00 D 69 G5 GE 0002 001 A ÷ IA0D 00 D 69 G5 GE 0002 002 A _ Riassetto Nodo di Bari – Tratta a sud di Bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a mare - Geologia ed Idrogeologia – Carta dei complessi idrogeologici e profilo idrogeologico.
- [D4]. IA0D 00 D 69 G5 GE 0003 001 A _ Riassetto Nodo di Bari – Tratta a sud di Bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a mare - Geologia ed Idrogeologia – Carta geomorfologica.
- [D5]. IA0D 00 D 69 SG GE0005 002 A. Nodo di Bari Sud. Indagini geognostiche. Relazione generale, stratigrafie e prove in sito. Luglio 2014.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

- [D6]. IA0D 00 D 69 IG GE0005 202 A. Nodo di Bari Sud. Prospezioni geofisiche. Indagini geofisiche-Rapporto tecnico. Ottobre 2014.
- [D7]. IA0D 00 D 69 PR GE0005 201 A. Nodo di Bari Sud. Progetto Definitivo. Prove geotecniche integrative di laboratorio. 2014.
- [D8]. IA00 00 D 69 SG GE0005 003 A. Nodo di Bari Sud. Intervento NV05 Tangenziale. Progetto Definitivo. Indagine geognostica. Relazione generale, stratigrafie e prove in sito. Agosto 2014.
- [D9]. IA00 00 D 69 IG GE0005 203 A. Nodo di Bari Sud. Intervento NV05 Tangenziale. Progetto Definitivo. Prospezioni geofisiche. Indagini geofisiche rapporto tecnico.
- [D10]. IA00 00 D 78 RH GE0005 001 A. Riassetto Nodo di Bari. Progetto Definitivo tratta a sud di Bari variante di tracciato tra Bari c.le e Bari Torre a Mare. Relazione geotecnica.
- [D11]. IA0D 02 D 78 RB GE0000 101 A. Riassetto Nodo di Bari. Progetto Definitivo tratta a sud di Bari variante di tracciato tra Bari c.le e Bari Torre a Mare. Variante altimetrica tangenziale di Bari. Relazione geotecnica.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO

Inquadramento geologico


Le unità litostratigrafiche che si rinvencono lungo il tracciato in esame sono essenzialmente riconducibili al Gruppo dei Calcari delle Murge (formazioni marine del Cretaceo) ed al Deposito Calcareo-Detritico Trasgressivo (formazioni marine del Pliocene-Quaternario). Solo localmente si rinvencono depositi di limitato spessore riferibili alle Successioni continentali di genesi prevalentemente alluvionale.

Gruppo dei Calcari delle Murge. Si tratta di un potente complesso sedimentario costituito dal Calcare di Bari e dalla sovrastante formazione del Calcare di Altamura. Nell'area in oggetto affiora solo il Calcare di Bari.

- Calcare di Bari, CBA (Albiano inferiore – Cenomaniano superiore). Si tratta di una potente successione di strati, banchi di calcari, calcari dolomitici e dolomie. I calcari sono frequentemente di tipo detritico. Si osservano anche letti discontinui di breccie calcareo-dolomitiche (ghiaie fortemente eterometriche con matrice argilloso-limosa e limoso sabbiosa). In relazione alla loro natura, i calcari sono soggetti al fenomeno carsico, che si manifesta sia con forme ipogee (cavità) che superficiali (doline, inghiottitoi). Le cavità sono poi riempite talvolta da terre rosse che rappresentano i prodotti residuali insolubili del carsismo (sabbie e limi da debolmente argillosi ad argillosi di colore rossastro con ghiaie e blocchi calcarei eterometrici). I fenomeni carsici sono piuttosto diffusi e difficilmente riconoscibili in superficie.

Deposito Calcareo-Detritico Trasgressivo. Terreni essenzialmente marini presenti in copertura sul substrato carbonatico mesozoico. Nell'area in studio comprende; la formazione delle Calcareniti di Gravina ed i Depositi marini terrazzati.

- Calcareniti di Gravina, GRA (Galesiano – Calambriano). La formazione si trova sopra il calcare di Bari con contatto rappresentato da una netta superficie di erosione marina. E' costituita da calcareniti di colore giallastro, massicce o con stratificazione poco evidente, con buon grado di cementazione. Nel tracciato in esame la potenza dello strato è sempre inferiore ai 10 m; localmente alla base si osservano limi e sabbie limose e calcisiltiti poco cementate.
- Depositi marini terrazzati, Dmt (Pleistocene medio – Pleistocene superiore). Sono formati da depositi di spiaggia di natura essenzialmente carbonatico-terrigena. Si tratta di orizzonti sabbiosi e argilloso-limosi di colore giallastro o rossastro con grado di cementazione generalmente scadente. Lo spessore è mediamente intorno ai 5 m, il limite inferiore è sul Calcare di Bari e/o sulla Calcareniti di Gravina. Lungo il tracciato ferroviario di linea, la formazione è rintracciata tra le progressive chilometriche 0+930 e 1+445 circa, dove comunque è stata carotata (SB3) come alternanza di sabbia limosa con pietrisco calcareo e calcare fratturato con sabbia limosa.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

Successioni continentali. Sono costituite da sedimenti di genesi prevalentemente alluvionale posti in copertura alle formazioni più antiche.

- Depositi alluvionali attuali e recenti (Pleistocene superiore – Olocene): si rinvencono in corrispondenza dei principali corsi d'acqua a regime essenzialmente stagionale o effimero. Dal punto di vista litologico sono piuttosto eterogenei con scheletro ciottoloso-ghiaioso eterometrico e di natura prevalentemente calcarea, immerso in matrice limoso argillosa, talvolta sabbiosa, costituita dai prodotti residuali dell'alterazione dei calcari.

In particolare nell'area in cui ricade il tracciato della tangenziale di Bari, si ha calcare di Bari quasi affiorante: Dopo una copertura di materiale vegetale da 0.5 a 1.3 m al massimo e/o sotto il terreno di riporto dell'attuale sede stradale, si rinviene il calcare di Bari, superiormente fortemente alterato fino a circa 2.5 m dal p.c., poi compatto con elevati valori di RQD, generalmente tra 30 e 70%.

Inquadramento morfologico

Dal punto di vista morfologico generale, il tracciato ferroviario di linea, si sviluppa su una porzione di territorio pressoché tabulare o al più debolmente degradante verso il mare Adriatico. Il tracciato, dopo aver lasciato la città di Bari in direzione SSE, interessa un'area sub-urbana tra lo stesso capoluogo ed il territorio comunale di Triggiano, raggiungendo quota massima di circa + 40 m s.l.m..

L'area in cui ricade l'intervento della tangenziale di Bari, è compresa fra le quote del p.c. locale +27 m s.l.m. e +23 m s.l.m. circa.

Il tracciato ferroviario di linea si colloca tra la fascia costiera ed il primo dei gradini costituenti l'altopiano delle Murge, che si presenta come una vasta area tettonica costituita da una serie di ripiani posti a quote via via decrescenti verso il mare. Sia lungo i ripiani che in corrispondenza dei terrazzi, si osservano i segni del ruscellamento superficiale che li ha modellati con solchi carsico-erosivi, denominati "lame". Tali incisioni, il cui fondo è costituito da terreno alluvionale recente, in occasione di periodi particolarmente piovosi possono convogliare ingenti quantitativi d'acqua.

Le rocce carbonatiche del substrato sono soggette, per la loro natura, a fenomeni carsici prevalentemente ipogei. Tali fenomeni sono difficilmente riconoscibili in superficie e sono associati a fratture e discontinuità tettoniche presenti nella successione carbonatica. Le cavità ipogee sono a volte riempite da terre rosse, prodotti residuali insolubili del fenomeno carsico; esistono comunque anche cavità e vuoti di ridotte dimensioni non riempite.

Inquadramento idrogeologico

Le strumentazioni piezometriche installate nelle campagne d'indagine, integrate con i dati bibliografici reperiti relativi ai pozzi ed alle sorgenti della zona, hanno consentito di individuare il livello di falda lungo il tracciato.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

Lungo il tracciato ferroviario di linea in generale, la falda presenta un carattere essenzialmente freatico con livello piezometrico posto nell'intorno dell'attuale livello marino. La falda ha quindi un andamento abbastanza regolare ed omogeneo, connesso con la buona permeabilità dell'acquifero carbonatico che la ospita. Il deflusso sotterraneo è caratterizzato da un gradiente mediamente variabile tra 0.1 e 0.5% ed è prevalentemente orientato verso la costa adriatica in direzione NNE circa.

In particolare lungo il tracciato le letture piezometriche hanno indicato un livello di falda variabile tra 0 e +3 m s.l.m., e quindi con profondità tra 4 e 28 m dal p.c. locale. La separazione fra la falda e l'acqua marina è di carattere progressivo, contraddistinto da una zona di transizione salmastra di spessore variabile. Il territorio barese è interessato da un fenomeno di progressiva salinizzazione dell'acquifero. Tale processo è legato allo sfruttamento intensivo ed incontrollato delle risorse idriche del centro abitato di Bari e della sua periferia, che nel tempo ha portato ad un abbassamento del livello di falda ed il progressivo avanzamento delle acque marine di invasione continentale.


Le opere in progetto nella linea ferroviaria non interferiscono direttamente con la falda del substrato cretaceo in quanto sono diversi metri al di sopra della superficie piezometrica.

In corrispondenza della tangenziale di Bari, il livello di falda è stato intercettato a profondità maggiore di 20 m dal p.c. e quindi non interferisce con le opere in progetto.

In generale la permeabilità per fessurazione e carsismo nella formazione del Calcere di Bari è variabile da media ad alta.

Per quanto riguarda le calcareniti di Gravina, la permeabilità per fessurazione e porosità è generalmente bassa a questo complesso si attribuisce una coefficiente di permeabilità variabile da 1E-07 1E-05 m/s. Analogo discorso vale per il complesso dei depositi marini terrazzati.

Il complesso dei depositi alluvionali è costituito da ghiaie in matrice limoso argillosa più o meno abbondante e quindi la permeabilità esclusivamente per porosità è variabile da bassa a molto bassa e quindi è attribuibile un coefficiente di permeabilità inferiore a 1E-07 m/s.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO


Brevemente verranno richiamate nel seguito le principali informazioni per la caratterizzazione sismica lungo il tracciato in progetto, valutata secondo quanto indicato dalla normativa vigente, finalizzata alle verifiche geotecniche svolte nel presente elaborato (analisi di stabilità).

La normativa prevede la determinazione dell'azione sismica in funzione della posizione geografica del sito individuata dalla longitudine e latitudine. Note le coordinate è necessario determinare i parametri caratterizzanti l'azione sismica mediante interpolazione dei punti del reticolo di riferimento maggiormente vicini. Tale operazione è stata eseguita mediante il programma Spettri-NTC v.1.0.3 distribuito dal Ministero delle Infrastrutture. Nel caso in esame per la Regione Puglia comune di Bari in definitiva si ottiene:

$a_{max} = \cdot S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0.093 \cdot g$	accelerazione massima orizzontale di progetto;
$V_R = 112.5$ anni	periodo di riferimento per l'azione sismica ($V_N = 75$ anni per opere di interesse pubblico, $C_U = 1.5$ per opere di classe III ovvero con affollamenti significativi);
PVR = 10%	probabilità di superamento dell'azione sismica nel periodo di riferimento VR (relativa allo stato limite SLV);
TR = 1068 anni	tempo di ritorno dell'azione sismica
$a_g = 0.093 \square g$	accelerazione massima sul suolo di riferimento rigido;
$S_S = 1.0$	coefficiente di amplificazione stratigrafica locale ($S_S = 1.0$; $F_0 = 2.698$);
$S_T = 1.0$	coefficiente di amplificazione topografica.

Viene definita in accordo alla vigente normativa, la categoria di suolo. In generale, tale determinazione può essere effettuata sia attraverso indagini sismiche, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di VS,30, sia mediante prove geotecniche, come SPT in foro e prove di laboratorio che consentono mediante correlazioni empiriche di risalire al valore di VS,30.

La categoria di sottosuolo per l'area di intervento è stata definita dalla prova Down-Hole, appositamente realizzata nell'area (vedasi grafico di Figura 9); da cui si evince (in accordo a tutte le altre indagini sismiche eseguite per il tracciato ferroviario di linea) una categoria di sottosuolo di tipo A ("Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di VS,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m") (vedasi paragrafo 5.2.1).

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

5. INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

5.1 PREMESSA

Le indagini geotecniche a disposizione per la caratterizzazione geotecnica/geomeccanica del tracciato della viabilità sono le seguenti:

- campagna d'indagine a base del Progetto Definitivo della linea ferroviaria "Riassetto Nodo di Bari" (vedasi [D5], [D6], [D7]), eseguita tra fine 2013 e luglio 2014: consistita in sondaggi geognostici a carotaggio continuo, prove di laboratorio e indagini geofisiche;
- campagna geognostica integrativa dell'agosto 2014, eseguita appositamente per la progettazione della variante altimetrica della tangenziale di Bari: consistita in sondaggi geognostici a carotaggio continuo, prove di laboratorio e indagini geofisiche (profili tomografici elettrici) (vedasi [D8], [D9], [D7]).

Nel seguente paragrafo sono descritte nel dettaglio le indagini in sito e le prove di laboratorio eseguite in corrispondenza del tracciato in progetto.

5.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE NEL TRACCIATO IN PROGETTO

In particolare durante le campagne di indagini precedentemente citate, le indagini eseguite in corrispondenza della viabilità in progetto sono:

- sondaggi a carotaggio continuo, denominati "S1tang, S2tang, S3tang", di lunghezza rispettivamente 30.0, 15.0 e 50.0 m; il sondaggio S2tang è stato eseguito con una inclinazione di 45° rispetto alla verticale, al piede della massicciata della tangenziale. Il sondaggio S3tang è stato eseguito sub-orizzontale rispetto al rilevato esistente della tangenziale ad una altezza di circa 2 m dal p.c..
- 1 prova sismica tipo Down-Hole (H1), eseguita nel foro di sondaggio S1tang, appositamente strumentato per una lunghezza di 30.0 m;
- sondaggi a carotaggio continuo, denominati "S4÷S9", di lunghezza 30.0 m (eseguiti per la linea ferroviaria);
- fori di sondaggio strumentati con piezometri a tubo aperto (tratto finestrato da 3.0 a 30.0 m) per la lettura del livello di falda;
- Rilievi elettromagnetici nelle piazzole dei sondaggi;
- profili tomografici elettrici, di cui tre di lunghezza 160 m ed uno di lunghezza 120 m, denominati "L1÷L4".

I sondaggi sono stati eseguiti dalla ditta CITIEMME Compagnia torinese monitoraggi.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati effettuati:

- rilievo stratigrafico con descrizione della litologia e della consistenza dei terreni e descrizione geomeccanica con indicazione del valore di RQD e documentazione fotografica a colori;
- rilievo del livello piezometrico sia durante la perforazione, che nei piezometri installati;
- n. 7 prove di permeabilità Lugeon in foro di sondaggio;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- esecuzione di prove S.P.T. (Standard Penetration Test).

Sui campioni prelevati sono state eseguite prove di laboratorio, come indicato nel successivo paragrafo.

La seguente tabella riporta le principali caratteristiche dei sondaggi svolti. I certificati sono nel documento [D5] e [D8].

Nell'elaborato grafico del profilo stratigrafico longitudinale, è riportato anche uno stralcio planimetrico con ubicazione dei sondaggi.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI				
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101


Tabella 1. Riepilogo delle caratteristiche dei sondaggi della campagna 2014

Sigla Ind.	Quota boccaforo [m] s.l.m.	Profondità [m]	campioni litoidi n.	campioni terreno (CR rim.) (CI ind.) n.	SPT n. prove	Piezometro [TA;CC] [m]	FALDA [m] da p.c.	FALDA [m] s.l.m.	Vs,30 [m/s]	DH	Prova di Permeabilità Lugeon: k (m/s) UL (-)	Quota prova Lugeon [m]	Unità geot [m]
S4	27.52	30.0	CI3 (23.5) CRA (11.8) CRB (19.6) CRC (24.4)	CI 1 (6.0) CI2 (20.3)	5	TA [3-30]	25.3	2.22	-	-	k=6.9E-06; UL=70	12.0	CBA
S5	27.73	30.0	CI 2 (19.0) CI3 (26.0) CRA (7.6) CRB (15.3) CRC (24.0)	CI 1 (4.0)	5	TA [3-30]	25.4	2.33	-	-	k=9.37E-06; UL=95	16.0	CBA
S6	25.81	30.0	CI 1 (8.0) CI 2 (16.0) CI3 (26.0) CRA (2.0) CRB (14.6) CRC (22.6)	-	5	-	23.4	2.41	-	-	k=3.94E-06; UL=40	17.0	CBA
S7	25.42	30.0	CI 2 (13.0) CI3 (24.7) CRA (6.0) CRB (16.7) CRC (29.2)	CI 1 (8.0)	5	-	21.9	3.52	-	-	k=7.89E-06; UL=80	15.0	CBA
S8	25.3	30.0	CI 1 (3.60) CI 2 (14.0) CI3 (24.6) CRA (4.5) CRB (10.7) CRC (23.0)	-	5	TA [3-30]	23.6	1.7	-	-	k=5.13E-06; UL=52	15.0	CBA
S9	24	30.0	CI3 (20.0) CRA (10.0) CRB (17.0) CRC (25.8)	CI 1 (2.5) CI2 (9.0)	5	TA [3-30]	21.9	2.1	-	-	k=4.443E-06; UL=45	12.0	CBA
S1tang	25.5	30.0	-	CI1 (3.7) CI2(7.3) CI3(11.2) CI4 (14.7) CI5 (16.0) CI6 (18.7) CI7 (23.0) CI8 (27.6)	8	-	24.8	0.7	820	30.0	k=2.27E-06; UL=23	12.0	CBA
S2tang		15.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3tang		50.0	-	CR1+CR20	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5.2.1 Indagini sismiche

L'indagine sismica Down-Hole eseguita nel foro di sondaggio S1tang ha fornito un valore della velocità $V_{s,30}$ di 820 m/s da cui si definisce categoria di sottosuolo di tipo A, in accordo a tutte le altre indagini sismiche (Down-Hole e MASW del 2014) eseguite lungo il tracciato ferroviario di linea.

Il profilo delle velocità delle onde Vs è riportato nella Figura 9 ed anche in forma grafica nel profilo stratigrafico longitudinale.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

Dalle sezioni tomografiche [D6] si evince che la stratigrafia è in linea con i risultati delle altre indagini eseguite (sondaggi) e non si sono evidenziate anomalie riconducibili a presenza di possibili cavità nel calcare di Bari.

5.2.2 *Piezometri*

Il livello di falda rilevato dai piezometri installati nell'area in esame è a profondità maggiore di 20 m dal p.c. locale e quindi non interferisce con le opere in esame (vedasi tabella 1), dove ci sono le letture piezometriche espresse sia in profondità dal p.c. locale, sia in quota assoluta ed anche i livelli di falda rilevati durante la perforazione nei sondaggi non strumentati con piezometro).

5.2.3 *Prove di permeabilità*

Nella tabella 1, sono riassumono i risultati delle prove di permeabilità eseguite nei sondaggi dell'area in esame. Si tratta di prove di permeabilità tipo Lugeon eseguite nella formazione del Calcare di Bari. Dalle prove è stato ottenuto un coefficiente di permeabilità variabile da $9.4E^{-06}$ a $2.3E^{-05}$ m/s.

5.2.4 *Laboratorio*

Le prove di laboratorio svolte durante la campagna di indagini del 2014 hanno interessato sia campioni di terreno sia campioni litoidi. Le seguenti tabelle riepilogano i risultati di tutte le prove di laboratorio effettuate nell'ambito della suddetta campagna d'indagine. In particolare sono state eseguite le seguenti prove (laboratorio SGAILAB – Laboratori e ricerche S.r.l. di Morciano di Romagna, RN):

sui terreni:

- Apertura e descrizione del campione;
- determinazioni del peso di volume naturale; del peso secco, del peso specifico
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- analisi granulometrica per setacciatura ed aerometria;
- determinazione dei limiti di Atterberg;
- classificazione terreno secondo UNI 10006 ed USCS;
- prove di taglio diretto (TD);
- prove edometriche.

