COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:







PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI LICEPIZZAROTTI Sintagma INTEGRA MOGGO CONTROL 1910	RIA	Ing. PIETRO MAZZOLI Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

GEOTECNICA

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

APPALTATORE						SCALA:
Consorzio CFT						
IL DIRETTORE TECNICO Geom. C. Bianchi						-
22/09/2018						
COMMESSA LOTTO FASE	ENTE TIPO	DOC. OPERA/	DISCIPLIN	A PROC	GR. RE	٧.
I F 1 N 0 1 E	ZZR	B GE	0 0 5	0 0	1 B	
Rev. Descrizione	Redatto Dat	a Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
Α	Emissione	M. Remigio	07/07/2018	M. Pietrantoni	07/07/2018	P. Mazzoli	07/07/2018	M. Pietrantoni
В	REV. ISTRUTTORIA ITALFERR 07/09/18	M. Remigio	22/092018	M. Pietrantoni	22/09//2018	P. Mazzoli	22/09//2018	
								22/09//2018

File:IF1N.0.1.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001.B.doc	n. Elab.:



DELLE OPERE ALL'APERTO





ITINERARIO NAPOLI – BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA

COMMESSA CODIFICA LOTTO IF1N 01 E ZZ

DOCUMENTO

REV. FOGLIO

GE0005 001 В 2 di 196

INDICE

1.	. INTRODUZIONE	6
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
2.1	1 DOCUMENTAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO POSTO A BASE DI GARA	7
2.2	.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO DEL PROGETTO ESECUTIVO	
2.3	3 NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	10
3.	. DESCRIZIONE DELLE CAMPAGNE DI INDAGINE	11
3.1	.1 CAMPAGNA INDAGINI FS1985 (GEOSUD S.R.L.)	13
3.2	.2 CAMPAGNA INDAGINI PP2006/2009 (IMPREFOND S.R.L.)	14
3.3	.3 CAMPAGNA INDAGINI 2013/2014 (SIDERCEM S.R.L.)	15
3.4		
3.5		
3.6		
3.7		
4.	. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	23
5.		
5.1	1 DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE	24
5.2	2 CRITERI PER LA DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE	25
6.	. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCA	ANICA27
6.1	.1 GENERALITÀ	27
6.2	.2 NOTE SULL'UTILIZZO DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DPSH)	30
6.3		
6.4		
• • •	6.4.1 Introduzione	
	6.4.2 Stato iniziale del deposito	36
	6.4.3 Angolo di resistenza al taglio	38
	6.4.4 Caratteristiche di deformabilità	40
	6.4.4.1 Moduli elastici iniziali	
	6.4.4.2 Moduli elastici "operativi"	
	6.4.4.3 Modulo confinato	
	6.4.4.4 Moduli di reazione orizzontale alla Matlock & Reese (1960)	
	6.4.5 Coefficienti di permeabilità	
6.5	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
	6.5.1 Introduzione	48







ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	3 di 196

	6.5.2	Classificazione dei materiali	48
	6.5.3	Stato tensionale iniziale	48
	6.5.4	Resistenza al taglio non drenata	49
		6.5.4.1 Premesse di carattere generale	
		6.5.4.2 Prove di laboratorio	
		6.5.4.3 Valutazione di c _u da prove SPT	
		6.5.4.4 Valutazione di coesione non drenata da prove penetrometriche statiche continue	
	6.5.5	Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	
	6.5.6	Caratteristiche di deformabilità	
		6.5.6.1 Moduli elastici iniziali	_
		6.5.6.2 Moduli elastici "operativi" in condizioni drenate	
		6.5.6.4 Modulo di deformabilità non drenato (E _u)	
		6.5.6.5 Moduli di reazione orizzontale alla Matlock & Reese (1960)	
	6.5.7	Coefficienti di permeabilità e di consolidazione primaria	
	6.5.8	Coefficienti di consolidazione primaria e secondaria	
		·	
6.6		RMAZIONI LITOIDI (AMMASSI ROCCIOSI)	
	6.6.1	Generalità	
	6.6.2	Valutazione dell'indice GSI	
	6.6.3	Criteri di rottura	
	6.6.4	Caratteristiche di deformabilità	63
7.	CAR	ATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE	65
7.1	INTE	RODUZIONE	65
7.2	MA	FERIALI DI RIPORTO, RILEVATI STRADALI E FERROVIARI	67
7.3		POSITI ALLUVIONALI RECENTI E ATTUALI DELLE ZONE DI FONDOVALLE (ALL)	
7.4		OCLASTITI DI RICADUTA E COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI DI VERSANTE (E-C)	
7.5		OCLASTITI SUPERFICIALI E COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI (CCU)	
7.6		O GRIGIO CAMPANO IN FACIES LITOIDE (TGCL)	
7.0	7.6.1	Piana di Maddaloni	
	7.6.2	Piana dell'Isclero	
7.7		O GRIGIO CAMPANO IN FACIES "SCIOLTA" (TGCs)	
1.1	7.7.1	Piana di Maddaloni	
	7.7.2	Piana dell'Isclero	
70		TÀ DI MADDALONI (MDL)	
7.8	UNI	,	
	704		
	7.8.1	Cineriti a grana fine, epivulcaniti (MDLc) e depositi lacustri (MDLb)	
	7.8.2	Depositi fluvio-lacustri e detritici (MDL-a)	112
7.9	7.8.2		112
7.9 7.10	7.8.2 For	Depositi fluvio-lacustri e detritici (MDL-a)	112 114

Ghella





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

FOGLIO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
DELLE OPERE ALL'APERTO	IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	4 di 196