Sulla roccia:

- Apertura del campione e descrizione macroscopica;

- determinazioni del peso di volume;
- prove di compressione assiale semplice;
- prova di compressione strumentata con misura delle deformazioni;
- determinazione dei parametri dinamici (Vp e Vs).

Tabella 2. Risultati delle prove di laboratorio –terre - campagna geognostica 2014

Sondaggio	-	S4	S4	S5	S7	S9	S9	S1-tang	S1-tang	S1-tang
Campione	-	Cl1	Cl2	Cl1	Cl1	Cl1	Cl2	Cl3	Cl4	Cl5
Tipo	-	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Unità	-	Tr	CBA	Tr	Tr	Al	Tr	Tr	Tr	Tr
Prof.	m	6.00	20.30	4.00	8.00	2.50	9.00	11.20	14.70	16.00
Granulometria										
G	%	1.9	46.1	37.6	3.2	0.7	29.6	4.5	9.8	5.4
S	%	6.2	12.0	21.0	15.8	9.1	19.3	6.0	14.5	3.0
L + A	%	91.8	42.0	41.4	81.1	90.2	51.0	89.5	75.8	91.6
L	%	16.0	7.3	21.5	34.3	33.7	20.1	15.2	17.7	22.6
A	%	75.9	34.7	19.9	46.8	56.5	31.0	74.3	58.1	69.0
Limiti di Atterberg										
W _L	%	63.0	54.0	49.0	51.0	62.0	31.0	59.0	47.0	52.0
W _P	%	33.0	29.0	28.0	27.0	31.0	16.0	29.0	20.0	26.0
I _p	%	30.0	25.0	21.0	24.0	31.0	15.0	30.0	27.0	26.0
Caratteristiche fisiche										
γ _N	kN/m ³	18.1		21.6	19.2	18.4	19.0	18.5	18.9	19.0
w _N	%	33.4	9.6	21.6	30.0	42.4	35.5	35.2	32.9	31.2
Prove edometriche (valori riferiti alla tensione geostatica in sito)										
E _{ed}	kPa	2428.0				4669.0				
c _v	cm ² /s	1.44E-03				4.97E-04				
k	m/s	5.80E-10				1.04E-10				
Resistenza drenata										
(TD) c	kPa				12.9	26.3	7.0	4.7		
(TD) f	°				24.1	13.8	25.5	23.8		



RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA
Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 16 DI 85

Tabella 3. Risultati delle prove di laboratorio – rocce - campagna geognostica 2014

Sondaggio	-	S4	S4	S4	S4	S5	S5	S5	S5	S5	S8	S8	S8	S8	S8	S8
Campione	-	CI3	CRA	CRB	CRC	CI2	CI3	CRA	CRB	CRC	CI1	CI2	CI3	CRA	CRB	CRC
Tipo	-	ind	rim	rim	rim	ind	ind	rim	rim	rim	ind	ind	ind	rim	rim	rim
Unità	-	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA
Prof.	m	23.50	11.80	19.60	24.40	19.00	26.00	7.60	15.30	24.00	3.60	14.00	24.60	4.50	10.70	23.00

Caratteristiche fisiche

γ_N	KN/m ³	25.3	27.6	25.0	26.2		27.2	26.0	24.8	25.8		26.6	25.2	27.0	26.1	25.0
------------	-------------------	------	------	------	------	--	------	------	------	------	--	------	------	------	------	------

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa		265.12	60.84				93.47	50.29	127.88		74.06	31.58	72.18	82.39	
------------	-----	--	--------	-------	--	--	--	-------	-------	--------	--	-------	-------	-------	-------	--

Sondaggio	-	S6	S6	S6	S6	S6	S6	S7	S7	S7	S7	S7	S9	S9	S9	S9
Campione	-	CRA	CRB	CRC	CI1	CI2	CI3	CRA	CRB	CRC	CI2	CI3	CRA	CRB	CRC	CI3
Tipo	-	rim	rim	rim	ind	ind	ind	rim	rim	rim	ind	ind	rim	rim	rim	ind
Unità	-	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA	CBA
Prof.	m	2.00	14.60	22.60	8.00	16.00	26.00	6.00	16.70	29.20	13.00	24.70	10.00	17.00	25.80	20.00

Caratteristiche fisiche


γ_N	KN/m ³															
------------	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Resistenza a compressione monoassiale

σ_c	MPa	123.16			35.5	60.85	71.41	42.11				184.98	45.66	75.9	99.87		176.06
------------	-----	--------	--	--	------	-------	-------	-------	--	--	--	--------	-------	------	-------	--	--------

SOND. n.	CAMP. n.	Prof. mt.	STATO DEL CAMP.	PESO DI VOLUME APP. Y Mg/m ³	CONTEN. D'ACQUA W %	TENORE CARBON. %	PARAM. DINAMICI		COMPRESSIONE STRUMENTATA			BRASILIANA UN PROVINO R _t KPa	TRIASSIALE SU ROCCIA			COMPR. A ROTTURA σ_c N/mm ²	BLAKE DURAB. TEST Id2 %	BRASILIANA	
							Vel. Ultra Vp m/s	Vel. Ultra Vs m/s	Sforza σ_c N/mm ²	C. Poiss v /	E Tang. E Sec. KN/mm ²		σ_1 N/mm ²	σ_3 N/mm ²	C. Poiss v /			Es Tang. Es Sec. kN/mm ²	Valore Medio kPa
S1-Tang	CI1	3.70 4.00	IN	2.534			4872	1802							37.55				
S1-Tang	CI2	7.30 7.70	IN-F	2.556			5311	1697							89.27				
S1-Tang	CI6	18.70 19.00	IN	2.725			6426	2798	234.02		0.303	81.45 82.81							
S1-Tang	CI7	23.00 23.40	IN-F	2.613			4469	1962							68.49				
S1-Tang	CI8	27.60 28.00	IN	2.527			5140	2941	104.76	*	0.271	43.79 45.33							

LEGENDA : **ROCCE**
 IN = INTATTO
 F = FRATTURATO
 P = PIANI DI ROTTURA PREFERENZIALE (LINEE DI DEBOLEZZA)
 D = DEBOLMENTE CEMENTATA
 n.d. = Parametro non determinabile
 * = provino ricarotato

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE

6.1 PREMESSA

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica generale dell'area in esame, valutata sulla base dell'interpretazione delle indagini geotecniche svolte in sito ed in laboratorio.

Dopo aver individuato le principali unità geotecniche intercettate, verranno interpretati i risultati delle indagini geotecniche sulla base dei criteri di seguito esposti e quindi verranno definiti i parametri geotecnici di progetto e la stratigrafia di riferimento.

Nel profilo stratigrafico longitudinale sono riportati in forma grafica i risultati delle indagini e sono mostrate le correlazioni stratigrafiche con indicazione delle unità geotecniche intercettate; è anche indicato il livello di falda massimo rilevato da letture piezometriche e quello di progetto.

Il profilo stratigrafico verrà preso a riferimento per definire la stratigrafia di dettaglio lungo il tracciato ed in corrispondenza delle opere d'arte in progetto.

Il livello di falda rilevato dai piezometri installati nell'area in esame è a profondità maggiore di 20 m dal p.c. locale.


6.2 RICONOSCIMENTO DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Nell'area in esame dalle indagini eseguite sono state intercettate le seguenti unità geotecniche procedendo a partire dal p.c. fino alla massima profondità investigata (30.0 m):

Unità R - Terreni di riporto e colture vegetale. Si tratta di terreno di riporto antropico (Ra) che costituisce il corpo dei rilevati esistenti e del terreno vegetale (Rv) costituito da sabbie limose e limi sabbiosi con inclusi elementi lapidei, laterizi.

Unità Al: Alluvioni. Si tratta di limi sabbiosi argillosi con ghiaia e/o ciottoli calcarei. Nell'area in esame sono stati intercettati per uno spessore di 3 m circa, nel sondaggio S9, eseguito in prossimità del Lama S. Marco e quindi non ricadono nell'ambito degli interventi oggetto del presente progetto.

Unità CBA: Calcari di Bari. Si tratta di calcari dolomitici bianchi o grigio chiari. L'ammasso si presenta da fratturato a molto fratturato, a duro, e caratterizzato talvolta dalla presenza di vuoti generati da dissoluzione carsica, quasi sempre riempiti da materiale residuale di colore rossastro, a granulometria limo - sabbiosa. Questi materiali costituiscono una sotto unità denominata (Tr). Localmente il calcare è stato carotato come ghiaia e ciottoli misto a limo sabbioso debolmente argilloso con spezzoni di calcare di pochi centimetri: breccia calcarea denominata (Br). L'unità CBA,alt denota la parte superficiale del calcare di Bari intensamente alterata e fratturata (RQD=0).

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

A valle dell'interpretazione delle prove geotecniche in sito e dell'elaborazione dei risultati delle prove di laboratorio si procederà pertanto alla definizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche principali delle unità geotecniche.

6.3 CRITERI DI INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche, descritti di seguito, tengono conto del fatto che:

- sono state eseguite prove dinamiche SPT;
- sono stati prelevati campioni rimaneggiati ed indisturbati ed effettuate prove di laboratorio;
- sono state eseguite indagini sismiche (Down Hole) per il rilievo delle velocità delle onde di taglio Vs.

6.3.1 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 espone.

Correlazione di Skempton

In accordo a quanto indicato in Skempton (1986), la densità relativa Dr può essere correlata al valore NSPT 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 nella tabella seguente;

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 ;

Dr = densità relativa (-).


	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

Tabella 4 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 Bazaraa

In accordo a quanto indicato da Bazaraa (1967) la densità relativa D_R può essere correlata al valore N_{SPT} 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 Gibbs e Holtz

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

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

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:

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

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

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. Generalmente, la correlazione di Bolton ha fornito valori dell'angolo di resistenza al taglio inferiori, rispetto alla correlazione di Schmertmann per le unità geotecniche in esame. Cautelativamente per la definizione dei parametri di resistenza di progetto si è fatto riferimento ai valori minimi ottenuti dalle correlazioni.

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 considerato, cautelativamente per l'unità Tr, la correlazione valida per sabbia fine uniforme.

Correlazione di Bolton

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

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

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

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

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA DOCUMENTO E 26 RB GE0000 101	REV. A	FOGLIO 22 DI 85

Tabella 5). Nel nostro caso si assume $m=3$;
 D_r = densità relativa (-).


	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

Tabella 5 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).

Tabella 6 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	$\varphi_{cv}' = 33^\circ$	$\varphi_{cv}' = 30^\circ$

Nel caso specifico per la determinazione dell'angolo di attrito φ_{cv}' si è assunto quanto segue in base alle analisi granulometriche eseguite sul campione rimaneggiato più vicino alla profondità di prova SPT ed in base anche ai risultati di prove di taglio diretto eseguite sui campioni prelevati: $\varphi_{cv}' = 28^\circ$ per i limi sabbiosi (unità Tr).

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:

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

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


essendo:

γ_t = peso di volume naturale del terreno in 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).

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

Correlazione di Ohta e Goto (1978)

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

essendo:

$$C = 53.3;$$

z = profondità dal p.c. in metri;

f_A = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito (vedasi la Tabella 7);

f_G = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedasi la Tabella 15).

Tabella 7 Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_A (funzione dell'epoca geologica del deposito)

f_A	Olocene	Pleistocene
	1,0	1,3

Tabella 8 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: $f_A = 1.3$ e $f_G = 1.09$ per tutte le unità;

Correlazione di Yoshida et al. (1988)

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

essendo:

$C=49$ per sabbie fini;

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

σ_{v_0}' = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova.

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a 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 (E_0).

6.3.2 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 indisturbati.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

Classificazione

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

- Analisi granulometriche;
- pesi di volume naturale e secco;
- grado di saturazione;
- contenuti d'acqua naturale;
- indici dei vuoti iniziali;
- limiti di Atterberg.

Caratteristiche di resistenza

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza in tensioni efficaci dei depositi coesivi ci si è basati sui risultati delle prove di laboratorio che sono prove di taglio diretto.

La resistenza al taglio in condizioni non drenate è stata valutata sulla base delle misure in sito con prove speditive Pocket Penetrometer e Vane Test.

Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi coesivi possono essere stimati, analogamente a quanto fatto per i depositi incoerenti, sulla base dei risultati delle indagini sismiche in sito (Down Hole) oppure da correlazioni di letteratura.

Come nel caso dei terreni incoerenti i moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a 1/5 di quello iniziale (E0).

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

Il modulo di deformazione in condizioni non drenate verrà valutato sulla base della correlazione di Duncan e Buchigani (1976); in particolare nel caso in esame per i terreni alluvionali si assumerà $E_u = 350 \cdot c_u$ (dove c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate, espressa in kPa).

6.3.3 Materiali lapidei

La resistenza degli ammassi rocciosi dipende sia dalle caratteristiche della roccia intatta, sia dalla posizione, dal numero e dall'orientazione delle discontinuità. L'importanza relativa di questi due fattori è legata al rapporto tra la spaziatura delle discontinuità e l'estensione della zona interessata dall'opera. Nel caso in esame, sia per l'elevato grado di fratturazione della roccia ricavato dalle indagini geologiche, sia per l'elevata estensione delle opere in progetto, è

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

indispensabile tenere conto dei giunti e delle fratture della roccia nella definizione delle proprietà del materiale.

Per grado di fratturazione elevato e uniformemente diffuso nell'ammasso, è prassi corrente fare ricorso nella caratterizzazione geotecnica ad un modello di continuo equivalente, ottenuto scalando opportunamente le proprietà in funzione delle caratteristiche e della frequenza delle fratture.

In particolare, Hoek e Brown (2002) hanno proposto un criterio di resistenza per ammassi rocciosi fratturati nel quale compaiono tre parametri:

- σ_{ci} , ovvero la resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta, per caratterizzare la resistenza del materiale lapideo;
- “m” ed “s”, che tengono conto del grado di fratturazione del volume di materiale interagente con l'opera.

Nel piano delle tensioni principali il criterio di resistenza di Hoek e Brown è espresso dall'equazione:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{ci}} = \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (1)$$

La stima del parametro σ_{ci} è stata effettuata in base alle indicazioni provenienti dalle prove di laboratorio.

I parametri “m” ed “s” ed “a” possono essere correlati all'indice “Geological Strength Index” (GSI, Figura 1) secondo le espressioni (Hoek et al., 2002):

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

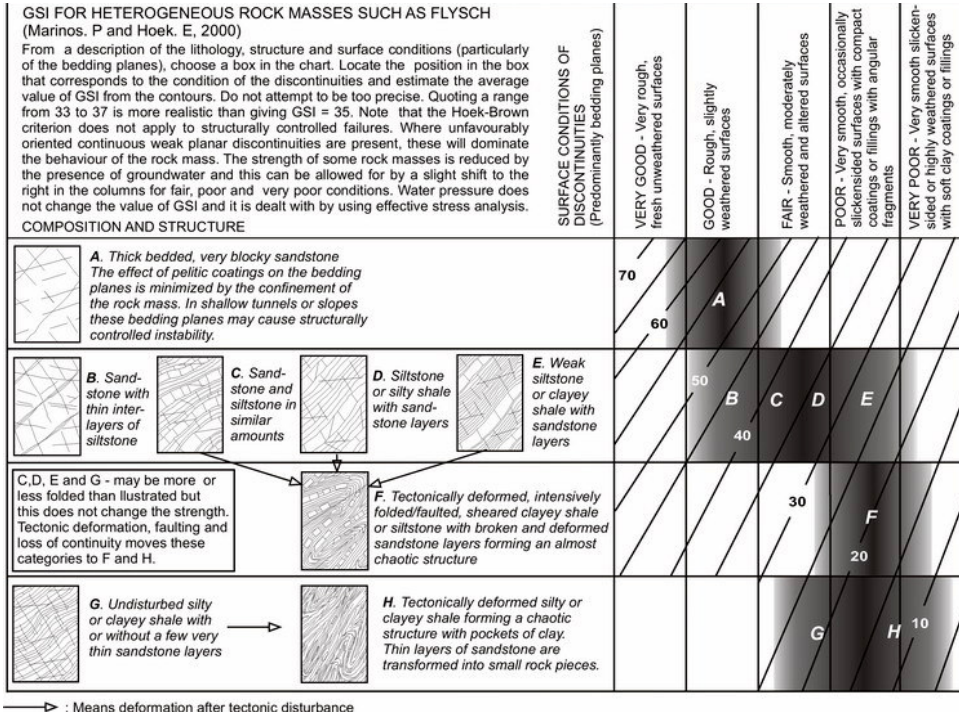
$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

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

Risulta semplice, ponendo rispettivamente nella (1) $\sigma'_3 = 0$ e $\sigma'_1 = \sigma'_3 = \sigma'_t$ ricavare rispettivamente la resistenza a compressione della roccia σ'_c e la resistenza a trazione σ'_t .

Il valore di m_i è stato ricavato da indicazioni di letteratura per rocce simili a quelle ritrovate nel corso delle indagini.

Il coefficiente D che varia tra 0 ed 1, e rappresenta quantitativamente il disturbo arrecato alla roccia dalle operazioni di asportazione da scavo e dallo scarico tensionale che ne consegue. Per rocce indisturbate si può porre $D = 0$, mentre per scavi in roccia con mezzi meccanici e senza uso di esplosivi si può porre $D = 0.5$ (Figura 2).


Figura 1– Tabella per la valutazione del GSI

Appearance of rock mass	Description of rock mass	Suggested value of <i>D</i>
	Excellent quality controlled blasting or excavation by Tunnel Boring Machine results in minimal disturbance to the confined rock mass surrounding a tunnel.	<i>D</i> = 0
	Mechanical or hand excavation in poor quality rock masses (no blasting) results in minimal disturbance to the surrounding rock mass. Where squeezing problems result in significant floor heave, disturbance can be severe unless a temporary invert, as shown in the photograph, is placed.	<i>D</i> = 0 <i>D</i> = 0.5 No invert
	Very poor quality blasting in a hard rock tunnel results in severe local damage, extending 2 or 3 m, in the surrounding rock mass.	<i>D</i> = 0.8

Figura 2 – Tabella per la valutazione del parametro D

I parametri del criterio di rottura di Hoek e Brown possono essere correlati ai valori della coesione e dell'angolo di attrito del criterio di Mohr Coulomb linearizzando (linea blu Figura 3) nel piano delle tensioni principali ($\sigma_1; \sigma_3$) il dominio di rottura di Hoek e Brown (linea rossa sempre Figura 3) in un intervallo:

$$\sigma_t < \sigma_3 < \sigma_3, \max$$

L'angolo d'attrito φ essere in queste ipotesi calcolato come:

$$\varphi = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

e la coesione può essere invece ricavata dall'espressione:

$$c' = \frac{\sigma'_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b \sigma'_{3n}] (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + 6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} / [(1+a)(2+a)]}$$

in cui

$$\sigma'_{3n} = \sigma'_{3\max} / \sigma'_{ci}$$

Hoek e Brown (2002) indicano un criterio razionale per scegliere il valore adeguato di $\sigma_{3, \max}$, che in generale è funzione del tipo di problema esaminato (stabilità di pendii in roccia o studio del comportamento di una galleria) e della profondità dello scavo (o altezza della scarpata).