7.12	CA	LCARI DEL SUBSTRATO MESOZOICO (CAL)	121
7.13	VA	LORI DI PERMEABILITA'	123
7.14	AN	DAMENTO DELLA FALDA IDRICA	131
8.	MOD	ELLI GEOTECNICI LUNGO IL TRACCIATO	132
8.1	PR	EMESSE	132
8.2	No	TE SULL'AFFIDABILITÀ DEI MODELLI GEOTECNICI E SCELTA DEL PARAMETRO ζ (NTC2008 #7.X.x.x)	133
8.3		ATTA FERROVIARIA CANCELLO – FRASSO TELESINO	
	8.3.1	Rilevato - da km 0+000 a km 1+700 circa	
	8.3.2	Raso e trincea (TR02) - da km 1+700 circa a km 2+775 circa	137
		8.3.2.1 Cavalcaferrovia di via Appia pk 2+114	139
		8.3.2.2 Cavalcaferrovia di via Carmignana pk 2+225	
	8.3.3 km 2+	Galleria Artificiale (scatolare e policentrica) - Approccio Monte Aglio Sud - da km 2+775 c	
	8.3.4	Galleria naturale Monte Aglio	
	8.3.5	Galleria Artificiale - Approccio Monte Aglio Nord - da km 6+852 a km 6+970.000	140
	8.3.6	Trincea TR03 - da km 6+970 a km 7+335 circa	142
	8.3.7	VI04 Viadotto Valle di Maddaloni e rilevati di approccio - da km 7+335 a km 8+210 circa	144
	8.3.8	Tratto a raso – da km 8+210 a km 8+490 (circa)	150
	8.3.9 (circa	Viadotto Rio Secco (VI-05), rilevati e struttura su pali di approccio al viadotto - da km 8+49) a km 9+180 (circa)	
	8.3.10	Tratto a raso o debole rilevato - da km 9+180 a km 9+950 (circa)	162
	8.3.11 (circa	VI06 Viadotto San Michele e rilevati di approccio alla spalla A - da km 9+950 (circa) a km 1) 163	11+737
	8.3.12	Rilevato - da km 11+737 a km 12+251	167
	8.3.13	VI03 Viadotto ad archi Cantinella - da km 12+251a km 12+393	169
	8.3.14	Rilevato - da km 12+393 a km 12+564	175
	8.3.15	VI07 Viadotto Isclero - da km 12+564 a km 12+820	175
		Tratto a raso/rilevato e cavalcaferrovia IV-04 - da km 12+820 a km 14+778	
	8.3.17	Viadotto San Giorgio - da km 14+778 a km 14+920	178
	8.3.18	Tratto a raso, Stazione di Dugenta e sottopasso SL-07 - da km 14+920 a fine lotto	181
8.4	VA	RIANTE ALLA LINEA STORICA ROMA NAPOLI VIA CASSINO	183
	8.4.1	Rilevato – da km 0+000 a km 1+030 circa	183
	8.4.2	VI-01 – Viadotto ad archi – da km 1+030 circa a km 1+830 circa	184
	8.4.3	VI-02 - Viadotto Cancello - da km 1+830 circa a km 2+205 circa	186
	8.4.4	Tratto in rilevato – da km 2+205 circa a fine tratta	187
8.5	CO	LLEGAMENTO PER MARCIANISE	189
8.6	INT	ERCONNESSIONE NORD BINARIO PARI	190
8.7	INT	ERCONNESSIONE NORD BINARIO DISPARI	190
8.8		SE PRINCIPALE BINARIO PARI DAPK 0+000 A PK 2+000	
			• •



DELLE OPERE ALL'APERTO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 5 di 196

9. BIBLIOGRAFIA......193





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 6 di 196

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito dell'Itinerario Napoli - Bari è compreso il Raddoppio della Tratta Cancello-Benevento - 1° Lotto Funzionale Cancello - Frasso Telesino, la Variante alla Linea Roma-Napoli Via Cassino nel Comune di Maddaloni e l'Interconnessione Nord, oggetto della progettazione esecutiva in esame.

ITINERA

Nella presente Relazione vengono descritti e commentati i risultati delle indagini eseguite durante le fasi preliminari del progetto (1985 e 2008-2009), nella fase di Progetto Definitivo (2013-2014, 2015 e 2016) e quindi durante il Progetto Esecutivo (2018). Sulla base di questi risultati è stata sviluppata la caratterizzazione geotecnica dei terreni e la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo da adottare per la progettazione delle varie parti dell'opera. In particolare, il presente documento si riferisce ai tratti all'aperto della linea in esame.

L'impostazione dello studio geotecnico ha previsto prima la determinazione delle caratteristiche fisicomeccaniche delle unità ritenute omogenee dal punto di vista geotecnico, partendo dalla suddivisione in
formazioni dello studio geologico. Quindi, sulla base dei risultati delle indagini specifiche dei singoli siti,
si è proceduto ad una suddivisione del tracciato ferroviario in tratte (pseudo) omogenee per stratigrafia e
parametri geotecnici. Per queste tratte sono stati definiti specifici schemi in termini di profili stratigrafici
semplificati e parametri geotecnici di progetto (modelli geotecnici) da adottarsi per le verifiche di
sicurezza e funzionalità delle opere. Questi schemi sono stati ricostruiti anche sulla base del profilo
geotecnico, che illustra le variabilità dei terreni e i rapporti reciproci fra le varie unità.

I risultati dei calcoli e delle verifiche geotecniche sono invece riportati nelle specifiche relazioni geotecniche di calcolo delle singole opere.



VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA

IF1N

CODIFICA RB

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E

ITINERARIO NAPOLI - BARI

LOTTO

01 E ZZ

DOCUMENTO
GE0005 001

REV. FOGLIO B 7 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione del progetto definitivo posto a base di gara

Si riporta di seguito l'elenco dei documenti sulle indagini allegati al progetto definitivo cui si è fatto riferimento per l'elaborazione dei complessivi dati geotecnici. Oltre a questi elaborati si è fatto riferimento inoltre alle cartografie tematiche e alle Relazioni specialistiche (geologia e geotecnica) allegate al progetto definitivo (non riportate nel seguente elenco).