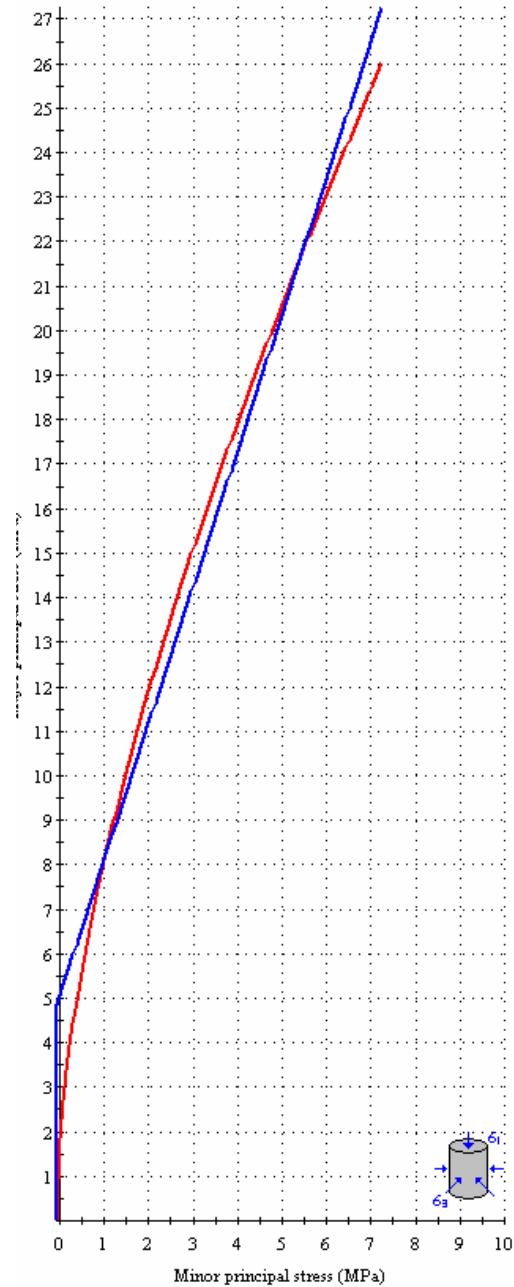


Figura 3 Linearizzazione del dominio di rottura di Hoek e Brown.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

6.4 UNITÀ R - TERRENI DI RIPORTO E COLTRE VEGETALE

Il terreno vegetale limoso sabbioso argilloso con ghiaia, rari clasti sub-angolari, è stato intercettato fino a profondità variabile nei sondaggi da un minimo di 0.25 m ad un massimo di 1.3 m (: 1.3 m - S4, 0.7 m - S5, 1.2 m - S6, 1.0 m - S7, 0.25 m - S8, 0.50 m - S9).

Lungo il tracciato stradale in progetto è presente il terreno di riporto del rilevato stradale esistente; il sondaggio S3tang è stato eseguito sub-orizzontale verso il corpo del rilevato esistente proprio per indagare il materiale costituente il rilevato esistente.

In definitiva lungo il tracciato per l'unità Rv – coltre vegetale, si possono assumere i seguenti intervalli di variabilità dei parametri geotecnici:

- $\gamma = 18\div 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $\varphi' = 30^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $E_0 = 50\div 200 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.

Lungo il tracciato per l'unità Ra – riporto antropico, si possono assumere i seguenti intervalli di variabilità dei parametri geotecnici:


- $\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $\varphi' = 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $E_0 = 175\div 400 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.

Per i rilevati in progetto si possono considerare i seguenti parametri

- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $\varphi' = 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata

6.5 UNITÀ AL - ALLUVIONI

Nel sondaggio S9 è stata riscontrata la presenza di 3 m di spessore di terreni alluvionali in corrispondenza del Lama San Marco, questa unità non ricade nell'ingombro degli interventi oggetto del presente progetto. Dalla descrizione del certificato stratigrafico, si tratta di limi sabbiosi argillosi con inclusi elementi grossolani quali ghiaia e/o ciottoli.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

In corrispondenza di questa unità è disponibile un valore di prova SPT che ha dato 25 colpi /30 cm.

Sul sondaggio S9 è stato prelevato un campione indisturbato su cui sono state fatte prove di laboratorio.

Dalle prove di laboratorio si è trovato:

- peso di volume naturale di 18.4 kN/m³;
- granulometria: argilla con limo debolmente sabbiosa;
- limite liquido 62%, limite plastico 31%, indice plastico 31%, contenuto d'acqua 42%;
- resistenza al taglio non drenata tra 75 e 100 kPa;
- da taglio diretto: angolo di resistenza al taglio di 14° e coesione 26 kPa.

Quindi per la caratterizzazione geotecnica di questa unità, dato l'esiguo numero di informazioni da prove in sito ed in laboratorio, si è fatto anche riferimento alle indicazioni di letteratura scientifica su depositi simili in condizioni analoghe e sulle informazioni geologiche.

Dalle indagini sismiche eseguite sulla linea ferroviaria in corrispondenza dell'unità in esame (prova MASW M13, prove Down-Hole nei fori di sondaggio SB9, S3 ed S14) si individua una velocità delle onde di taglio Vs di 300-400 m/s, da cui si stimano i seguenti moduli di deformazione:

- $G_0 = 170-300$ MPa;
- $E_0 = 400-800$ MPa.

Cautelativamente per i depositi alluvionali si assumeranno i seguenti intervalli di variabilità dei parametri geotecnici:

- $\gamma = 18.5 \div 19.0$ kN/m³ peso di volume naturale
- $\varphi' = 26 \div 32^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0 \div 5$ kPa coesione drenata
- $c_u = 50 \div 140$ kPa resistenza non drenata
- $E_0 = 400 \div 800$ MPa modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.
- $E_{op}' = E_0 / 5$ Modulo di deformazione elastico operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette
- $E_{op}' = E_0 / 10$ Modulo di deformazione elastico operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati
- $E_u = 350 \cdot c_u$ kPa Modulo di deformazione in condizioni non drenate

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

6.6 UNITÀ CBA – CALCARI DI BARI

Il calcare di Bari rappresenta la formazione prevalente in tutta l'area in esame, intercettato immediatamente sotto il terreno di riporto, dalla profondità di 1 m dal p.c., con una prima parte alterata, molto fratturata (RQD = 0%) fino a circa 2.5 m, poi compatto con valori di RQD generalmente tra 30 e 70%.

I sondaggi geognostici della campagna geognostica integrativa del 2014, hanno consentito di meglio delineare le caratteristiche dell'ammasso roccioso calcareo. L'accurata descrizione stratigrafica delle carote di sondaggio, il profilo di RQD, la documentazione fotografica a colori ed anche le prove di laboratorio sulle rocce, hanno confermato la generale presenza di calcare litoide biancastro di aspetto massiccio, talora cariato e/o fratturato e con locali livelli riempiti da materiale residuale rossastro.

Nel Calcare di Bari sono stati prelevati campioni litoidi su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Le prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati nei sondaggi dell'area in esame, mostrano un peso per unità di volume compreso nell'intervallo $25 \div 27.7 \text{ kN/m}^3$.

Sono disponibili numerosi valori della resistenza a compressione eseguiti su provini di roccia intatta che hanno dato valori compresi fra 35 e 120 MPa entro la profondità di 10 m circa dal p.c. e tra 32 e 265 MPa per profondità maggiori di 10 m (vedasi Figura 17).

Il valore medio delle resistenze misurate è

$$\sigma_{c \text{ med}} = 71 \text{ MPa} \quad \text{per profondità} < 10 \text{ m dal p.c.}$$

$$\sigma_{c \text{ med}} = 90 \text{ MPa} \quad \text{per profondità} > 10 \text{ m dal p.c.}$$

il valore che corrisponde al percentile del 10 % è invece

$$\sigma_{c(10\%)} = 37 \text{ MPa} \quad \text{per profondità} < 10 \text{ m dal p.c.}$$

$$\sigma_{c(10\%)} = 38 \text{ MPa} \quad \text{per profondità} > 10 \text{ m dal p.c.}$$

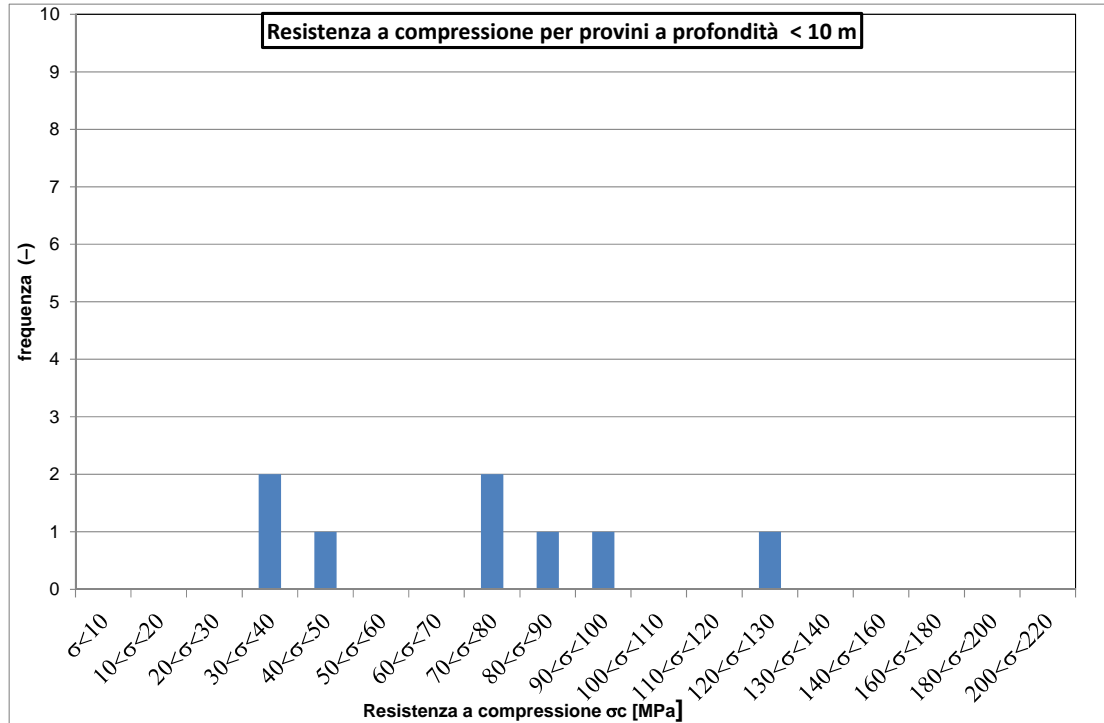


Figura 4. Distribuzione statistica delle resistenze a compressione dei Calcari di Bari (campioni con $z < 10$ m)

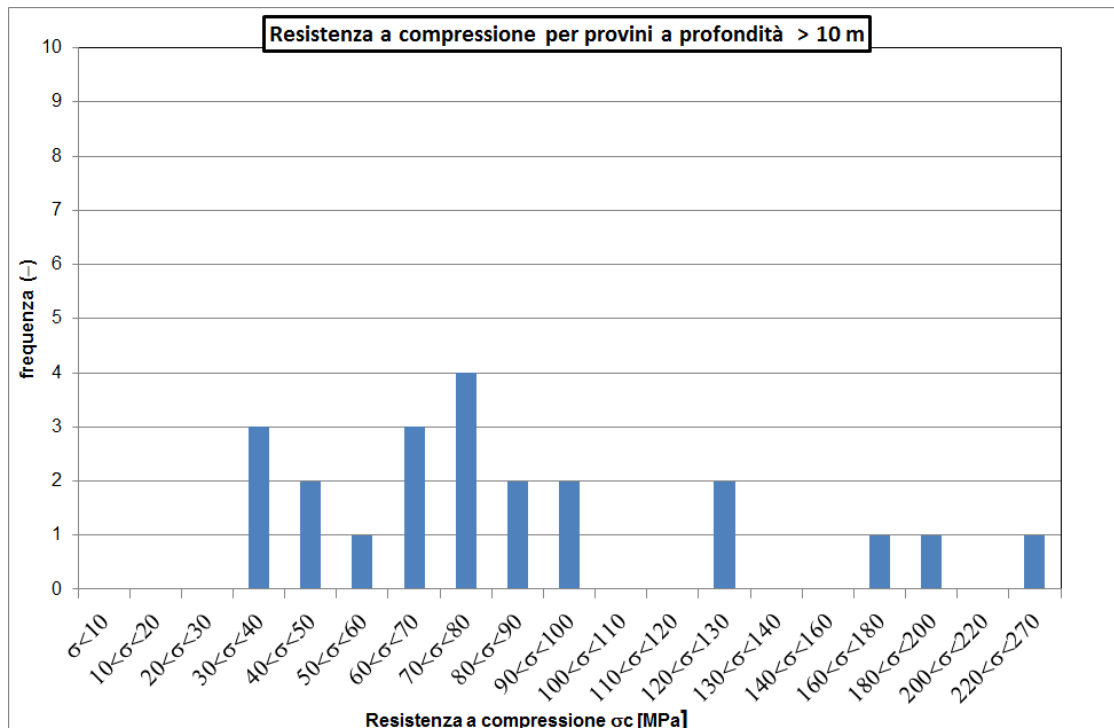


Figura 5. Distribuzione statistica delle resistenze a compressione dei Calcari di Bari (campioni con $z > 10$ m)

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

Nel paragrafo 6.3.3 sono riportate le metodologie per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso.

I valori di GSI sono stati dedotti in base alle indicazioni fornite dai risultati delle indagini (RQD, descrizione geomeccanica) nell'ambito delle campagne di indagine.

Per la viabilità in progetto, la caratterizzazione meccanica del Calcarea di Bari è stata svolta con riferimento a:

GSI = 35÷40 Geological Strength Index

$\sigma_c = 37$ MPa resistenza a compressione uniassiale

D = 0÷0.5 Coefficiente di disturbo

A cui corrispondono i seguenti parametri di resistenza di Mohr Coulomb .

$\varphi' = 45\div49^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 80\div124$ kPa coesione drenata

Caratteristiche di deformabilità


Le caratteristiche di deformazione sono stimate dai risultati delle indagini sismiche in foro Down-Hole. Nel Calcarea di Bari si osservano velocità delle onde di taglio (Vs) comprese fra 500 m/s e 1200 m/s. Dalle indagini di laboratorio sono state stimate velocità Vs tra 1800 m/s e 2900 m/s in corrispondenza dei campioni litoidi prelevati.

- $G_0 = 500 \div 2800$ MPa;
- $E_0 = 1000 \div 7200$ MPa.

In generale i materiali lapidei non esibiscono un decadimento del modulo elastico all'aumentare della deformazione, come invece avviene per i materiali sciolti. Pertanto si può stimare che il modulo elastico operativo E' sia pari al modulo a piccole deformazioni, $E' = E_0$.

Per l'unità CBA – calcarea integro, si possono assumere i seguenti intervalli di variabilità dei parametri geotecnici:

- $\gamma = 25\div26$ kN/m³ peso di volume naturale
- $\varphi' = 45\div49^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 80\div120$ kPa coesione drenata
- $E_0 = 1000\div7200$ MPa modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

- $E' = E_0$ modulo di Young elastico (operativo)

Per l'unità CBA,alt – calcare sfatto, intensamente fratturato (RQD = 0), si ha:

- $\gamma = 20\div 21 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $\varphi' = 35\div 40^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0\div 5 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $E' = 40\div 100 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico (operativo).

6.6.1 Unità Tr – materiali residuali

I materiali residuali presenti nelle fratture e nelle sacche generate dai fenomeni carsici all'interno della formazione dei Calcari di Bari sono materiali a granulometria variabile: si tratta di limi sabbiosi, limi argilloso sabbiosi con frequenti inclusioni di ghiaie e/o ciottoli calcarei. La dimensione delle sacche è molto variabile e la distribuzione è del tutto casuale; nei sondaggi dell'area in esame lo spessore dei livelli di materiali residuali va da 0.5 a 1.5 m circa e generalmente si trovano a profondità maggiori di 10 m da p.c.. Quindi nel seguito, per completezza di informazione, vengono riportati i risultati delle indagini in sito e delle prove di laboratorio; comunque nell'area in particolare governa il comportamento d'ammasso roccioso del Cacare di Bari che in corrispondenza di questi livelli più fratturati, alterati, con queste sacche limose argillose, avrà caratteristiche meccaniche più mediocri rispetto alla parte integra, compatta. Questo comportamento d'ammasso è anche confermato dalla prova sismica Down-Hole H1, eseguita nel sondaggio S1tang, che mostra un andamento variabile con la profondità tra 330 e 1200 m/s con un decremento a 600 m/s in corrispondenza di un livello di calcare intensamente fratturato con livelli di materiale residuale. Il valore di velocità di 600 m/s indica comunque che si tratta di un deposito molto consistente.

In corrispondenza di questa unità sono stati prelevati campioni su cui sono state fatte analisi di laboratorio.

Le analisi granulometriche eseguite su campioni hanno mostrato una estrema variabilità nella composizione:

- una percentuale di ghiaia variabile mediamente da 2 a 38%;
- una percentuale di sabbia variabile mediamente da 3 a 20%;
- una percentuale di limo variabile mediamente da 15 a 34%;
- una percentuale di argilla variabile mediamente da 20 a 76%.

Il contenuto d'acqua è tra 30 e 35%. Il limite liquido è compreso fra 31 e 63%, il limite plastico fra 16 e 33%, l'indice di plasticità fra 15 e 30%. Nella carta di Plasticità di Casagrande, il materiale ricade nella zona dei limi-argille inorganici a medio-alta plasticità (vedasi Figura 14).

Il peso per unità di volume generalmente varia tra 18 e 19 kN/m^3 .

In laboratorio sono state eseguite prove di taglio diretto e triassiali per la determinazione delle

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

caratteristiche di resistenza al taglio, da cui si è avuta una coesione drenata tra 5 e 13 kPa ed angolo di resistenza al taglio tra 24 e 25.5°.

Dalle misure di Pocket Penetrometer e Vane Test eseguite sui campioni di laboratorio, si stima una resistenza al taglio in condizioni non drenate compresa tra 50 e 150 kPa.

In corrispondenza di questi livelli di materiale limoso sabbioso sono state eseguite anche prove SPT, che hanno dato N_{SPT} tra 17 e 34 colpi/30 cm.

Dall'interpretazione delle prove SPT si individuano valori dell'angolo di resistenza al taglio tra 29 e 32° (vedasi Figura 8).

Valori in linea con quelli che si stimano utilizzando correlazioni empiriche note da letteratura tra indice plastico ed angolo di resistenza al taglio (Jamiolkowski, 1979), da cui si trovano valori di resistenza al taglio compresi nell'intervallo: $\phi' = 28 \div 31^\circ$.