- [1] Geosud s.r.l. "Campagna d'indagini geognostiche 1985 Stratigrafie, Prove in sito" (Doc. rif. Protocol 105195-270115)
- [2] Progetto Preliminare Italferr Imprefond s.r.l. "Campagna d'indagini geognostiche 2008/2009 Stratigrafie, prove in sito, rilievo geomeccanico e documentazione fotografica" (Doc. rif. IF3201R69SGGE0005001A)
- [3] Progetto Definitivo Italferr Sidercem s.r.l. "Campagna d'indagini geognostiche 2013/2014 Sondaggi, stratigrafie e prove in sito" (Doc. rif. IF5101D69SGGE0005001A)
- [4] SGG s.r.l. "Indagini Geofisiche Campagna Geognostica 2013-2014 Prospezioni elettromagnetiche, sismica a rifrazione, carotaggi sismici DOWN HOLE, REMI E MASWS" (Doc. rif. Progetto Definitivo Italferr IF5101D69IGGE0005017A)
- [5] Progetto Esecutivo Italferr "Itinerario Napoli Bari raddoppio tratta Cancello Benevento I lotto funzionale Cancello Frasso Telesino e variante alla linea Roma Napoli via Cassino nel comune di Maddaloni viabilità di soppressione pl al km 143+833- via Calabroni Indagini geofisiche Prospezioni elettromagnetiche e sismiche Down Hole" (Doc. Rif. IF0L00E69IGGE0001001)
- [6] Progetto Esecutivo Italferr "Itinerario Napoli Bari raddoppio tratta Cancello Benevento I lotto funzionale Cancello Frasso Telesino e variante alla linea Roma Napoli via Cassino nel comune di Maddaloni viabilità di soppressione pl al km 143+833 Via Calabroni Prove di laboratorio" (Doc. Rif. IF0L00E69PRGE0001001)
- [7] Progetto Esecutivo Italferr "Itinerario Napoli Bari raddoppio tratta Cancello Benevento I lotto funzionale Cancello - Frasso Telesino e variante alla linea Roma Napoli via Cassino nel comune di Maddaloni - viabilità di soppressione pl al km 143+833 - Via Calabroni – Relazione indagini geognostiche" (Doc. Rif. IF0L00E69SGGE0001001)





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA
DELLE OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	8 di 196

- [8] Progetto Definitivo Italferr "Itinerario Napoli Bari raddoppio tratta Cancello Benevento I lotto funzionale Cancello Frasso Telesino e variante alla linea Roma Napoli via Cassino nel comune di Maddaloni Prove di laboratorio" (Doc. Rif. IF0F01E69PRGE0001001)
- [9] Progetto Definitivo Italferr "Itinerario Napoli Bari raddoppio tratta Cancello Benevento I lotto funzionale Cancello Frasso Telesino e variante alla linea Roma Napoli via Cassino nel comune di Maddaloni Prove di laboratorio" (Doc. Rif. IF0F01D69PRGE0001001)
- [10] Progetto Definitivo Italferr "Itinerario Napoli Bari raddoppio tratta Cancello Benevento I lotto funzionale Cancello - Frasso Telesino e variante alla linea Roma Napoli via Cassino nel comune di Maddaloni – Indagini Geognostiche" (Doc. Rif. IF0F01D69SGGE0005001)
- [11] Progetto Definitivo Italferr "Itinerario Napoli Bari raddoppio tratta Cancello Benevento I lotto funzionale Cancello Frasso Telesino e variante alla linea Roma Napoli via Cassino nel comune di Maddaloni Prove di laboratorio" (Doc. Rif. IF0F01D69PRGE0005001A)
- [12] Progetto Definitivo Italferr "Itinerario Napoli Bari raddoppio tratta Cancello Benevento I lotto funzionale Cancello Frasso Telesino e variante alla linea Roma Napoli via Cassino nel comune di Maddaloni Indagini Geofisiche" (Doc. Rif-IF0F-01-D69-IG-GE0005-009)
- [13] Progetto Definitivo Indagini geognostiche Sondaggi profondi Stratigrafie e Prove in situ (Doc. rif. IF0F01D69SG000005001)
- [14] Progetto Definitivo Indagini geofisiche Relazione geofisica (Doc. rif. IF0F01D69RH000005001)
- [15] Progetto Definitivo Indagini geofisiche Planimetria e Profilo Prospezione Sismica a riflessione (Doc. rif. IF0F01D69IG000005001)
- [16] Progetto Definitivo Indagini geofisiche Planimetria e Profilo Prospezione Sismica a rifrazione (Doc. rif. IF0F01D69IG000005002)
- [17] Progetto Definitivo Indagini geofisiche Prospezioni elettromagnetiche (Doc. rif. IF0F01D69IG000005003)
- [18] Progetto Definitivo Prove geotecniche di laboratorio (Doc. rif. IF0F01D69PR000005001)



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 9 di 196

2.2 Documentazione di riferimento del progetto esecutivo

Si riporta l'elenco degli elaborati che costituiscono lo studio geologico e geotecnico del progetto esecutivo.