Quindi per l'unità in esame possono considerarsi i seguenti parametri di progetto:

- $\gamma = 18 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $\phi' = 24 \div 32^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 5 \div 20 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $E_0 = 300 \div 500 \text{ MPa}$ modulo Young a piccole deformazioni.
- $E_{op}' = E_0 / 5$ Modulo di deformazione elastico operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette
- $E_{op}' = E_0 / 10$ Modulo di deformazione elastico operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati

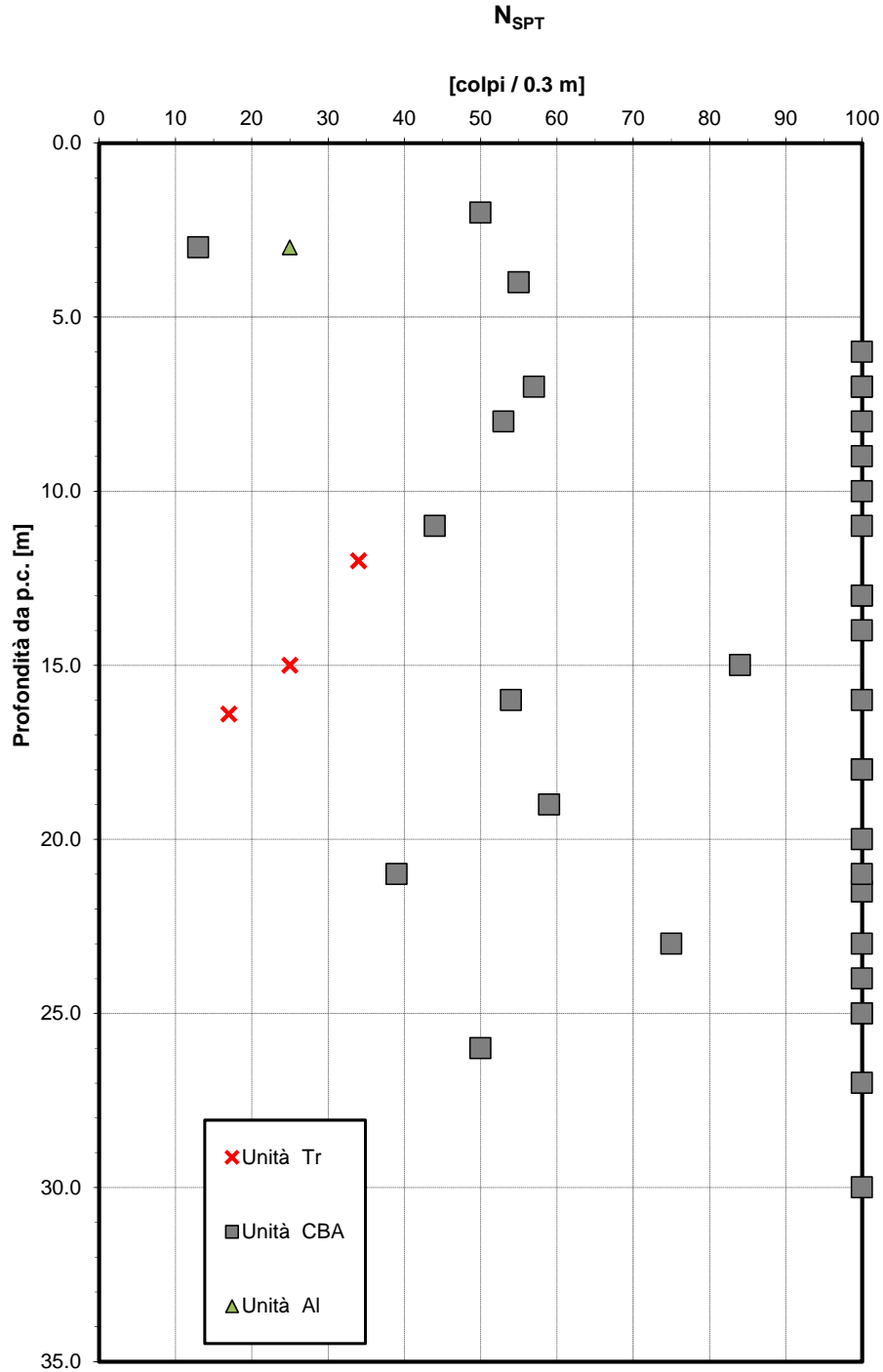


Figura 6. Numero di colpi da prove SPT

Densità relativa da prove SPT

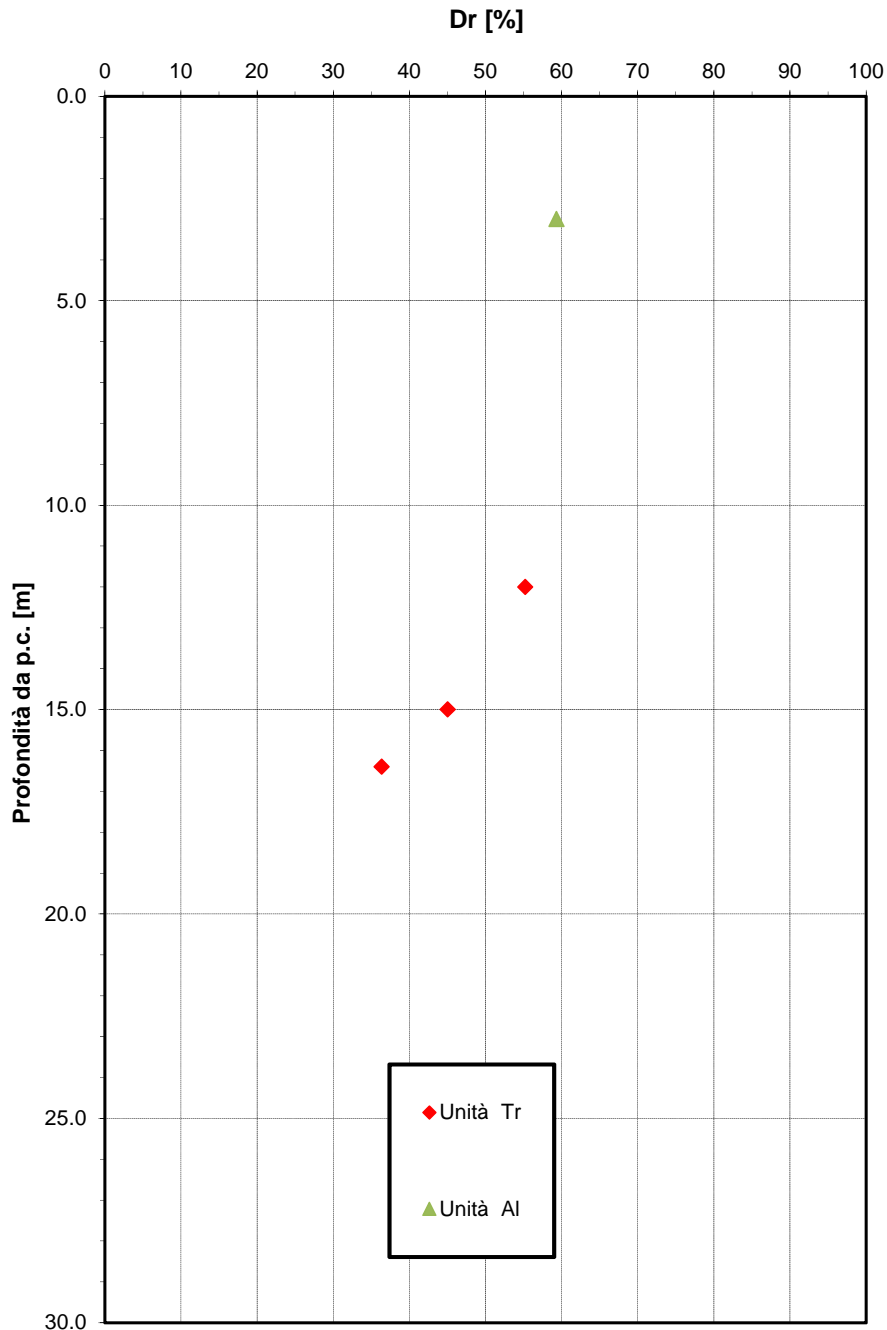
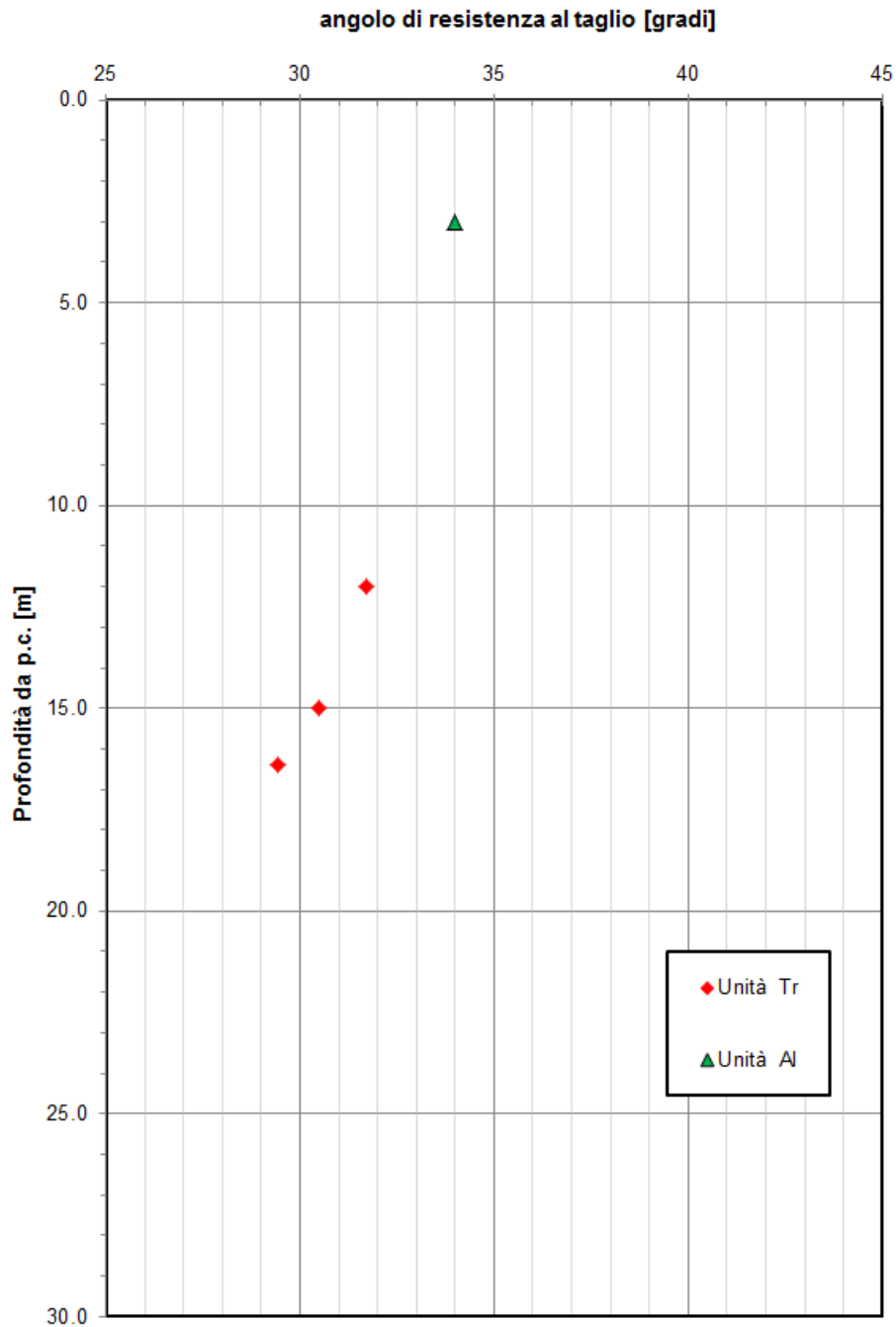


Figura 7. Densità relativa da prove SPT

Angolo di resistenza al taglio da prove SPT**Figura 8. Angolo di resistenza al taglio da prove SPT**

Velocità delle onde di taglio da prove DH

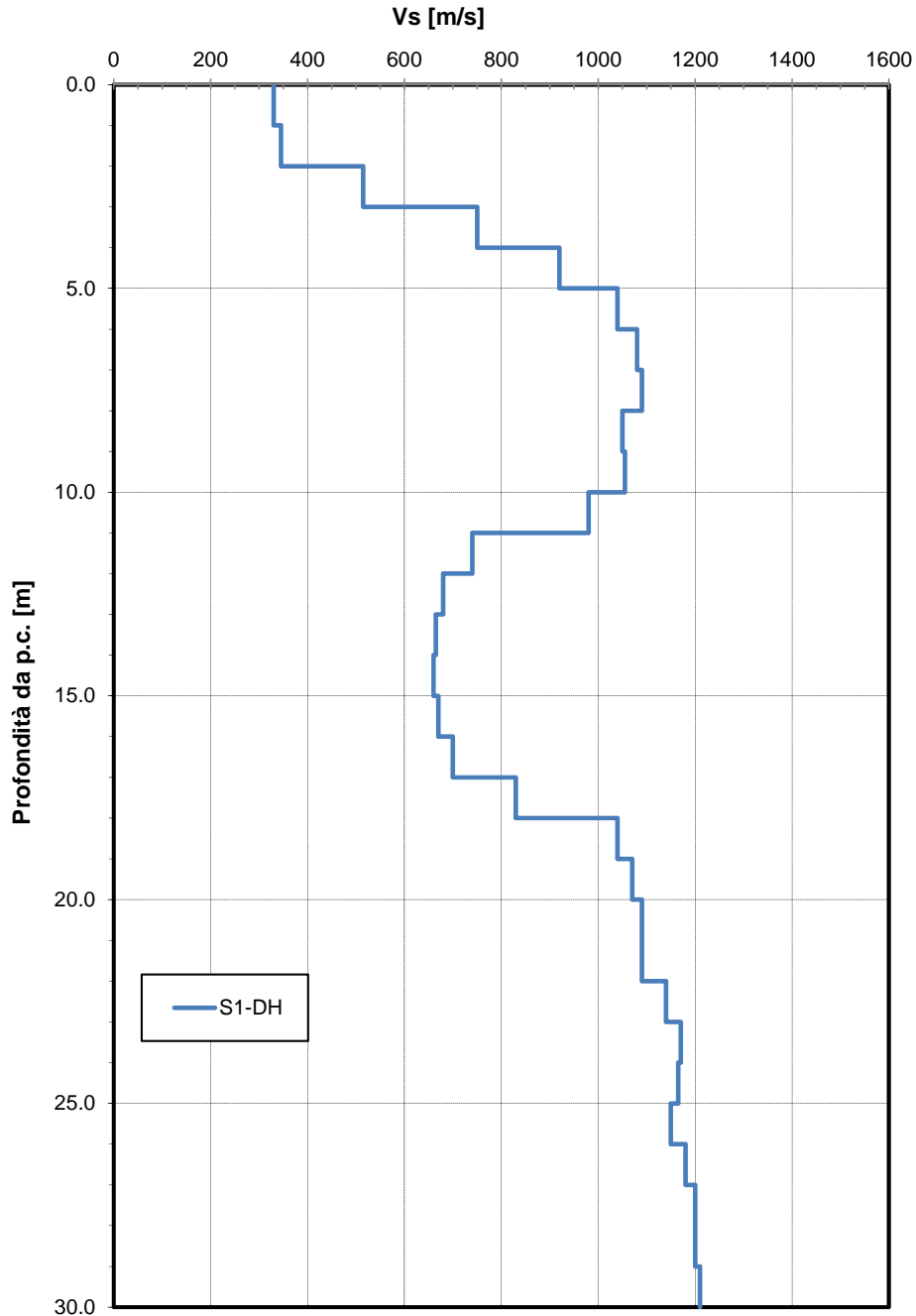
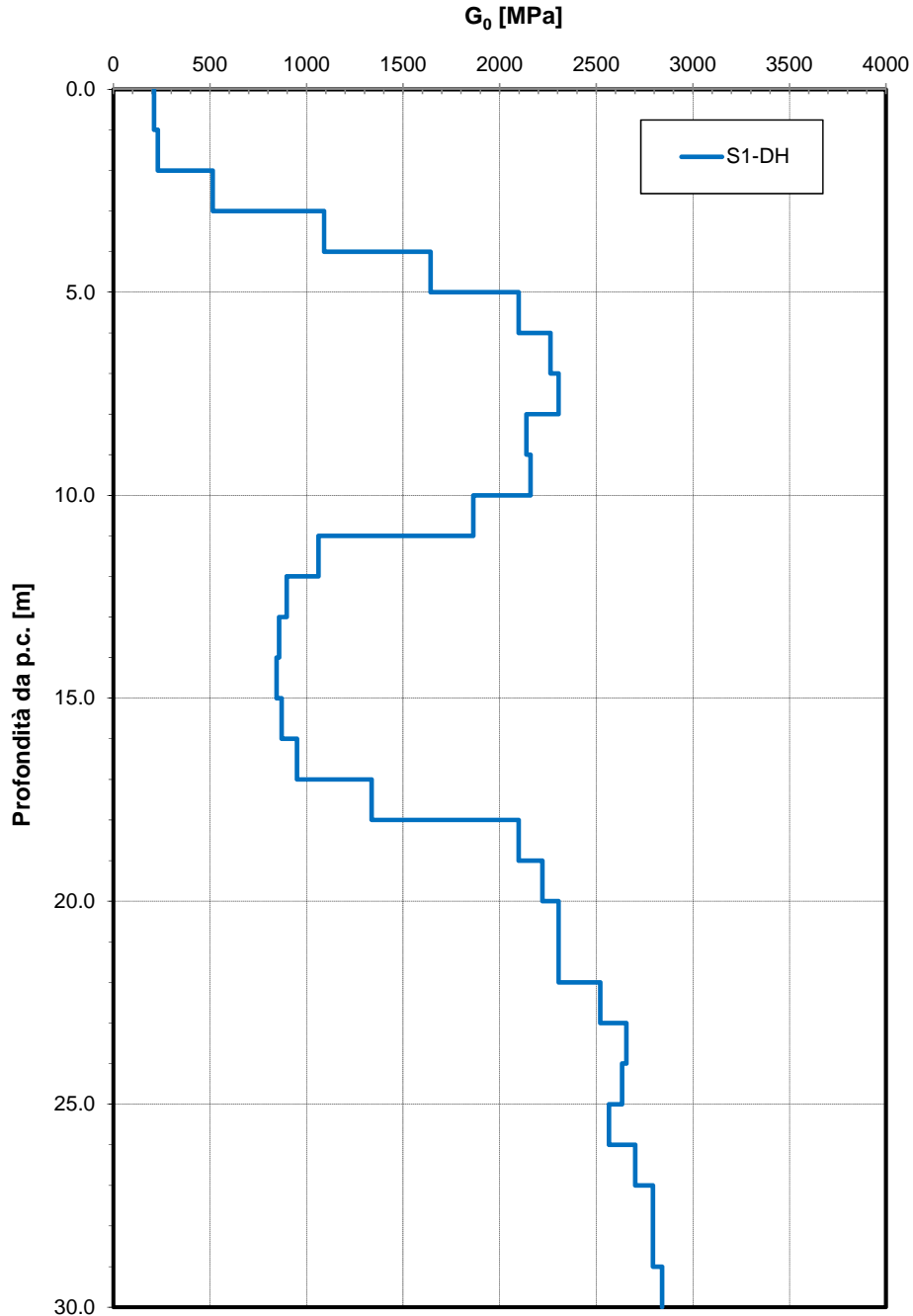
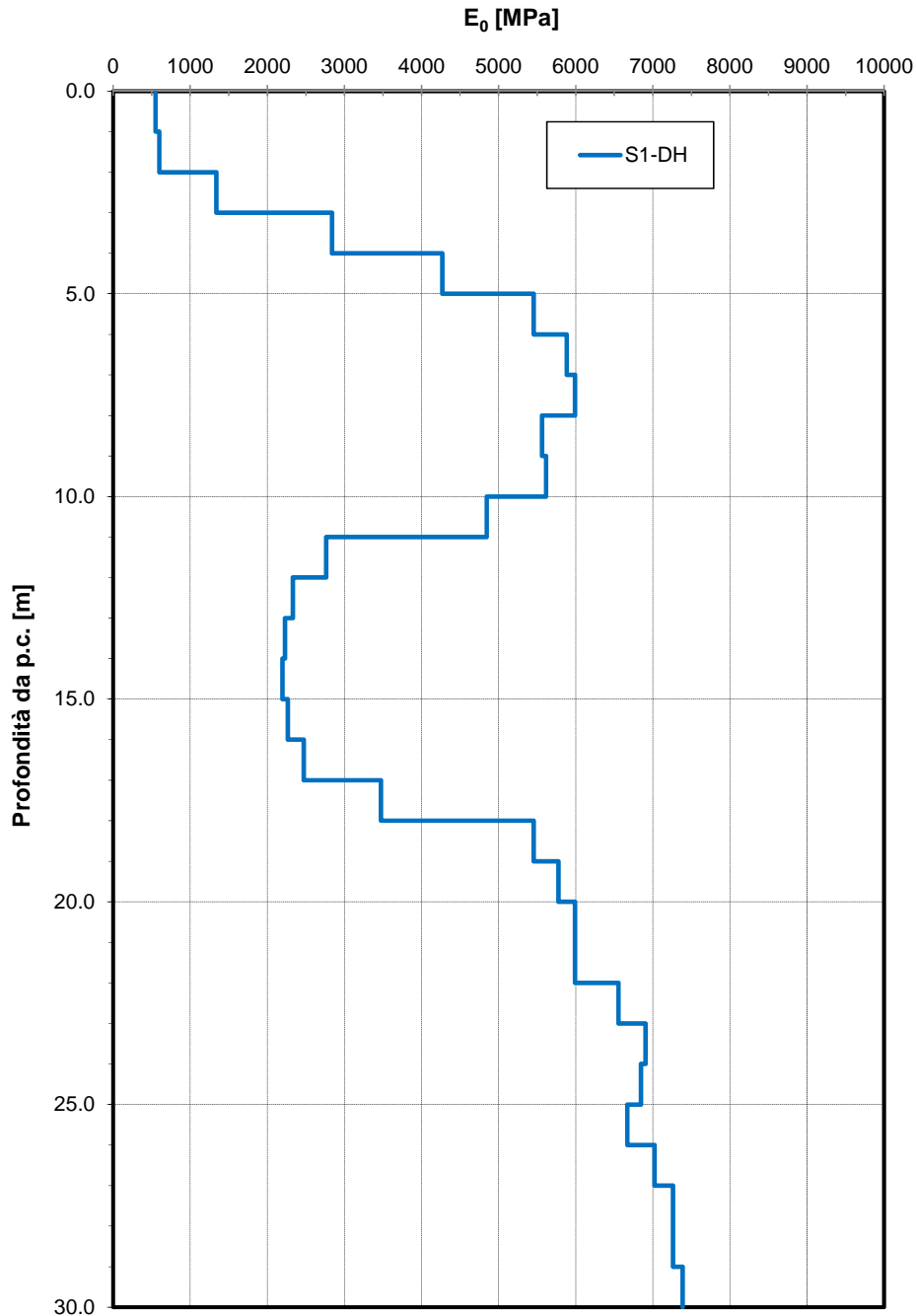
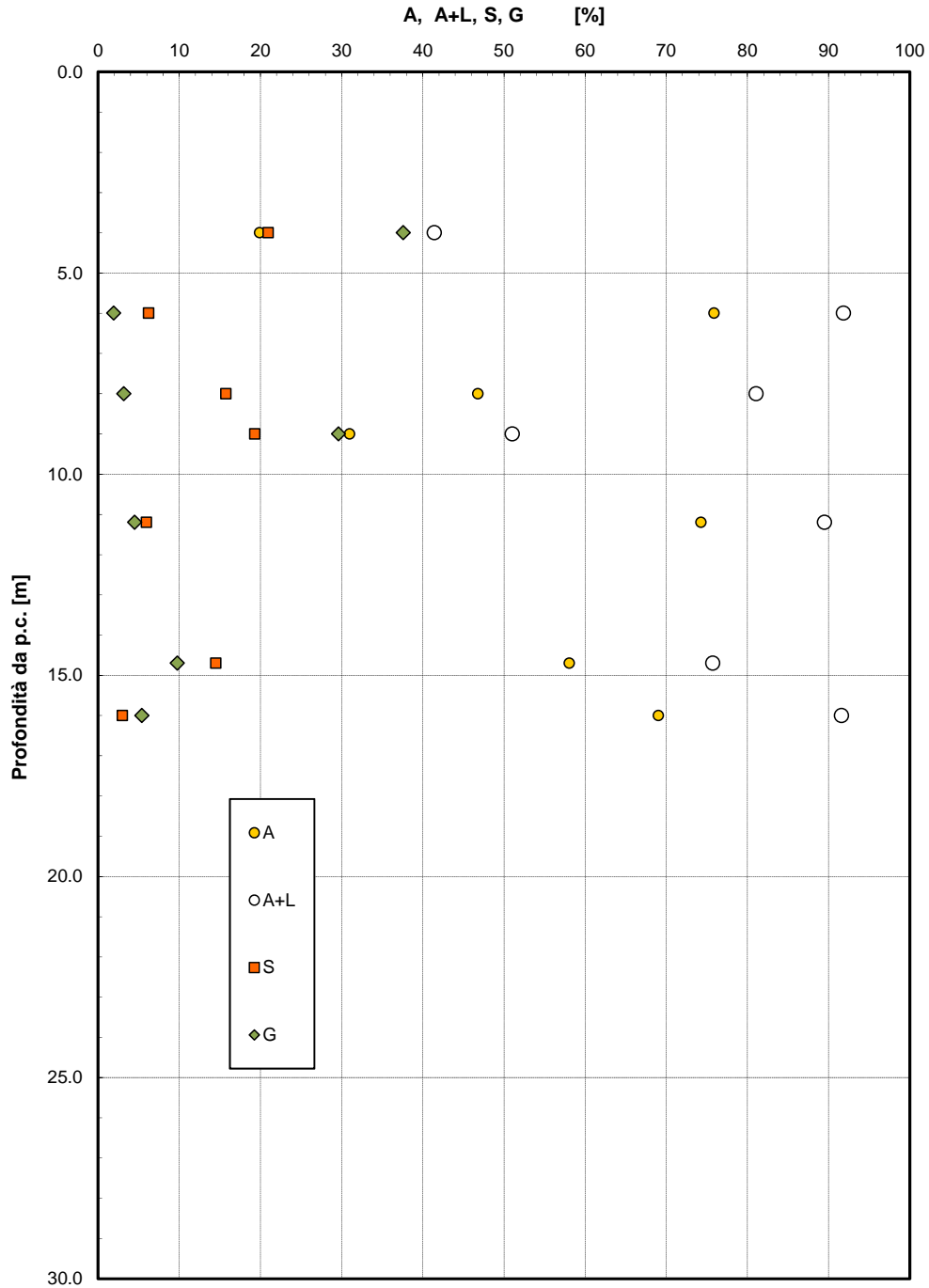
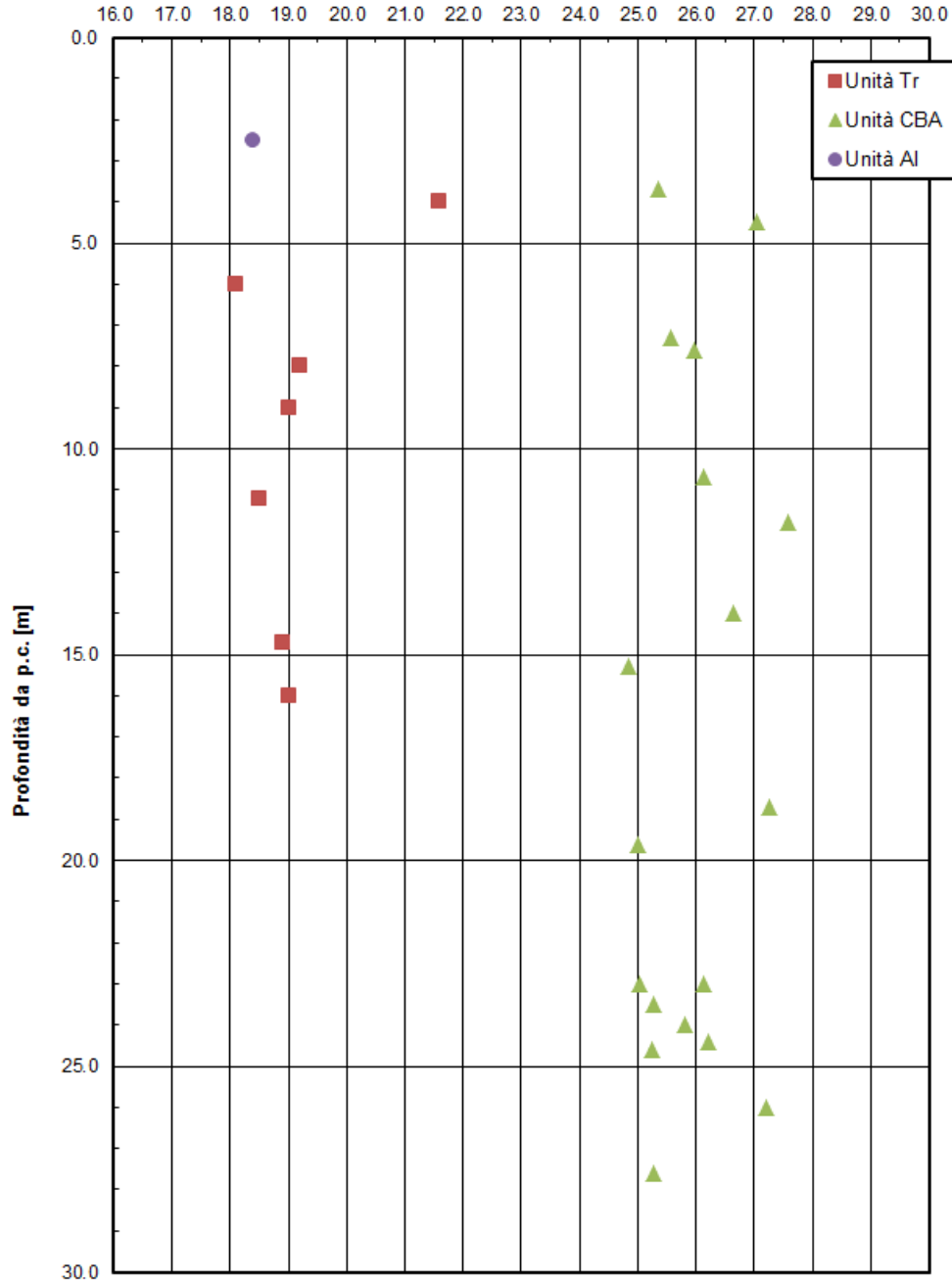


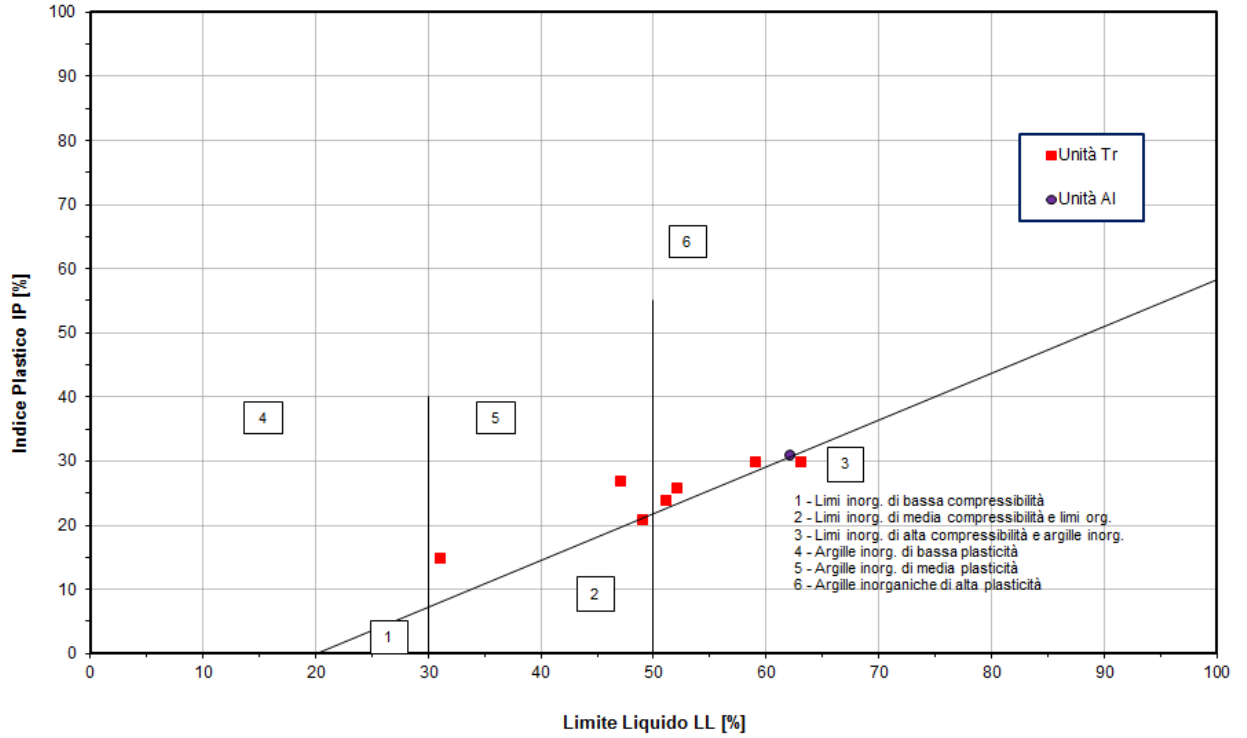
Figura 9. Velocità delle onde di taglio da prove Down-Hole

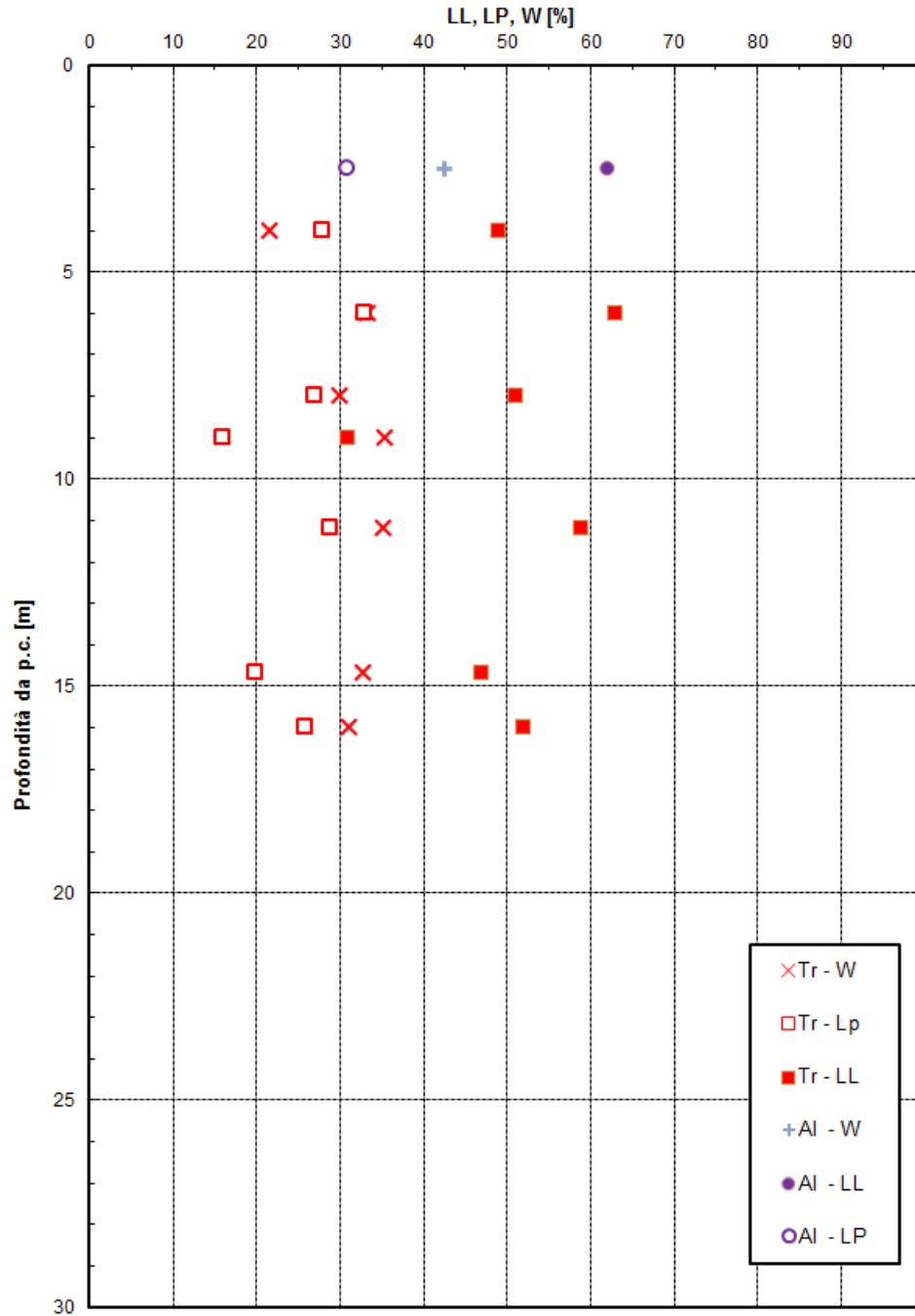
Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove DH

Figura 10 Modulo di deformazione a taglio a piccole deformazioni da prove Down-Hole

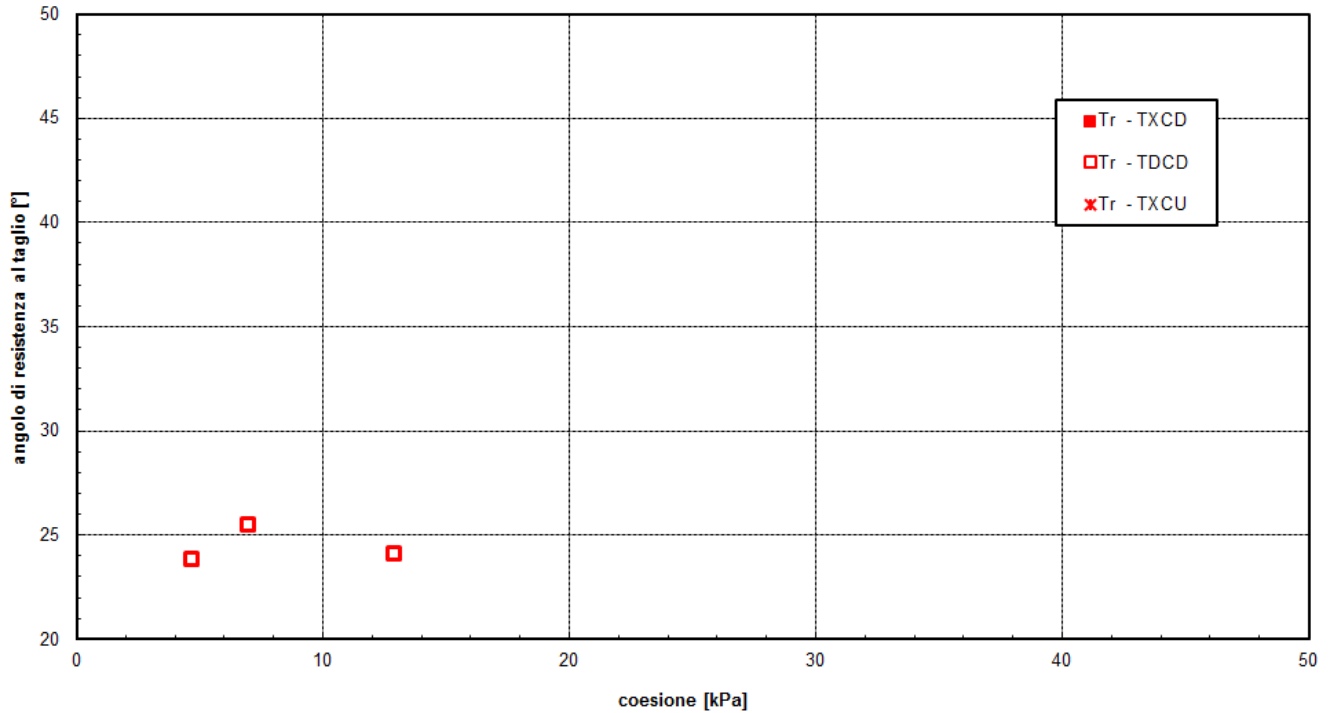
Modulo di deformazione elastico iniziale da prove DH

Figura 11 Modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni da prove Down-Hole