Belazione Geologica, genomrifolgica ed idrogeologica																				
Stand and company properties		GEOLOGIA - GEOMORFOLOGIA- IDROGEOLOGIA																		
1 Studie of compatibilità dire geologica	1	Relazione Geologica, geomorfologica ed idrogeologica		-	_				1										001	Α
Carta geologica - Tav. 1 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z R N 6 00 0 1 002 Ano. Carta geologica - Tav. 2 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 00 0 1 002 Ano. Carta geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 00 0 1 002 Ano. Carta geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 1 002 Ano. Carta geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 1 002 Ano. Carta de Geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 2 002 Ano. Carta de Geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 2 002 Ano. Carta de Geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 2 002 Ano. Carta de Geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 2 002 Ano. Carta de Geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 2 002 Ano. Carta de Geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 2 002 Ano. Carta de Geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 3 002 Ano. Carta geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 3 002 Ano. Carta geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 3 002 Ano. Carta geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 3 002 Ano. Carta geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 3 002 Ano. Carta geologica - Tav. 3 di 3 15.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0				·	_			_					_				_	_		
Section Sect	3	Studio di compatibilità idro-geologica		_																
6 Carta geologica - Twa 2 di 3		Censimento dei Punti d'acqua		_	_			_					_	_			_	_		
Carta geologica - Tav. 2 di 3 15.000 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 2 001 A 1 Carta forgogologica - Tav. 2 di 3 15.000 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 2 002 A 1 Carta forgogologica - Tav. 2 di 3 15.000 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 2 002 A 1 Carta forgogologica - Tav. 2 di 3 15.000 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 2 002 A 1 Carta forgogologica - Tav. 2 di 3 15.000 F 1 N 0 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 2 002 A 1 Carta forgogologica - Tav. 2 di 3 15.000 F 1 N 0 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 2 002 A 1 Carta geomorfologica - Tav. 2 di 3 15.000 F 1 N 0 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 2 3 002 A 1 Carta geomorfologica - Tav. 2 di 3 15.000 F 1 N 0 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 3 3 002 A 1 Carta geomorfologica - Tav. 3 di 3 15.000 F 1 N 0 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 3 3 002 A 1 Carta geomorfologica - Tav. 3 di 3 15.000 F 1 N 0 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 0 3 3 002 A 1 Carta geomorfologica - Tav. 3 di 3 15.000 F 1 N 0 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 0 3 002 A 1 P P P P P P P P P P P P P P P P P P				_	_		_	_					_	_			_	_		_
1.5000 1, F 1, N 0 1, E Z Z N 5 6 00 0 2 002 A		Carta geologica - Tav. 2 di 3	1:5.000	1	_															_
9. Carta idrogeologica - Tav. 2 di 3 15.000 I F I N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 2 003 A 11 Carta a geomorfiologica - Tav. 2 di 3 15.000 I F I N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 2 003 A 11 Carta a geomorfiologica - Tav. 2 di 3 15.000 I F I N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 3 003 A 11 Carta a geomorfiologica - Tav. 2 di 3 15.000 I F I N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 3 003 A 12 Carta a geomorfiologica - Tav. 2 di 3 15.000 I F I N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 3 003 A 13 Carta a geomorfiologica - Tav. 2 di 3 15.000 I F I N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 3 003 A 14 Carta geomorfiologica - Tav. 2 di 3 15.000 I F I N 0 1 E Z Z N 5 6E 00 0 3 003 A 15 Carta geomorfiologica - Tav. 2 di 5 15.000 I F I N 0 0 I E Z Z N 5 6E 00 0 1 0 00 3 003 A 16 Profitio geologico e idrogeologico Asse principale - Tav. 2 di 5 15.000 I F I N 0 0 I E Z Z N 5 6E 00 0 1 0 00 1 003 A 15 Profitio geologico e idrogeologico Asse principale - Tav. 2 di 5 15.000 I F I N 0 0 I E Z Z N 5 6E 00 0 1 0 001 A 15 Profitio geologico e idrogeologico Asse principale - Tav. 2 di 5 15.000 I F I N 0 0 I E Z Z F Z S E 0 0 0 I 0 003 A 16 Profitio geologico e idrogeologico Asse principale - Tav. 2 di 5 15.000 I F I N 0 0 I E Z Z F Z S E 0 0 0 I 0 003 A 17 Profitio geologico e idrogeologico Asse principale - Tav. 3 di 5 15.000 I F I N 0 0 I E Z Z F Z S E 0 0 0 I 003 A 18 Profitio geologico e idrogeologico Asse principale - Tav. 4 di 5 15.000 I F I N 0 0 I E Z Z F Z S E 0 0 0 I 0 003 A 19 Profitio geologico e idrogeologico Asse principale - Tav. 4 di 5 15.000 I F I N 0 0 I E Z Z F Z S E 0 0 0 I 0 003 A 19 Profitio geologico e idrogeologico Asse principale - Tav. 4 di 5 15.000 I I F I N 0 0 I E Z Z F Z S E 0 0 0 I 0 003 A 19 Profitio geologico e idrogeologico Asse principale - Tav. 4 di 5 15.000 I I F I N 0 0 I E Z Z F Z S E 0 0 0 I 0 003 A 19 Profitio geologico e idrogeologico idrogeo		Carta geologica - Tav. 3 di 3		1	_			_						_			_			_
10 Carta derogeologica - Tw. 2 dl 3 1:5000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 GE 00 0 2 0.03 A 12 Carta geomorfologica - Tw. 2 dl 3 1:5000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 GE 00 0 3 0.01 A 12 Carta geomorfologica - Tw. 2 dl 3 1:5000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 GE 00 0 3 0.01 A 12 Carta geomorfologica - Tw. 2 dl 3 1:5000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 GE 00 0 3 0.02 A A Tw. 1				_									_							_
11 Carta geomorfologica - Taw. 2.41 3 1:5000 1 F 1 N 0 1 E Z Z N 5 GE 00 0 3 002 A A A A A A A A A	_	Carta idrogeologica - Tav. 2 di 3		_	_		_	_					_				_			Α
12 Carta geomorfologica - Taw. 2 di 3 3 Carta geomorfologica - Taw. 2 di 3 3 Carta geomorfologica - Taw. 2 di 3 3 Carta geomorfologica - Taw. 3 di 3 3 Carta geomorfologica - Taw. 3 di 5 1 5 Carta geomorfologica - Taw. 2 di 5 1 5 Carta geomorfologica - Taw. 2 di 5 1 1 1 1 1 1 1 1 1	_			_			_	_					_	_			_	_		_
13 Carta geomorfologica - Tav. 3 di 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	11	Carta geomorfologica - Tav. 1 di 3	1:5.000	1	_		N		1										001	Α
14 Profile geologico el idrogeologico Asse principale - Tav. 2 di 5 1,2000/200 1 F 1 N 0 1 E 2 Z F Z 6 00 0 1 002 A		Carta geomorfologica - Tav. 2 di 3		1	_			_					_				_	_		
15 Profita geologica el aridregeologica Asse principale - Tava 2 di 5 1,2000/200 1 F 1 N 0 1 E 2 Z F 2 GE 00 0 1 030 An 17 Profita geologica el aridregeologica Asse principale - Tava 2 di 5 1,2000/200 1 F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 1 030 An 17 Profita geologica el aridregeologica Asse principale - Tava 2 di 5 1,2000/200 1 F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 1 030 An 18 Profita geologica el aridregeologica Asse principale - Tava 2 di 5 1,2000/200 1 F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 1 030 An 19 Profita geologica el aridregeologica el				1	_			_												
16 Ordfilo geologico el idrogeologico Asse principale - Tav. 3 di S 1,2,000/200 1 F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 1 003 A 1 1 N 0 1 N 0 1 N 0 N N 1 N 0 N N N N N N N N				Ι	_								_					_		
17. Orofilo geologico el idrogeologico Asse principale - Tav. 4 al 5 12.000/200 1 F 1 N 0 1 E 2 Z F 7 G 6 0 0 1 1 004 A 19. Profilo geologico el idrogeologico Casse principale - Tav. 5 d i 5 12.000/200 1 F 1 N 0 1 E 2 Z F 7 G 6 0 0 1 1 005 A 19. Profilo geologico el idrogeologico. Linea storica Tav. 1/2 12.000/200 1 F 1 N 0 1 E 2 Z F 7 G 6 0 0 0 1 005 A 19. Profilo geologico el idrogeologico. Linea storica Tav. 1/2 12.000/200 1 F 1 N 0 1 E 2 Z F 7 G 6 0 0 0 1 005 A 19. Profilo geologico el idrogeologico. Linea storica Tav. 1/2 12.000/200 1 F 1 N 0 1 E 2 Z F 7 G 6 0 0 0 1 005 A 19. Profilo geologico el idrogeologico. Linea storica Tav. 1/2 12.000/200 1 F 1 N 0 0 1 E 2 Z F 7 G 6 0 0 0 1 005 A 19. Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 12.000/200 1 F 1 N 0 0 1 E 2 Z F 7 G 6 0 0 0 1 008 A 19. Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 12.000/200 1 F 1 N 0 0 1 E 2 Z F 7 G 6 0 0 0 1 008 A 20. Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 12.000/200 1 F 1 N 0 0 1 E 2 Z F 7 Z G 6 0 0 0 1 0 008 A 21. Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra usotte d imergenza km 3+772 2 Profilo geologico el idrogeologico. Finestra uso	_			_			_	_					_				_	_		