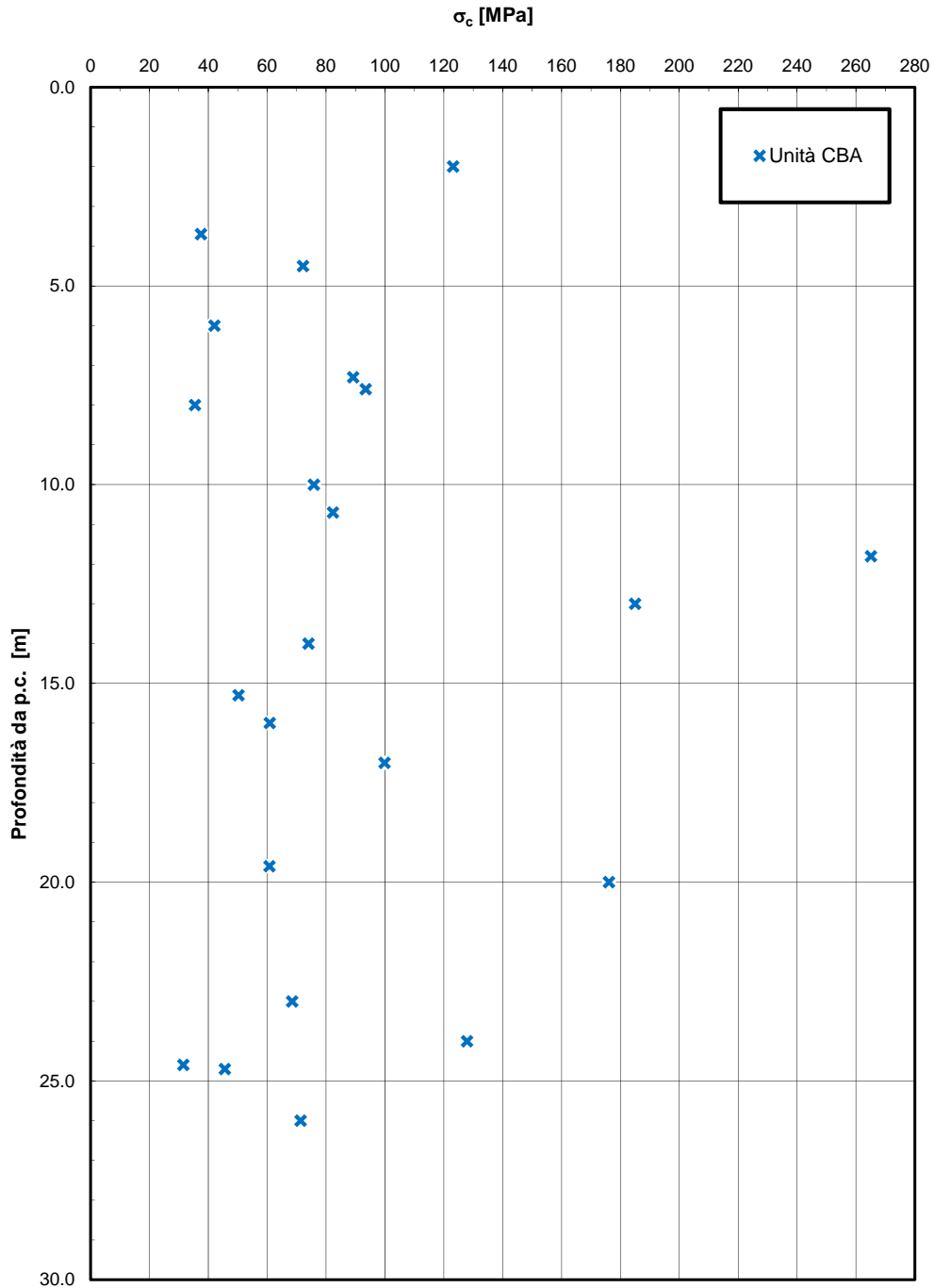
Granulometria unità Tr

Figura 12. Granulometria unità Tr (terreno residuale)

Peso di volume
 γ [kN/m³]

Figura 13. Peso di volume

Carta di Plasticità di Casagrande

Figura 14. Carta di plasticità di Casagrande

Limiti di Atterberg

Figura 15. Limiti di Atterberg e contenuto naturale d'acqua

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio**Figura 16. Coesione drenata ed angolo di resistenza al taglio da prove di laboratorio**

Resistenza a compressione monoassiale

Figura 17. Resistenza a compressione monoassiale

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

6.7 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Nel seguito vengono sintetizzate le caratteristiche geotecniche/geomeccaniche dei terreni e delle rocce.

Unità Rv – coltre vegetale:

$\gamma = 18\div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 30^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_0 = 50\div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.

Unità Ra – riporto antropico

$\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_0 = 175\div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.

Unità A1 – alluvioni

$\gamma = 18.5\div 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 26\div 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0\div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 50\div 140 \text{ kPa}$	resistenza non drenata
$E_0 = 400\div 800 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.
$E_{op}' = E_0 / 5$	Modulo di deformazione elastico operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette
$E_{op}' = E_0 / 10$	Modulo di deformazione elastico operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati

Unità CBA – Calcare di Bari

$\gamma = 25\div 26 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
-------------------------------------	-------------------------

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

$GSI = 35 \div 40$	Geological Strenght Index
$\sigma_c = 37 \text{ MPa}$	resistenza a compressione uniassiale
$D = 0 \div 0.5$	Coefficiente di disturbo
$\varphi' = 45 \div 49^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 80 \div 124 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_0 = 1000 \div 7200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.
$E' = E_0$	modulo di Young elastico (operativo)


Unità CBA,alt – calcare sfatto, intensamente fratturato (RQD = 0)

$\gamma = 20 \div 21 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35 \div 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E' = 40 \div 100 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico Young (operativo).

Unità Tr – materiali residuali

$\gamma = 18 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24 \div 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_0 = 300 \div 500 \text{ MPa}$	modulo Young a piccole deformazioni.

I valori delle proprietà geotecniche ottenuti e discussi nei paragrafi precedenti, sono da intendersi come range di valori guida per la progettazione; resta inteso che nelle analisi geotecniche di dettaglio delle opere, essi andranno calibrati con le situazioni specifiche locali oltre che rapportati alla tipologia dell'opera ed alle ipotesi di calcolo assunte.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

6.8 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO ALLA WINKLER PER ANALISI STRUTTURALI

Per le analisi d'interazione struttura-terreno in direzione verticale, il coefficiente di sottofondo alla Winkler può essere determinato con la seguente relazione:

$$k_w = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

dove:

E = modulo di deformazione elastico del terreno;

ν = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

c_t = fattore di forma, coefficiente adimensionale ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (vedasi tabella seguente).

Tabella 9. Fattore di forma per la stima del coefficiente di Winkler

Fondazione Rigida	c_t
- rettangolare con $L/B \leq 10$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$
- rettangolare con $L/B > 10$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$
dove L è il lato maggiore della fondazione.	

La maggior parte delle fondazioni delle opere d'arte maggiori ha fondazione diretta impostata sui calcari di Bari. Sulla base della geometria della fondazione e delle condizioni geomeccaniche locali, verrà valutato il modulo di deformazione elastico per il calcolo dei coefficienti di sottofondo.

In particolare il modulo di deformazione elastico potrà essere determinato dal modulo di deformazione elastico iniziale (E_0) come $E' = E_0 / 5$, dove E_0 è valutato nell'ambito dello spessore compressibile della fondazione esaminata (H_c).

Lo spessore della zona compressibile (H_c) dipende principalmente dalle dimensioni e dalla forma della fondazione, dal reale profilo del modulo di Young con la profondità e dal livello di mobilitazione di resistenza al taglio indotto dall'applicazione dei carichi. In questa sede, nel calcolo dei cedimenti, verrà ipotizzato dal lato della sicurezza quanto segue:

- Fondazioni quadrate o circolari $\Rightarrow H_c = 2.0 \cdot B$
- Fondazioni nastriformi ($L/B > 10$) $\Rightarrow H_c = 3.5 \cdot B$
- Fondazioni rettangolari ($L/B < 10$) $\Rightarrow H_c$ variabile linearmente tra $2.0 \cdot B$ e $3.5 \cdot B$.

Si consiglia comunque di far variare il coefficiente di sottofondo alla Winkler (k_w), così determinato, entro un range significativo di valori, al fine di involuppare le condizioni strutturali peggiori.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

7. RILEVATI

Il tracciato in progetto si sviluppa prevalentemente in rilevato; in particolare, la variante altimetrica prevede un innalzamento della livelletta fino ad una altezza massima di rilevato di 7.5 m circa. Per la realizzazione del tracciato definitivo della tangenziale è prevista una deviazione provvisoria che si sviluppa comunque in rilevato con altezze massime fino a 7 m circa. La pendenza delle scarpate dei rilevati è 2 (verticale) / 3 (orizzontale) con berma intermedia di larghezza 2 m per altezze di rilevato maggiori di 6 m.

Per il tratto in variante altimetrica il terreno di fondazione dei rilevati è quindi costituito da uno spessore di 1-2 m circa di rilevato esistente e poi calcare molto alterato per uno spessore medio di 2.5 m circa (unità CBA,alt) che poggia su calcare compatto (unità CBA). Per il tracciato della deviazione provvisoria il terreno di fondazione dei rilevati è costituito da uno spessore massimo di calcare molto alterato di 2.5 m circa (unità CBA,alt) che poggia su calcare compatto (unità CBA). Quindi in generale, il terreno di fondazione dei rilevati in esame, presenta sempre buone caratteristiche meccaniche e bassa deformabilità, pertanto non si prevedono problematiche relative allo sviluppo dei cedimenti che saranno sempre bassi (entro il centimetro) e si svilupperanno entro i tempi di costruzione dei rilevati.

7.1 ANALISI DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI


Nel seguito verranno riportate le analisi svolte per il calcolo dei cedimenti dei rilevati di massima altezza per le sezioni ritenute più significative sia in relazione alla successione stratigrafica che alla geometria dei rilevati.

L'analisi dei cedimenti dei rilevati è stata svolta in accordo alle metodologie di calcolo espresse in Appendice A, con il programma di calcolo CED (G. Guiducci) considerando l'ipotesi di rilevato illimitato. Nella valutazione dei cedimenti e quindi nella determinazione dello spessore compressibile, si sono considerati i contributi degli strati in corrispondenza dei quali l'incremento della tensione verticale risulta maggiore o uguale a 0.1 volte la tensione geostatica efficace.

Sono state analizzate le seguenti sezioni:

- Sezione n. 33 – km 0+640: rappresentativa per il tratto in variante altimetrica con massima larghezza sommitale; si tratta di un rilevato tra muri in c.a. con larghezza sommitale 41 m ed altezza 7 m;
- Sezione n. 38 – km 0+740: rappresentativa per il tratto in variante altimetrica con massima altezza; si tratta di un rilevato tra muri in c.a. con larghezza sommitale 31 m ed altezza 8 m;
- Sezione n. 44 km 0+640: rappresentativa del tracciato della deviazione provvisoria; si tratta di un rilevato con altezza 4 m circa e larghezza sommitale 33 m e scarpate a pendenza 2 (verticale) / 3 (orizzontale).

Nelle seguenti figure è mostrata la geometria della sezione di calcolo presa a riferimento.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

SEZIONE N. : 44 deviaz. provv.
 DIST.PROG. : 0+640.000

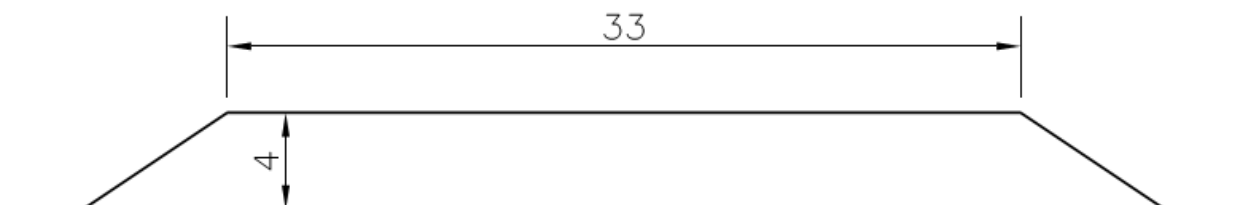


Figura 20. Schema di calcolo sezione n. 44 della deviazione provvisoria km 0+640

La stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto delle formazioni sono state dedotte sulla base delle indagini più vicine. In particolare le caratteristiche di deformabilità sono state stimate dall'interpretazione delle prove sismiche (Down-Hole). Il modulo elastico di deformazione (E') dei terreni, utilizzato per l'analisi dei cedimenti dei rilevati, è stato ricavato dal modulo elastico iniziale (E_0): $E' = E_0/10$.

Nella seguente tabella sono sintetizzate le stratigrafie di calcolo ed i valori del modulo di deformazione adottati.


Tabella 10 - Stratigrafia e parametri

Profondità [m] da p.c.	E' [MPa]	Unità	Sezione di calcolo
0.0÷2.0	40	Ra	Sez. 33
2.0÷4.5	40	CBA,alt	
4.5÷40.0	400	CBA	
> 40.0	1000	CBA	
0.0÷2.0	40	Ra	Sez. 38
2.0÷4.5	40	CBA,alt	
4.5÷40.0	400	CBA	
> 40.0	1000	CBA	
0.0÷2.5	40	CBA,alt	Sez. 44
2.5÷40.0	400	CBA	
>40.0	1000	CBA	

Nella seguente tabella si riassumono i risultati dei calcoli eseguiti, in Appendice A sono riportati i tabulati di calcolo completi.

Tabella 11 - Cedimenti dei rilevati

	Sezione n. (-)	Pk (km)	Altezza rilevato [m]	Larghezza sommittale [m]	Cedimento totale in asse [mm]
Tangenziale tratto in variante altimetrica	33	0+640	7	41	19.8
	38	0+740	8	31	19.0
Devizione provvisoria tangenziale	44	0+640	4	33	6.5

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

I cedimenti totali massimi stimati sono inferiori ai 2 cm. Inoltre data la natura dei terreni di fondazione (incoerenti nella parte superficiale e substrato roccioso oltre i 2.5-4.5 m dal p.c.), si può prevedere che gran parte dei cedimenti totali si genereranno durante il decorso delle fasi costruttive. I cedimenti stimati risultano quindi compatibili con la funzionalità in esercizio delle opere.

7.2 ANALISI DI STABILITÀ DELLE SCARPATE

Nel presente paragrafo si riportano i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate dei rilevati. In particolare l'analisi è stata svolta per la sezione con rilevato di massima altezza 7.5 m con berma intermedia di larghezza 2 m e pendenza scarpate 2 (verticlae) / 3 (orizzontale).

Le verifiche sono state svolte sia in condizioni statiche che sismiche con le metodologie indicate di seguito e con i parametri geotecnici precedentemente indicati. Per le analisi di stabilità è stato considerato un carico accidentale stradale di 20 kPa; a tali carichi sono stati poi applicati i coefficienti parziali come previsto da normativa vigente.

7.2.1 Metodologie di calcolo

Le verifiche di stabilità sono state svolte sia in condizioni statiche che sismiche.


L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato un codice di calcolo denominato PCSTASBL5M, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo Random che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento irregolari, per gli scavi in formazioni a natura prevalentemente litoide e metodo di Bishop che prevede superfici di scorrimento circolari nei terreni.

Nelle analisi sono state ovviamente tralasciate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{\text{disp}}}{\int_S \tau_{\text{mob}}}$$

In accordo alla normativa vigente per rilevati in materiali sciolti e fronti di scavo, le analisi di stabilità vengono condotte secondo la combinazione (A2+M2+R2).

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26 RB	DOCUMENTO GE0000 101	REV. A

Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$\gamma_{\varphi} = 1.25$ coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio

$\gamma_{c'} = 1.25$ coefficiente parziale per la coesione drenata

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$\tan(\varphi'_k) = \tan(\varphi'_k) / \gamma_{\varphi}$ angolo di resistenza al taglio

$c'_k = c'_k / \gamma_{c'}$ coesione drenata

I carichi accidentali vengono amplificati con il coefficiente parziale $\gamma_M = 1.3$ in condizioni statiche; in condizioni sismiche $\gamma_M = 1.0$ e si considera un coefficiente di combinazione di carico (Ψ) pari a 0.6.

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R).

Pertanto il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare $FS \geq 1.1$.

In accordo alla normativa vigente l'analisi sismica allo stato limite ultimo (SLU sismico) viene condotta considerando i parametri del terreno abbattuti con i coefficienti parziali precedentemente riportati ed il coefficiente di sicurezza dovrà risultare ≥ 1.1 .

7.2.2 Azioni sismiche per analisi di stabilità

In generale, il metodo pseudo-statico modella l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali f_h e verticali f_v per unità di volume, d'intensità pari al prodotto fra il peso specifico del corpo γ sottoposto all'azione dinamica ed un coefficiente sismico:

$f_h = \gamma \cdot k_h$ forza orizzontale per unità di volume

$f_v = \gamma \cdot k_v$ forza verticale per unità di volume

dove:

γ = peso specifico del volume considerato.

In accordo alla normativa vigente per le analisi in esame, la componente orizzontale (a_h) dell'accelerazione può essere legata all'accelerazione massima attraverso la seguente relazione:

$k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g = 0.019$

$k_v = \pm k_h / 2 = \pm 0.010$

dove:

k_h = coefficiente sismico in direzione orizzontale;

k_v = coefficiente sismico in direzione verticale;

$\beta_s = 0.20$, coefficiente di riduzione che dipende dall'accelerazione massima e dalla categoria di suolo.

7.2.3 RISULTATI

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità (per l'analisi sismica è riportata la verifica con $\pm k_v$ che ha fornito il valore minimo del coefficiente di sicurezza). I tabulati di calcolo completi sono riportati in Appendice B. I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto previsto da normativa; quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

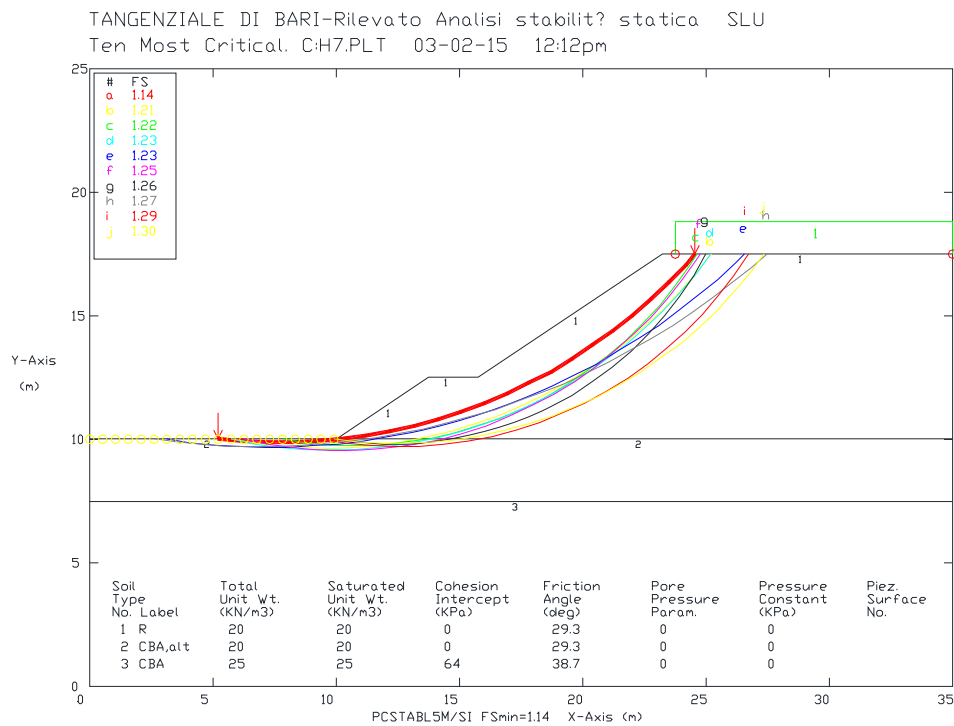
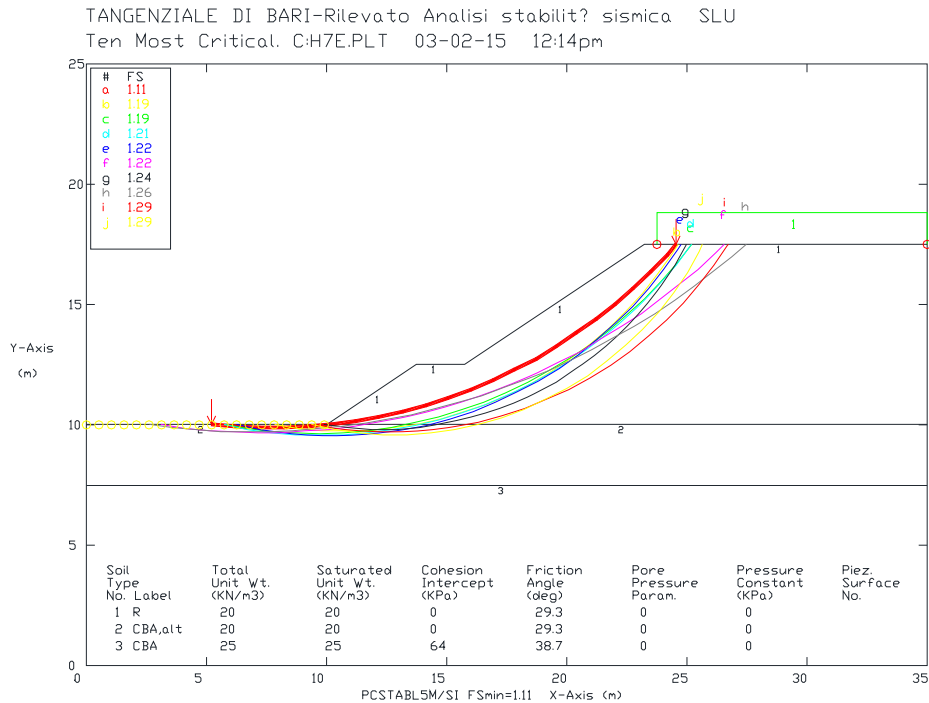


Figura 21. Analisi statica SLU


Figura 22. Analisi sismica SLU

7.3 PIANI DI POSA

Il tracciato in progetto della tangenziale di Bari si sviluppa sostanzialmente in corrispondenza del rilevato esistente, che subirà una variante altimetrica, un innalzamento della livelletta nel tratto centrale che avverrà comunque tra muri di sostegno in c.a. e quindi per questo, non si prevedono problematiche relative al piano di posa. Per la realizzazione della variante altimetrica, è prevista una deviazione stradale che avverrà su rilevati realizzati ex-novo poco più a sud rispetto al tracciato definitivo. Quindi le indicazioni sul piano di posa saranno indirizzate prelavemente a questa variante provvisoria del tracciato.

Il terreno vegetale limoso sabbioso argilloso con ghiaia, rari clasti sub-angolari, è stato intercettato fino a profondità variabile nei sondaggi da un minimo di 0.25 m ad un massimo di 1.3 m (: 1.3 m S4, 0.7 m S5, 1.2 m S6, 1.0 m S7, 0.25 m S8, 0.50 m S9). Quindi per la realizzazione del piano di posa dei rilevati si prevede:

- Spessore di scotico pari a 0.50 m + eventuale bonifica con spessore massimo di 0.50 m.

Qualora raggiunto il piano di posa del rilevato si rinverranno porzioni di terreno vegetale e/o terreno rammollito e comunque non idoneo quale piano di posa, si provvederà ad ulteriore bonifica e sostituzione con idoneo materiale da rilevato come da indicazioni di Capitolato.

	RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI					
	GEOTECNICA Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati	PROGETTO IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 26	DOCUMENTO RB GE0000 101	REV. A

8. PROBLEMATICHE GEOTECNICHE

Le principali opere d'arte lungo il tracciato in esame sono costituite dai muri in c.a. di sostegno dei rilevati stradali.

In relazione ai carichi esterni agenti ed alle buone caratteristiche meccaniche e bassa deformabilità del substrato, le fondazioni di tali opere saranno prevalentemente di tipo diretto, impostate sul substrato roccioso del Calcere di Bari integro, compatto, che nell'area in esame è stato intercettato a partire dalla profondità media di 2.5 m dal p.c. locale.

La falda è profonda, generalmente a quota maggiore di 20 m dal p.c. locale e quindi non interferisce con le opere in progetto.

Per gli eventuali scavi provvisionali, in linea generale nei terreni si adotteranno pendenze delle scarpate 2 (verticale) / 3 (orizzontale) e nelle rocce (calcari di Bari) pendenze 1 (verticale) / 2 (orizzontale).

9. Appendice A: ANALISI DEI CEDIMENTI EI RILEVATI. TABULATI DI CALCOLO CED

9.1 SEZIONE N. 33 – KM 0+640

*** CED ***
 Programma per l'analisi dei cedimenti
 per aree di carico di rigidezza nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05
 Rilevato illimitato - cedimento totale H6

Coefficiente di Frolich = 4
 S'z a quota piano di posa = .0 kPa
 Profondita' falda = 20.0 m
 Coefficiente di Poisson = .30

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m3	G eff kN/m3	N dv
1	.0	4.5	40000.	40000.	20.0	10.0	4
2	4.5	40.0	400000.	400000.	25.0	15.0	18
3	40.0	100.0	1000000.	1000000.	25.0	15.0	20

S'z = tensione verticale efficace litostatica
 Z in = profondita' inizio strato
 Z fin = profondita' fine strato
 E in = modulo elastico inizio strato
 E fin = modulo elastico fine strato
 G nat = peso di volume naturale
 G eff = peso di volume efficace
 N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 7.0 m
 Larghezza sommita' = 41.0 m
 Pendenza scarpate =***** (vert/orizz)
 Peso di volume = 20.0 kN/m3
 Sovraccarico in sommita' = .0 kPa

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	02	E 26 RB	GE0000 101	A	61 DI 85

pag./ 2

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05
Rilevato illimitato - cedimento totale H6

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

N.	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico MN
1	28.0	.00	.00	41.00	1640.03	1882.810
2	28.0	.00	.00	41.00	1640.03	1882.797
3	28.0	.00	.00	41.00	1640.03	1882.784
4	28.0	.00	.00	41.00	1640.03	1882.771
5	28.0	.00	.00	41.00	1640.03	1882.759
Carico totale =						9413.922 MN



RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 62 DI 85

pag./ 3

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05
Rilevato illimitato - cedimento totale H6

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.6	140.0	69.9	70.0	1.1	40000.
1.7	140.0	69.3	69.8	3.4	40000.
2.8	140.0	68.1	69.4	5.6	40000.
3.9	139.9	66.3	68.7	7.9	40000.
5.5	139.8	63.1	67.6	11.5	400000.
7.5	139.3	58.1	65.8	16.4	400000.
9.4	138.3	52.5	63.6	21.3	400000.
11.4	136.8	46.7	61.2	26.3	400000.
13.4	134.8	41.1	58.6	31.2	400000.
15.3	132.2	35.9	56.0	36.1	400000.
17.3	129.2	31.2	53.5	41.0	400000.
19.3	125.9	27.0	51.0	46.0	400000.
21.3	122.3	23.4	48.6	49.6	400000.
23.2	118.7	20.3	46.3	52.6	400000.
25.2	114.9	17.6	44.2	55.6	400000.
27.2	111.2	15.3	42.1	58.5	400000.
29.2	107.5	13.3	40.3	61.5	400000.
31.1	103.9	11.6	38.5	64.4	400000.
33.1	100.4	10.2	36.9	67.4	400000.
35.1	97.0	9.0	35.3	70.4	400000.
37.0	93.7	7.9	33.9	73.3	400000.
39.0	90.6	7.0	32.6	76.3	400000.
41.5	86.9	6.1	31.0	80.0	*****

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi
S'z = tensione verticale efficace litostatica

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05
Rilevato illimitato - cedimento totale H6

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	19.8			
1.1	17.1	.0	1.1	2.8
2.3	14.3	1.1	2.3	2.8
3.4	11.5	2.3	3.4	2.8
4.5	8.7	3.4	4.5	2.8
6.5	8.2	4.5	6.5	.5
8.4	7.7	6.5	8.4	.5
10.4	7.2	8.4	10.4	.5
12.4	6.7	10.4	12.4	.5
14.4	6.2	12.4	14.4	.5
16.3	5.7	14.4	16.3	.5
18.3	5.2	16.3	18.3	.5
20.3	4.7	18.3	20.3	.5
22.2	4.2	20.3	22.2	.5
24.2	3.7	22.2	24.2	.5
26.2	3.2	24.2	26.2	.5
28.2	2.7	26.2	28.2	.5
30.1	2.3	28.2	30.1	.5
32.1	1.9	30.1	32.1	.4
34.1	1.4	32.1	34.1	.4
36.1	1.0	34.1	36.1	.4
38.0	.6	36.1	38.0	.4
40.0	.2	38.0	40.0	.4
43.0	.0	40.0	43.0	.2

Cedimento totale = 19.8 mm

9.2 SEZIONE N. 38 - KM 0+740

*** CED ***

Programma per l'analisi dei cedimenti
per aree di carico di rigidità nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05
Rilevato illimitato - cedimento totale H7

Coefficiente di Frolich = 4
S'z a quota piano di posa = .0 kPa
Profondita' falda = 20.0 m
Coefficiente di Poisson = .30

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 64 DI 85

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m ³	G eff kN/m ³	N dv
1	.0	4.5	40000.	40000.	20.0	10.0	4
2	4.5	20.0	400000.	400000.	25.0	15.0	18
3	20.0	100.0	1000000.	1000000.	25.0	15.0	20

S'z = tensione verticale efficace litostatica
Z in = profondita' inizio strato
Z fin = profondita' fine strato
E in = modulo elastico inizio strato
E fin = modulo elastico fine strato
G nat = peso di volume naturale
G eff = peso di volume efficace
N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 8.0 m
Larghezza sommita' = 31.0 m
Pendenza scarpate = ***** (vert/orizz)
Peso di volume = 20.0 kN/m³
Sovraccarico in sommita' = .0 kPa

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO

LOTTO

CODIFICA DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IA1U

02

E 26 RB GE0000 101

A

65 DI 85

pag. / 2

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05
Rilevato illimitato - cedimento totale H7

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

N.	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico MN
1	32.0	.00	.00	31.00	1240.03	1230.169
2	32.0	.00	.00	31.00	1240.03	1230.156
3	32.0	.00	.00	31.00	1240.03	1230.144
4	32.0	.00	.00	31.00	1240.03	1230.131
5	32.0	.00	.00	31.00	1240.03	1230.118

Carico totale = 6150.717 MN



RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 66 DI 85

pag./ 3

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05
Rilevato illimitato - cedimento totale H7

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.6	160.0	79.8	79.9	1.1	40000.
1.7	160.0	78.6	79.5	3.4	40000.
2.8	159.9	76.2	78.7	5.6	40000.
3.9	159.8	72.8	77.5	7.9	40000.
4.9	159.5	69.2	76.2	10.1	400000.
5.8	159.1	65.8	74.9	12.2	400000.
6.7	158.5	62.1	73.5	14.4	400000.
7.5	157.7	58.3	72.0	16.5	400000.
8.4	156.7	54.5	70.4	18.7	400000.
9.2	155.5	50.7	68.7	20.8	400000.
10.1	154.0	47.1	67.0	23.0	400000.
11.0	152.4	43.6	65.3	25.1	400000.
11.8	150.6	40.2	63.6	27.3	400000.
12.7	148.7	37.1	61.9	29.5	400000.
13.5	146.6	34.2	60.2	31.6	400000.
14.4	144.4	31.5	58.6	33.8	400000.
15.3	142.1	28.9	57.0	35.9	400000.
16.1	139.7	26.6	55.4	38.1	400000.
17.0	137.3	24.5	53.9	40.2	400000.
17.8	134.8	22.6	52.5	42.4	400000.
18.7	132.3	20.8	51.0	44.5	400000.
19.6	129.9	19.1	49.7	46.7	400000.
22.0	122.9	15.3	46.1	50.7	*****
26.0	112.2	10.7	41.0	56.7	*****
30.0	102.4	7.7	36.7	62.7	*****
34.0	93.8	5.7	33.2	68.7	*****
38.0	86.3	4.3	30.2	74.7	*****

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi
S'z = tensione verticale efficace litostatica



RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 67 DI 85

pag./ 4

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05
Rilevato illimitato - cedimento totale H7

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	19.0			
1.1	15.9	.0	1.1	3.2
2.3	12.7	1.1	2.3	3.2
3.4	9.5	2.3	3.4	3.2
4.5	6.3	3.4	4.5	3.2
5.4	6.1	4.5	5.4	.2
6.2	5.8	5.4	6.2	.3
7.1	5.6	6.2	7.1	.3
7.9	5.3	7.1	7.9	.3
8.8	5.0	7.9	8.8	.3
9.7	4.8	8.8	9.7	.3
10.5	4.5	9.7	10.5	.3
11.4	4.3	10.5	11.4	.3
12.2	4.0	11.4	12.2	.3
13.1	3.8	12.2	13.1	.3
14.0	3.5	13.1	14.0	.3
14.8	3.3	14.0	14.8	.3
15.7	3.0	14.8	15.7	.3
16.6	2.8	15.7	16.6	.2
17.4	2.5	16.6	17.4	.2
18.3	2.3	17.4	18.3	.2
19.1	2.0	18.3	19.1	.2
20.0	1.8	19.1	20.0	.2
24.0	1.4	20.0	24.0	.4
28.0	1.0	24.0	28.0	.4
32.0	.6	28.0	32.0	.4
36.0	.3	32.0	36.0	.3
40.0	.0	36.0	40.0	.3

Cedimento totale = 19.0 mm



RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 68 DI 85

9.3 SEZIONE N. 44 DELLA DEVIZIONE PROVVISORIA - KM 0+640

*** CED ***

Programma per l'analisi dei cedimenti
per aree di carico di rigidezza nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05 deviazione
Rilevato illimitato - cedimento totale H4Coefficiente di Frolich = 4
S'z a quota piano di posa = .0 kPa
Profondita' falda = 20.0 m
Coefficiente di Poisson = .30

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m3	G eff kN/m3	N dv
1	.0	2.0	40000.	40000.	20.0	10.0	4
2	2.0	40.0	400000.	400000.	25.0	15.0	19
3	40.0	100.0	1000000.	1000000.	25.0	15.0	20

S'z = tensione verticale efficace litostatica
Z in = profondita' inizio strato
Z fin = profondita' fine strato
E in = modulo elastico inizio strato
E fin = modulo elastico fine strato
G nat = peso di volume naturale
G eff = peso di volume efficace
N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 4.0 m
Larghezza sommita' = 33.0 m
Pendenza scarpate = .667 (vert/orizz)
Peso di volume = 20.0 kN/m3
Sovraccarico in sommita' = .0 kPa

pag./ 2

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05 deviazione
Rilevato illimitato - cedimento totale H4

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

N.	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico MN
1	16.0	.00	.00	43.79	1559.88	1093.029
2	16.0	.00	.00	41.40	1559.88	1033.160
3	16.0	.00	.00	39.00	1559.88	973.290
4	16.0	.00	.00	36.60	1559.88	913.421
5	16.0	.00	.00	34.20	1559.88	853.551

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 69 DI 85-----
Carico totale = 4866.452 MN

pag./ 3

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05 deviazione
Rilevato illimitato - cedimento totale H4

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	80.0	40.0	40.0	.5	40000.
.8	80.0	39.9	40.0	1.5	40000.
1.3	80.0	39.7	39.9	2.5	40000.
1.8	80.0	39.5	39.8	3.5	40000.
3.0	80.0	38.6	39.5	6.5	400000.
5.0	79.9	36.3	38.7	11.5	400000.
7.0	79.6	33.2	37.6	16.5	400000.
9.0	79.0	29.8	36.3	21.5	400000.
11.0	78.0	26.3	34.8	26.5	400000.
13.0	76.7	22.9	33.2	31.5	400000.
15.0	75.0	19.8	31.6	36.5	400000.
17.0	73.1	17.1	30.1	41.5	400000.
19.0	71.1	14.6	28.6	46.5	400000.
21.0	68.8	12.6	27.1	50.5	400000.
23.0	66.6	10.8	25.8	53.5	400000.
25.0	64.3	9.3	24.5	56.5	400000.
27.0	62.0	8.0	23.4	59.5	400000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi
S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 4

Nodo ferroviario di Bari -tangenziale NV05 deviazione
Rilevato illimitato - cedimento totale H4

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	6.5			
.5	5.8	.0	.5	.7
1.0	5.1	.5	1.0	.7
1.5	4.4	1.0	1.5	.7
2.0	3.7	1.5	2.0	.7
4.0	3.5	2.0	4.0	.3
6.0	3.2	4.0	6.0	.3
8.0	2.9	6.0	8.0	.3
10.0	2.6	8.0	10.0	.3
12.0	2.3	10.0	12.0	.3
14.0	2.0	12.0	14.0	.3
16.0	1.7	14.0	16.0	.3
18.0	1.4	16.0	18.0	.3
20.0	1.1	18.0	20.0	.3

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	02	E 26 RB	GE0000 101	A	70 DI 85

22.0	.8	20.0	22.0	.3
24.0	.5	22.0	24.0	.3
26.0	.3	24.0	26.0	.3
28.0	.0	26.0	28.0	.3

Cedimento totale = 6.5 mm



RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 71 DI 85

10. Appendice B: ANALISI DI STABILITA'. TABULATI DI CALCOLO PCSTABL5M

10.1 ANALISI STATICA SLU

** PCSTABL5M **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 03-02-15
Time of Run: 12:12pm
Run By:
Input Data Filename: C:H7.SI
Output Filename: C:H7.OUT
Unit: SI
Plotted Output Filename: C:H7.PLT

PROBLEM DESCRIPTION TANGENZIALE DI BARI-Rilevato
Analisi stabilit... statica SLU

BOUNDARY COORDINATES

5 Top Boundaries
7 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	2
2	10.00	10.00	13.75	12.50	1
3	13.75	12.50	15.75	12.50	1
4	15.75	12.50	23.25	17.50	1
5	23.25	17.50	35.00	17.50	1
6	10.00	10.00	35.00	10.00	2
7	.00	7.50	35.00	7.50	3

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1	20.0	20.0	.0	29.3	.00	.0	0
2	20.0	20.0	.0	29.3	.00	.0	0
3	25.0	25.0	64.0	38.7	.00	.0	0

1

BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

Load No.	X-Left (m)	X-Right (m)	Intensity (KPa)	Deflection (deg)
1	23.75	35.00	26.0	.0

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 72 DI 85

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed
Force Acting On A Horizontally Projected Surface.