18				_		_							_						_	
99 Profflio geologico e idrogeologico. Linea storica Tav. 1/2 12.000/200 1 F 1 N 0 1 E Z 2 F 2 GE 00 0 1 1 006 A 20 Profflio geologico e idrogeologico. Linea storica Tav. 2/2 12.000/200 1 F 1 N 0 1 E Z 2 F 2 GE 00 0 1 1 007 A 21 Profflio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 3+772 12.000/200 1 F 1 N 0 0 1 E Z 2 F 2 GE 00 0 1 1 009 A 22 Profflio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 12.000/200 1 F 1 N 0 0 1 E Z 2 F 2 GE 00 0 1 1 009 A 23 Dossier indiggii				Ė		_							_							_
70 Profilo geologico e idrogeologico. Lineastorica Tav. 2/2 1 Profilio geologico e idrogeologico. Lineasta uscita di emergenza km 3+772 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 3+7498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio geologico. Finestra uscita di emergenza km 5+498 1 Profilio ge				_	_								_							
21 Profilo geologico e idrogeologico. Finestra uscita di emergenza km 3+772 22 Profilo geologico e idrogeologico. Finestra uscite di emergenza km 5+498 31.2000/200 1 F 1 N 0 1 E Z 2 F 1 G 60 0 0 1 1 009 A 1 2 1 009 A 1 1 1 009 A 1 1 009 A 1 1 1 009 A 1 1 1 1 009 A 1 1 1 1 009 A 1 1 1 1 009 A 1 1 1 1 009 A 1 1 009 A 1 1 009 A 1 1 009 A 1 1				_									_							
22 Profilo geologico e idrogeologico. Finestra uscite di emergenza km 5+498	_			Ι																
23 Dossier indagini				1	_			_					_	_			_	_		_
24 Documentazione sui sondaggi e prove in foro		Profilo geologico e idrogeologico. Finestra uscite di emergenza km 5+498	1:2.000/200				_	_					_							
25 Documentazione sulle prove in sito	23	Dossier indagini		1	_			_					_							_
26 Documentazione sulle indagini geofisiche		Documentazione sui sondaggi e prove in foro		1	_	_							_			_	_	_	_	_
27 Documentazione sulle prove geotecniche di laboratorio	25	Documentazione sulle prove in sito		1									S							
28 Rilievo geomeccanico con drone nella cava Tixon		Documentazione sulle indagini geofisiche		1	_		_	·									_	_		
Planimetria con ubicazione delle indagini - Tav. 1/5 1:2.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z P 6 GE 00 0 5 001 A 1 1 A 1 A 1 A 1 A 1 A 1 A A		Documentazione sulle prove geotecniche di laboratorio		1	_	_		_					_							
Planimetria con ubicazione delle indagini - Tav. 2/5 1:2.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z P 6 GE 00 0 5 002 A 1:2.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z P 6 GE 00 0 5 003 A 1:2.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z P 6 GE 00 0 5 003 A I:2.000 I F I N 0 I E Z Z P 6 GE 00 0 5 003 A I:2.000 I F I N 0 I E Z Z P 6 GE 00 0 5 003 A I:2.000 I F I N 0 I E Z Z P 6 GE 00 0 5 003 A I:2.000 I F I N 0 I E Z Z P 6 GE 00 0 5 003 A I:2.000 I F I N 0 I E Z Z P 6 GE 00 0 5 003 A I:2.000 I F I N 0 I E Z Z P 6 GE 00 0 5 003 A I:2.000 I I I I I I I I I		v		_			_	_					_				_	_		
1.2.000				1	_			_					_				_	_		_
12.000 1 F 1 N 0 1 E Z Z P 6 GE 00 0 5 004 A 12.000 A 12.000 A A A A A A A A A		Planimetria con ubicazione delle indagini - Tav. 2/5		1	_								_							Α
31 Planimetria con ubicazione delle indagini - Tav. 5/5				Ė	_			_					_							
## GEOTECNICA 34 Relazione geotecnica generale di linea delle opere all'aperto				_	_								_						_	
34 Relazione geotecnica generale di linea delle opere all'aperto	33	Planimetria con ubicazione delle indagini - Tav. 5/5	1:2.000	-	F	1	N	0	1	Ε	Z	Z	Р	6	GE	00	0	5	005	Α
35 Relazione Geomeccanica. Opere in sotterraneo		GEOTECNICA																		
36 Relazione tecnico-descrititva - Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde	34	Relazione geotecnica generale di linea delle opere all'aperto		1			N	0								00			001	Α
37 Relazione tecnico-descrititva - Criteri di dimensionamento e verifica opere di sostegno	35	Relazione Geomeccanica. Opere in sotterraneo		Ι	F	1	N	0	1		Z	Z	R	В	GE	00	0	5	002	Α
38 Relazione tecnico-descrittiva. Criteri di dimensionamento e verifica di rilevati e trincee I F 1 N 0 1 E Z Z R 0 GE 00 0 5 003 A 39 Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 1 di 5 2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 001 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 002 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 002 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 002 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 0 I E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 0 I E Z Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 0 I E Z Z F Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 0 I E Z Z F Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F 1 N 0 0 I E Z Z F Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F I N 0 0 I E Z Z F Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F I N 0 0 I E Z Z F Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F I N 0 0 I E Z Z F Z F Z GE 00 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F I N 0 0 I E Z Z Z F Z F Z GE 00 0 0 5 5 003 A 1:2000/1:200 I F I N 0 0 I E Z Z Z F Z F Z GE 00 0 0 5 5 003 A 1:2000/1:200	36	Relazione tecnico-descrittiva - Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde		Ι	F	1	N	0	1		Z	Z	R	0	GE	00	0	5	001	Α
39 Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 1 di 5	37	Relazione tecnico-descrittiva - Criteri di dimensionamento e verifica opere di sostegno		-			N	_					_			00	_	_	002	Α
40 Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 2 di 5	38	Relazione tecnico-descrittiva. Criteri di dimensionamento e verifica di rilevati e trincee		Ι	F	1	N	0	1		Z	Z	R	0		00	0		003	Α
41 Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 3 di 5	39	Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 1 di 5	1:2000/1:200	-	_		N	0	1				F	Z		00			001	Α
42 Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 4 di 5	40	Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 2 di 5		Ι	_		_	_					_	_			_		002	
43 Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 5 di 5	41	Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 3 di 5	1:2000/1:200	-	_		_	_					_						003	Α
44 Profilo geotecnico. Linea storica - Tav. 1 di 2 1:2000/1:200 I F J N 0 1 1 E Z Z F Z F Z GE 00 0 5 5 006 A 45 Profilo geotecnico. Linea storica - Tav. 2 di 2 1:2000/1:200 I F J N 0 1 E Z Z F Z F Z GE 00 0 5 5 007 A VIabilità stradale 45 Cavalcaferrovia al km 2+113,592 - Profilo geotecnico 1:2000/1:200 I F J N 0 1 E Z Z F 6 GE 00 0 5 5 017 A 47 Cavalcaferrovia al km 2+220.334 - Profilo geotecnico 1:2000/1:200 I F J N 0 1 E Z Z F 6 GE 00 0 5 5 018 A		Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 4 di 5	1:2000/1:200	Ι			_	_					_				_			
45 Profili geotecnico. Linea storica - Tav. 2 di 2 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F Z GE 00 0 5 007 A Viabilità stradale	43	Profilo geotecnico Asse principale - Tav. 5 di 5	1:2000/1:200	-		1	N	0	1				F		GE	00			005	Α
Viabilità stradale 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F 6 GE 00 0 5 017 A 46 Cavalcaferrovia al km 2+113,592 - Profilo geotecnico 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F 6 GE 00 0 5 018 A 47 Cavalcaferrovia al km 2+220.334 - Profilo geotecnico 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F 6 GE 00 0 5 018 A		Profilo geotecnico. Linea storica - Tav. 1 di 2		_	_								_				_	_		Α
46 Cavalcaferrovia al km 2+113,592 - Profilo geotecnico 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z I F 6 GE 00 0 5 5 017 A 47 Cavalcaferrovia al km 2+220.334 - Profilo geotecnico 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z I F 6 GE 00 0 5 5 018 A	45	Profilo geotecnico. Linea storica - Tav. 2 di 2	1:2000/1:200	1	F	1	N	0	1	Ε	Z	Z	F	Z	GE	00	0	5	007	Α
47 Cavalcaferrovia al km 2+220.334 - Profilo geotecnico 1:2000/1:200 I F 1 N 0 1 E Z Z F 6 GE 00 0 5 5 018 A		Viabilità stradale																		
	46	Cavalcaferrovia al km 2+113,592 - Profilo geotecnico	1:2000/1:200	-												00			017	Α
48 Cavalcaferrovia al km 13+276,520 - Profilo geotecnico 1:2000/1:200 I F I N O I E Z Z F G GE OO O 5 O19 A	47	Cavalcaferrovia al km 2+220.334 – Profilo geotecnico		_			_	_	_				_	_			_			Α
	48	Cavalcaferrovia al km 13+276,520 - Profilo geotecnico	1:2000/1:200	Ι	F	1	N	0	1	Ε	Z	Z	F	6	GE	00	0	5	019	Α





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	10 di 196

2.3 Normativa e standard di riferimento

Si riporta di seguito l'elenco delle normative a cui si è fatto riferimento per la stesura della presente relazione:

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [3] DM 06.05.2008 "Integrazione al D.M. 14.01.2008 di approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".
- [4] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 21.12.2011- "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario".
- [5] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21.12.2011 "Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie".
- [6] RFI DTC INC CS LG IFS 001 A del 21.12.2011 "Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra".
- [7] RFI DTC SICS SP IFS 001 A del 30.06.2014 Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili Parte II Sezione 5 "Opere in terra e scavi" RFI.
- [8] 2008/217/CE "Specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità (20/12/2007)".
- [9] 2011/275/CE "Specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale (26/04/2011)".
- [10] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 Progettazione geotecnica Parte 1: Regole generali
- [11] UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 Progettazione delle strutture per la resistenza sismica Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
 - La Bibliografia tecnica di riferimento è riportata in appendice.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 11 di 196

3. DESCRIZIONE DELLE CAMPAGNE DI INDAGINE

Nel presente capitolo viene fornita la sintesi delle indagini in sito e di laboratorio effettuate. L'area oggetto del presente lavoro e stata investigata da diverse campagne di indagini geognostiche nelle fasi del progetto preliminare e definitivo e da una ulteriore campagna di indagini per il progetto esecutivo.

ITINERA

La prima è stata eseguita da Geosud s.r.l. (1985) su una precedente ipotesi di tracciato studiato nel 1985 (per conto della 4[^] Unita Speciale della Direzione Generale delle Ferrovie dello Stato), ed ha compreso l'esecuzione, limitatamente all'area di interesse, di un totale di 27 sondaggi a carotaggio continuo¹.

La seconda campagna di indagini geognostiche è stata eseguita da Imprefond s.r.l. (2006/2009), per conto di Italferr, nel periodo compreso tra maggio 2007 e gennaio 2009, e, sempre nell'area di interesse, include l'esecuzione di 8 sondaggi a carotaggio continuo suddivisi in 3 sondaggi eseguiti per la Variante alla Linea Roma – Napoli via Cassino ubicati in corrispondenza delle opere più importanti (viadotti) e spinti fino alla profondità massima di 40 m, e 5 sondaggi geognostici nella tratta Cancello Frasso, localizzati in prossimità della galleria naturale Monte Aglio e profondi al massimo 65 m. Nel corso delle perforazioni sono state effettuate prove in foro di sondaggio (di tipo SPT e di permeabilità Lefranc e Lugeon) e prelevati campioni di terreno indisturbati e rimaneggiati; successivamente i fori sono stati attrezzati con piezometri a tubo aperto (Norton).