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

400 Trial Surfaces Have Been Generated.

20 Surfaces Initiate From Each Of 20 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = .00 m
and X = 9.90 m

Each Surface Terminates Between X = 23.75 m
and X = 35.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = 1.00 m

1.00 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method * *

Failure Surface Specified By 23 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	5.21	10.00
2	6.21	9.91
3	7.21	9.87
4	8.21	9.87
5	9.20	9.91
6	10.20	10.00
7	11.19	10.14
8	12.18	10.31
9	13.15	10.54
10	14.12	10.80
11	15.07	11.11
12	16.00	11.46
13	16.92	11.85
14	17.83	12.28
15	18.71	12.75
16	19.57	13.26
17	20.40	13.81
18	21.22	14.40
19	22.00	15.02
20	22.76	15.67
21	23.48	16.36
22	24.18	17.08
23	24.55	17.50

Circle Center At X = 7.7 ; Y = 32.3 and Radius, 22.4

*** 1.139 ***

Individual data on the 28 slices



RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO

LOTTO

CODIFICA DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IA1U

02

E 26 RB GE0000 101

A

73 DI 85

Slice No.	Width (m)	Weight (N)	Water Force	Water Force	Tie Force	Tie Force	Earthquake Force		Surcharge Load (N)
			Top (N)	Bot (N)	Norm (N)	Tan (N)	Hor (N)	Ver (N)	
1	1.0	269.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	1.0	673.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	1.0	807.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
4	1.0	668.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
5	.8	249.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
6	.2	70.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
7	.0	20.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
8	1.0	2385.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	1.0	5382.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
10	1.0	8028.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
11	.6	6143.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
12	.4	3894.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
13	1.0	8964.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
14	.7	5265.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
15	.3	1814.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
16	.9	7418.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
17	.9	8348.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
18	.9	8930.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
19	.9	9179.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
20	.8	9111.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
21	.8	8749.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
22	.8	8120.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
23	.8	7252.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
24	.5	4311.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
25	.2	1759.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
26	.3	1642.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
27	.4	1663.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3370.6
28	.4	477.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	2946.6

Failure Surface Specified By 24 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	5.73	10.00
2	6.72	9.84
3	7.71	9.72
4	8.71	9.66
5	9.71	9.64
6	10.71	9.68
7	11.70	9.77
8	12.70	9.91
9	13.68	10.10
10	14.65	10.33
11	15.61	10.62
12	16.55	10.96
13	17.47	11.34
14	18.38	11.77
15	19.26	12.24
16	20.11	12.76
17	20.94	13.32
18	21.74	13.92
19	22.50	14.57
20	23.24	15.25
21	23.94	15.96
22	24.60	16.71
23	25.22	17.50
24	25.22	17.50

Circle Center At X = 9.5 ; Y = 29.4 and Radius, 19.7

*** 1.213 ***

1

Failure Surface Specified By 21 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	7.82	10.00

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 74 DI 85

2	8.81	9.85
3	9.80	9.77
4	10.80	9.74
5	11.80	9.78
6	12.80	9.87
7	13.78	10.03
8	14.76	10.25
9	15.72	10.53
10	16.66	10.86
11	17.58	11.25
12	18.48	11.70
13	19.34	12.20
14	20.17	12.76
15	20.97	13.36
16	21.73	14.01
17	22.45	14.71
18	23.12	15.45
19	23.75	16.22
20	24.33	17.04
21	24.62	17.50

Circle Center At X = 10.7 ; Y = 26.1 and Radius, 16.3

*** 1.217 ***

Failure Surface Specified By 24 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	5.73	10.00
2	6.71	9.81
3	7.71	9.68
4	8.70	9.60
5	9.70	9.57
6	10.70	9.59
7	11.70	9.67
8	12.69	9.80
9	13.67	9.98
10	14.65	10.21
11	15.61	10.49
12	16.55	10.83
13	17.47	11.21
14	18.37	11.64
15	19.25	12.12
16	20.11	12.64
17	20.93	13.21
18	21.72	13.82
19	22.48	14.47
20	23.21	15.16
21	23.89	15.88
22	24.54	16.65
23	25.15	17.44
24	25.19	17.50

Circle Center At X = 9.8 ; Y = 28.5 and Radius, 19.0

*** 1.232 ***

1

Failure Surface Specified By 27 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	3.13	10.00
2	4.12	9.87
3	5.11	9.77
4	6.11	9.70
5	7.11	9.68
6	8.11	9.69

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 75 DI 85

7	9.11	9.73
8	10.11	9.82
9	11.10	9.94
10	12.09	10.09
11	13.07	10.28
12	14.04	10.51
13	15.01	10.77
14	15.96	11.06
15	16.91	11.39
16	17.84	11.76
17	18.76	12.15
18	19.66	12.58
19	20.55	13.05
20	21.41	13.54
21	22.27	14.07
22	23.10	14.62
23	23.91	15.21
24	24.69	15.82
25	25.46	16.47
26	26.20	17.14
27	26.57	17.50

Circle Center At X = 7.3 ; Y = 37.3 and Radius, 27.6

*** 1.234 ***

Failure Surface Specified By 23 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.25	10.00
2	7.23	9.80
3	8.22	9.65
4	9.22	9.56
5	10.22	9.53
6	11.22	9.56
7	12.21	9.65
8	13.20	9.79
9	14.18	9.99
10	15.15	10.25
11	16.10	10.56
12	17.03	10.93
13	17.93	11.35
14	18.82	11.83
15	19.67	12.35
16	20.49	12.92
17	21.27	13.54
18	22.02	14.20
19	22.73	14.91
20	23.40	15.66
21	24.02	16.44
22	24.60	17.26
23	24.75	17.50

Circle Center At X = 10.2 ; Y = 26.8 and Radius, 17.2

*** 1.251 ***

1

Failure Surface Specified By 19 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.90	10.00
2	10.89	9.87
3	11.89	9.81
4	12.89	9.82
5	13.89	9.90
6	14.88	10.05

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 76 DI 85

7	15.85	10.26
8	16.81	10.55
9	17.75	10.89
10	18.66	11.31
11	19.54	11.78
12	20.38	12.32
13	21.19	12.91
14	21.95	13.56
15	22.66	14.26
16	23.33	15.01
17	23.94	15.80
18	24.49	16.63
19	24.99	17.50

Circle Center At X = 12.3 ; Y = 24.2 and Radius, 14.4

*** 1.261 ***

Failure Surface Specified By 28 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	2.61	10.00
2	3.60	9.88
3	4.59	9.79
4	5.59	9.73
5	6.59	9.71
6	7.59	9.71
7	8.59	9.75
8	9.59	9.82
9	10.58	9.93
10	11.57	10.06
11	12.56	10.23
12	13.54	10.43
13	14.51	10.66
14	15.48	10.92
15	16.44	11.21
16	17.38	11.53
17	18.32	11.89
18	19.24	12.27
19	20.15	12.68
20	21.05	13.12
21	21.93	13.59
22	22.80	14.09
23	23.65	14.61
24	24.48	15.17
25	25.30	15.75
26	26.10	16.35
27	26.87	16.98
28	27.47	17.50

Circle Center At X = 6.9 ; Y = 40.8 and Radius, 31.1

*** 1.270 ***

1

Failure Surface Specified By 22 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.38	10.00
2	10.37	9.84
3	11.36	9.74
4	12.36	9.70
5	13.36	9.71
6	14.36	9.79
7	15.35	9.93
8	16.33	10.12
9	17.30	10.38



RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 77 DI 85

10	18.25	10.69
11	19.18	11.06
12	20.08	11.48
13	20.96	11.95
14	21.81	12.48
15	22.63	13.06
16	23.41	13.68
17	24.15	14.35
18	24.85	15.07
19	25.51	15.82
20	26.12	16.61
21	26.68	17.44
22	26.72	17.50

Circle Center At X = 12.6 ; Y = 26.4 and Radius, 16.7

*** 1.292 ***

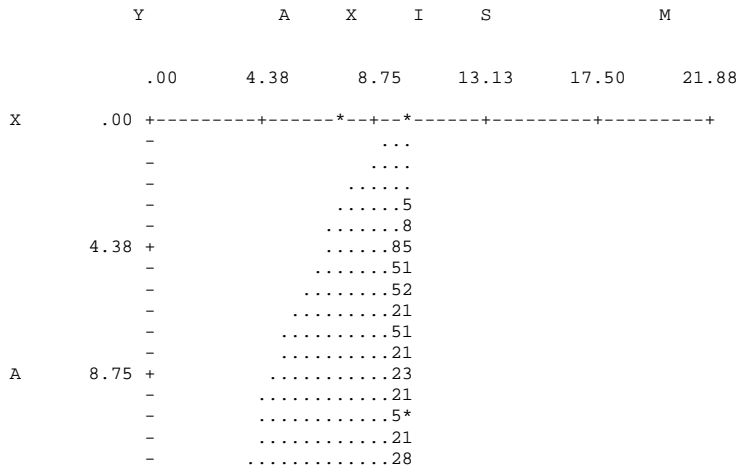
Failure Surface Specified By 21 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.90	10.00
2	10.89	9.89
3	11.89	9.83
4	12.89	9.83
5	13.89	9.88
6	14.89	9.98
7	15.87	10.14
8	16.85	10.36
9	17.81	10.62
10	18.76	10.94
11	19.69	11.31
12	20.60	11.73
13	21.48	12.20
14	22.34	12.72
15	23.16	13.28
16	23.96	13.89
17	24.72	14.54
18	25.44	15.23
19	26.13	15.96
20	26.77	16.72
21	27.35	17.50

Circle Center At X = 12.5 ; Y = 28.1 and Radius, 18.3

*** 1.297 ***

1





RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO

LOTTO

CODIFICA DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IA1U

02

E 26 RB GE0000 101

A

78 DI 85

```

X 13.13 - .....421
      + .....631
      - .....251 *
      - .....932.
      - .....621
      - .....7351 *
      - .....7251
I 17.50 + .....97251
      - .....9.62..
      - .....97621.
      - .....07351
      - .....90725.1
      - .....90.23.1
S 21.88 + .....9.72 1
      - .....09.523.1
      - .....09.57261. *
      - .....09.52361./1
      - .....0985.261
      - .....08.5.2
26.25 + .....08955
      - .....089
      - .....8
      - .....
      - .....
M 30.63 + .....
      - .....
      - .....
      - .....
      - .....
35.00 + .....
      * * .....*1/
  
```

10.2 ANALISI SISMICA SLU

** PCSTABL5M **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 03-02-15
Time of Run: 12:14pm
Run By:
Input Data Filename: C:H7E.SI
Output Filename: C:H7E.OUT
Unit: SI
Plotted Output Filename: C:H7E.PLT

PROBLEM DESCRIPTION TANGENZIALE DI BARI-Rilevato
Analisi stabilit... sismica SLU

BOUNDARY COORDINATES

5 Top Boundaries
7 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	2
2	10.00	10.00	13.75	12.50	1
3	13.75	12.50	15.75	12.50	1
4	15.75	12.50	23.25	17.50	1
5	23.25	17.50	35.00	17.50	1
6	10.00	10.00	35.00	10.00	2

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 79 DI 85

1 7 .00 7.50 35.00 7.50 3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (KN/m ³)	Saturated Unit Wt. (KN/m ³)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1	20.0	20.0	.0	29.3	.00	.0	0
2	20.0	20.0	.0	29.3	.00	.0	0
3	25.0	25.0	64.0	38.7	.00	.0	0

1

BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

Load No.	X-Left (m)	X-Right (m)	Intensity (KPa)	Deflection (deg)
1	23.75	35.00	12.0	.0

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed Force Acting On A Horizontally Projected Surface.

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient Of .019 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient Of .010 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = .0 (KPa)

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

400 Trial Surfaces Have Been Generated.

20 Surfaces Initiate From Each Of 20 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = .00 m and X = 9.90 m

Each Surface Terminates Between X = 23.75 m and X = 35.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = 1.00 m

1.00 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method * *



RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 80 DI 85

Failure Surface Specified By 23 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	5.21	10.00
2	6.21	9.91
3	7.21	9.87
4	8.21	9.87
5	9.20	9.91
6	10.20	10.00
7	11.19	10.14
8	12.18	10.31
9	13.15	10.54
10	14.12	10.80
11	15.07	11.11
12	16.00	11.46
13	16.92	11.85
14	17.83	12.28
15	18.71	12.75
16	19.57	13.26
17	20.40	13.81
18	21.22	14.40
19	22.00	15.02
20	22.76	15.67
21	23.48	16.36
22	24.18	17.08
23	24.55	17.50

Circle Center At X = 7.7 ; Y = 32.3 and Radius, 22.4

*** 1.112 ***

Individual data on the 28 slices

Slice No.	Width (m)	Weight (N)	Water Force		Tie Force		Earthquake Force Surcharge		
			Top (N)	Bot (N)	Norm (N)	Tan (N)	Hor (N)	Ver (N)	Load (N)
1	1.0	269.0	.0	.0	.0	.0	5.1	2.7	.0
2	1.0	673.8	.0	.0	.0	.0	12.8	6.7	.0
3	1.0	807.4	.0	.0	.0	.0	15.3	8.1	.0
4	1.0	668.0	.0	.0	.0	.0	12.7	6.7	.0
5	.8	249.3	.0	.0	.0	.0	4.7	2.5	.0
6	.2	70.0	.0	.0	.0	.0	1.3	.7	.0
7	.0	20.0	.0	.0	.0	.0	.4	.2	.0
8	1.0	2385.2	.0	.0	.0	.0	45.3	23.9	.0
9	1.0	5382.4	.0	.0	.0	.0	102.3	53.8	.0
10	1.0	8028.1	.0	.0	.0	.0	152.5	80.3	.0
11	.6	6143.2	.0	.0	.0	.0	116.7	61.4	.0
12	.4	3894.8	.0	.0	.0	.0	74.0	38.9	.0
13	1.0	8964.7	.0	.0	.0	.0	170.3	89.6	.0
14	.7	5265.7	.0	.0	.0	.0	100.0	52.7	.0
15	.3	1814.8	.0	.0	.0	.0	34.5	18.1	.0
16	.9	7418.9	.0	.0	.0	.0	141.0	74.2	.0
17	.9	8348.7	.0	.0	.0	.0	158.6	83.5	.0
18	.9	8930.8	.0	.0	.0	.0	169.7	89.3	.0
19	.9	9179.0	.0	.0	.0	.0	174.4	91.8	.0
20	.8	9111.2	.0	.0	.0	.0	173.1	91.1	.0
21	.8	8749.7	.0	.0	.0	.0	166.2	87.5	.0
22	.8	8120.4	.0	.0	.0	.0	154.3	81.2	.0
23	.8	7252.9	.0	.0	.0	.0	137.8	72.5	.0
24	.5	4311.9	.0	.0	.0	.0	81.9	43.1	.0
25	.2	1759.8	.0	.0	.0	.0	33.4	17.6	.0
26	.3	1642.8	.0	.0	.0	.0	31.2	16.4	.0
27	.4	1663.7	.0	.0	.0	.0	31.6	16.6	1555.7
28	.4	477.5	.0	.0	.0	.0	9.1	4.8	1360.0

Failure Surface Specified By 21 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	7.82	10.00

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 81 DI 85

2	8.81	9.85
3	9.80	9.77
4	10.80	9.74
5	11.80	9.78
6	12.80	9.87
7	13.78	10.03
8	14.76	10.25
9	15.72	10.53
10	16.66	10.86
11	17.58	11.25
12	18.48	11.70
13	19.34	12.20
14	20.17	12.76
15	20.97	13.36
16	21.73	14.01
17	22.45	14.71
18	23.12	15.45
19	23.75	16.22
20	24.33	17.04
21	24.62	17.50

Circle Center At X = 10.7 ; Y = 26.1 and Radius, 16.3

*** 1.189 ***

1

Failure Surface Specified By 24 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	5.73	10.00
2	6.72	9.84
3	7.71	9.72
4	8.71	9.66
5	9.71	9.64
6	10.71	9.68
7	11.70	9.77
8	12.70	9.91
9	13.68	10.10
10	14.65	10.33
11	15.61	10.62
12	16.55	10.96
13	17.47	11.34
14	18.38	11.77
15	19.26	12.24
16	20.11	12.76
17	20.94	13.32
18	21.74	13.92
19	22.50	14.57
20	23.24	15.25
21	23.94	15.96
22	24.60	16.71
23	25.22	17.50
24	25.22	17.50

Circle Center At X = 9.5 ; Y = 29.4 and Radius, 19.7

*** 1.193 ***

Failure Surface Specified By 24 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	5.73	10.00
2	6.71	9.81
3	7.71	9.68
4	8.70	9.60
5	9.70	9.57
6	10.70	9.59

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 82 DI 85

7	11.70	9.67
8	12.69	9.80
9	13.67	9.98
10	14.65	10.21
11	15.61	10.49
12	16.55	10.83
13	17.47	11.21
14	18.37	11.64
15	19.25	12.12
16	20.11	12.64
17	20.93	13.21
18	21.72	13.82
19	22.48	14.47
20	23.21	15.16
21	23.89	15.88
22	24.54	16.65
23	25.15	17.44
24	25.19	17.50

Circle Center At X = 9.8 ; Y = 28.5 and Radius, 19.0

*** 1.211 ***

1

Failure Surface Specified By 23 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.25	10.00
2	7.23	9.80
3	8.22	9.65
4	9.22	9.56
5	10.22	9.53
6	11.22	9.56
7	12.21	9.65
8	13.20	9.79
9	14.18	9.99
10	15.15	10.25
11	16.10	10.56
12	17.03	10.93
13	17.93	11.35
14	18.82	11.83
15	19.67	12.35
16	20.49	12.92
17	21.27	13.54
18	22.02	14.20
19	22.73	14.91
20	23.40	15.66
21	24.02	16.44
22	24.60	17.26
23	24.75	17.50

Circle Center At X = 10.2 ; Y = 26.8 and Radius, 17.2

*** 1.222 ***

Failure Surface Specified By 27 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	3.13	10.00
2	4.12	9.87
3	5.11	9.77
4	6.11	9.70
5	7.11	9.68
6	8.11	9.69
7	9.11	9.73
8	10.11	9.82
9	11.10	9.94

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 83 DI 85

10	12.09	10.09
11	13.07	10.28
12	14.04	10.51
13	15.01	10.77
14	15.96	11.06
15	16.91	11.39
16	17.84	11.76
17	18.76	12.15
18	19.66	12.58
19	20.55	13.05
20	21.41	13.54
21	22.27	14.07
22	23.10	14.62
23	23.91	15.21
24	24.69	15.82
25	25.46	16.47
26	26.20	17.14
27	26.57	17.50

Circle Center At X = 7.3 ; Y = 37.3 and Radius, 27.6

*** 1.223 ***

1

Failure Surface Specified By 19 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.90	10.00
2	10.89	9.87
3	11.89	9.81
4	12.89	9.82
5	13.89	9.90
6	14.88	10.05
7	15.85	10.26
8	16.81	10.55
9	17.75	10.89
10	18.66	11.31
11	19.54	11.78
12	20.38	12.32
13	21.19	12.91
14	21.95	13.56
15	22.66	14.26
16	23.33	15.01
17	23.94	15.80
18	24.49	16.63
19	24.99	17.50

Circle Center At X = 12.3 ; Y = 24.2 and Radius, 14.4

*** 1.240 ***

Failure Surface Specified By 28 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	2.61	10.00
2	3.60	9.88
3	4.59	9.79
4	5.59	9.73
5	6.59	9.71
6	7.59	9.71
7	8.59	9.75
8	9.59	9.82
9	10.58	9.93
10	11.57	10.06
11	12.56	10.23
12	13.54	10.43
13	14.51	10.66

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI**

GEOTECNICA

Relazione geotecnica e di calcolo dei rilevati

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA1U 02 E 26 RB GE0000 101 A 84 DI 85

14	15.48	10.92
15	16.44	11.21
16	17.38	11.53
17	18.32	11.89
18	19.24	12.27
19	20.15	12.68
20	21.05	13.12
21	21.93	13.59
22	22.80	14.09
23	23.65	14.61
24	24.48	15.17
25	25.30	15.75
26	26.10	16.35
27	26.87	16.98
28	27.47	17.50

Circle Center At X = 6.9 ; Y = 40.8 and Radius, 31.1

*** 1.259 ***

1

Failure Surface Specified By 22 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.38	10.00
2	10.37	9.84
3	11.36	9.74
4	12.36	9.70
5	13.36	9.71
6	14.36	9.79
7	15.35	9.93
8	16.33	10.12
9	17.30	10.38
10	18.25	10.69
11	19.18	11.06
12	20.08	11.48
13	20.96	11.95
14	21.81	12.48
15	22.63	13.06
16	23.41	13.68
17	24.15	14.35
18	24.85	15.07
19	25.51	15.82
20	26.12	16.61
21	26.68	17.44
22	26.72	17.50

Circle Center At X = 12.6 ; Y = 26.4 and Radius, 16.7

*** 1.288 ***

Failure Surface Specified By 21 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.38	10.00
2	10.36	9.80
3	11.35	9.66
4	12.35	9.60
5	13.35	9.60
6	14.34	9.67
7	15.33	9.82
8	16.31	10.03
9	17.27	10.30
10	18.21	10.65
11	19.13	11.05
12	20.01	11.52
13	20.86	12.05