La terza campagna di indagini è stata effettuata da Sidercem s.r.l. (2013/2014), sempre per conto di Italferr, nel periodo compreso tra novembre 2013 e febbraio 2014, ha comportato l'esecuzione di 25 sondaggi meccanici spinti a profondità comprese tra i 30 e i 50 metri dal p.c.. Lungo ogni verticale sono stati eseguite delle prove in situ (di tipo SPT e di permeabilità Lefranc e Lugeon) e prelevati campioni indisturbati, litoidi e rimaneggiati sottoposti successivamente a prove geotecniche di laboratorio.

Sui campioni di terreno rimaneggiati prelevati nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo, sono state condotte prove di laboratorio. L'attività di laboratorio è consistita essenzialmente nella descrizione delle caratteristiche dei campioni pervenuti e nell'esecuzione di prove di classificazione con analisi granulometriche.

¹ Nella revisione dei dati sviluppata per il progetto esecutivo, i sondaggi di questa campagna di indagini considerati per lo studio geotecnico sono stati limitati a quelli di più diretto interesse, non considerando quelli posti a notevole distanza dal tracciato e/o in condizioni geologiche diverse da quelle di interesse.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	12 di 196

Sui pochi campioni indisturbati, di qualità idonea, che è stato possibile prelevare sono state eseguite prove di classificazione (limiti di Atterberg e granulometria), prove di taglio diretto, prove edometriche e prove triassiali UU e CIU.

Una campagna aggiuntiva in prossimità del tracciato principale in corrispondenza delle progressive intorno al km 8+000 ed al km 15+500 è stata effettuata da IMOS s.r.l. (2015) su incarico di Italferr. Questa campagna comprende un totale di n. 5 sondaggi (n.1 intorno al km 8+000 e n.4 intorno al km 15+500) e un totale di n.2 CPT (prove penetrometriche statiche), n.1 intorno al km 8+000 e n.4 intorno al km15+500.

Sui pochi campioni indisturbati, di qualità idonea, che è stato possibile prelevare sono state eseguite prove di classificazione (limiti di Atterberg e granulometria), prove edometriche e prove triassiali CD, UU e CU.

Inoltre, è stata effettuata da IMOS s.r.l. (2016) una ulteriore campagna di indagini su incarico di Italferr. Questa campagna comprende un totale di n. 6 sondaggi e due prove Down Hole e prospezioni elettromagnetiche.

Sui campioni indisturbati, di qualità idonea, che è stato possibile prelevare sono state eseguite prove di classificazione (limiti di Atterberg e granulometria), prove edometriche e prove triassiali CD, UU e CU.

Nell'ambito della progettazione esecutiva, il consorzio CFT affidatario dell'Appalto, ha realizzato una campagna di indagini eseguita da varie ditte: ATI INGE-Trivelsonda e ISOGEA per i sondaggi, le prove penetrometriche e le prove in sito, DIMMS per la geofisica, Geostudi, ISMGEO e Politecnico di Torino per le prove di laboratorio. Complessivamente sono stati eseguiti 45 sondaggi a carotaggio continuo (solo alcuni con una oarte a distruzione di nuclreo) con prove in foro di vario tipo (SPT, pressiometriche, dilatometriche da terreni e da rocce, prove di permeabilità Lefranc e Lugeon) con installazione di piezometri, a tubo aperto e Casagrande, prove penetrometriche continue (di tipo statico e dinamico), prove dilatometriche continue, pozzetti geognostici, prove geofisiche in foro (down-hole) e prospezioni geofisiche (sismica a rifrazione e geoelettrica), prove di laboratorio su terre (determinazione delle caratteristiche fisiche, prove di taglio diretto, triassiali e prove edometriche) e prove di laboratorio su rocce (peso di volume, prove di resistenza a compressione uniassiale con misura delle deformazioni, prove triassiali, prove di taglio su giunto, prove Los Angeles, prove diffrattometriche). Una specifica campagna di prove di laboratorio ha riguardato i campioni prelevati dalla formazione delle Argille Varicolori.

Una integrazione di indagine è stata sviluppata per il viadotto Valle Maddaloni.



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

IF1N 01 E ZZ RB GE0005 001 B 13 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

3.1 Campagna indagini FS1985 (Geosud s.r.l.)

Indagini in sito:

- n. 27 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra i 25 e i 160 m dal p.c.;
- prove penetrometriche di tipo dinamico in foro tipo SPT (punta aperta e punta chiusa con prelievo di campioni rimaneggiati).

Di seguito si riporta l'elenco dei sondaggi eseguiti, indicando la profondità, la quota sondaggio e le coordinate cartesiane:

Sondaggio	x	Y	Quota m s.l.m.	Prof. (m)
S203	2470981.5771	4540187.5671	39,60	30,0
S202	2470856.6291	4540105.6177	36,65	30,0
S201	2470586.3675	4539961.3139	37,80	25,0
S114	2470745.0259	4540648.7905	40,30	25,0
S113	2469131.9429	4541753.1213	55,80	25,0
S112	2468919.4153	4542054.5345	52,10	25,0
S111	2468662.7433	4542233.4449	53,20	25,0
S109	2468117.9239	4542785.2069	53,90	22,0
S105	2467052.7827	4543787.3221	52,80	25,0
S104	2466359.5877	4544346.6937	54,80	25,0
S114	2470745.0259	4540648.7905	40,30	25,0
S117	2471014.5821	4541680.0853	45,50	30,0
S113	2469131.9429	4541753.1213	55,80	28,0
S118	2470869.1129	4542088.5991	49,00	30,0
S116	2470536.3447	4542909.0963	68,60	25,0
S1	2470481.0911	4543229.4775	121,40	91,0
S2 bis	2470045.1085	4544998.0623	236,30	160,0
S2	2470885.2793	4545996.2405	228,80	160,0
S3	2471056.7633	4546572.1313	158,00	96,0
S4	2471401.1831	4547224.7765	123,80	50,0
S6	2472238.7263	4548836.6565	90,90	26,0
S7	2472433.4867	4549406.2385	81,20	25,0
S119	2473267.9521	4551034.2079	64,60	25,3
S9	2473875.8053	4551846.3873	55,80	35,0
S10	2474541.4415	4553581.6635	55,90	37,0
S11	2474549.6181	4553681.7759	44,90	26,0
S12	2474778.5059	4554499.7773	55,30	25,5

Tab. 1 – Sondaggi della campagna FS1985 utilizzati

Per il dettaglio delle prove si rimanda al Doc. Rif. [1], non allegato al presente progetto.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	14 di 196

3.2 Campagna indagini PP2006/2009 (Imprefond s.r.l.)

Indagini in sito:

- n. 8 sondaggi meccanici a carotaggio continuo spinti sino a profondità massima di 40 e 65 m;
- rilievo stratigrafico e geomeccanico dei litotipi attraversati;
- prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon;
- installazione nei fori di sondaggio di piezometri idraulici;
- prove penetrometriche di tipo dinamico in foro tipo SPT (punta aperta e punta chiusa con prelievo di campioni indisturbati, rimaneggiati e litoidi);
- · prove pressiometriche.

Di seguito si riporta l'elenco dei sondaggi eseguiti, indicando la profondità, la quota sondaggio e le coordinate cartesiane

Sondaggio	х	Y	Quota m s.l.m.	Prof. (m)
PNIF51G05	2469859.4229	4542985.2696	76,50	40
PNIF51G06	2469905.3309	4543366.5971	105,50	60
PNIF51V02	2468541.1663	4541642.8244	45,50	40
PNIF51V03	2469865.8174	4541147.2876	44,20	40
PNIF51V01	2466236.7443	4542612.0376	48,00	40
PNIF51G07	2470800.5306	4546709.7089	134,00	40
PNIF51R04	2469911.1959	4542197.6312	58,10	40
PNIF32G01	2470735.5100	4546305.0900	158,00	65

Tab. 2 - Sondaggi della campagna PP2006/2009 utilizzati.

Prove di laboratorio:

apertura, descrizione e prove di classificazione sui campioni rimaneggiati prelevati.

 apertura, descrizione e prove di classificazione, prova di taglio diretto, prova espansione laterale libera (ELL) e di compressione triassiale consolidata isostropa drenata e non drenata (TXCID, TXCIU) e non consolidata (TXUU) sui campioni indisturbati prelevati.

Per il dettaglio delle prove si rimanda al Doc. Rif.[2] non allegato al progetto esecutivo².

² I certificati di queste prove non sono risultati disponibili. Si è fatto quindi riferimento ai risultati riportati nelle tabelle riassuntive allegate alla Relazione Geotecnica generale del Progetto Definitivo





ITINERA

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA IF1N LOTTO CODIFICA

01 E ZZ RB

DOCUMENTO GE0005 001

REV.

FOGLIO **15 di 196**

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

3.3 Campagna indagini 2013/2014 (Sidercem s.r.l.)

Indagini in sito:

- n. 25 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a profondità variabile tra i 30 e 50 m;
- rilievo stratigrafico e geomeccanico dei litotipi attraversati;
- prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon;
- installazione nei fori di sondaggio di piezometri idraulici;
- prove penetrometriche di tipo dinamico in foro tipo SPT (punta aperta e punta chiusa con prelievo di campioni indisturbati, rimaneggiati e litoidi);
- prove geofisiche (prospezione elettromagnetica, prove MASW e prove Refraction Microtremor, sismica a rifrazione in onde P e SH e prove down-hole).

Di seguito si riporta l'elenco dei sondaggi eseguiti, indicando la profondità, la quota sondaggio e le coordinate cartesiane

Sondaggio	x	Y	Quota m s.l.m.	Prof. (m)
P1	2466385,3792	4544333,9247	53,30	40,00
P2	2466375,1787	4543436,5186	50,50	30,00
P3	2466327,4244	4543123,2242	50,20	30,00
P4	2466360,2315	4542704,7591	47,50	30,00
P6	2467140,8165	4541501,9638	41,30	30,00
P7	2469663,4624	4541490,8752	47,37	50,00
P8	2470353,0443	4540568,8088	37,30	30,00
P9	2471118,9866	4547268,3007	116,53	50,00
P10	2471212,0968	4547495,5006	114,10	30,00
P11	2471376,8667	4547820,3294	107,82	30,00
P12	2471385,6164	4547961,5576	112,80	50,00
P13	2471627,8702	4548509,1215	104,50	40,00
P14	2472278,4268	4549230,1939	93,50	50,00
P15	2472415,1195	4549748,2467	79,00	40,00
P16	2472544,9794	4550265,4685	69,79	46,00
P18	2473251,5497	4551080,4793	65,49	50,00
P19	2473616,8198	4551740,3723	45,80	35,00
P20	2473919,5910	4551971,8650	56,51	35,00
P21	2474248,9241	4552323,5759	57,64	40,00
P22	2474480,1092	4553152,5333	55,81	50,00
P23	2474503,0381	4553476,2608	57,93	50,00







ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	16 di 196
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Sondaggio	x	Y	Quota m s.l.m.	Prof. (m)
P24	2474496,3769	4553656,6301	45,00	30,00
P25	2474577,8664	4554061,8137	56,23	50,00
P26	2474837,2498	4554874,8913	55,80	50,00
P28	2469990,8786	4542583,3974	64,88	45,00

Tab. 3 - Sondaggi della campagna 2013/2014 utilizzati.

Prove di laboratorio:

- apertura, descrizione e prove di classificazione sui campioni rimaneggiati prelevati;
- apertura, descrizione e prove di classificazione, prova di taglio diretto, prova edometrica e di compressione triassiale consolidata non drenata e non consolidata (TXCIU, TXUU) sui campioni indisturbati prelevati.

Per il dettaglio delle prove si rimanda al Doc. Rif. [3] e [4] non allegati al progetto esecutivo³.

3.4 Campagna indagini 2015 – (intorno al km 8+000) (IMOS s.r.l.)

Indagini in sito:

- n. 1 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra i 10 e i 40 m dal p.c.;
- prove penetrometriche di tipo dinamico in foro tipo SPT (punta aperta e punta chiusa con prelievo di campioni rimaneggiati);
- N. 1 prova penetro metrica statica

Di seguito si riporta l'elenco delle indagini eseguite, indicando la profondità, la quota sondaggio e le coordinate cartesiane:

Sondaggio	x	Y	Quota m s.l.m.	Prof. (m)
S01-M-2015	41°05'05.1589"N	14°25'24.1866"E	104.600	50
CPT1-M-2015	41°05'02.7974"N	14°25'22.1329"E	107.471	18.40

Tab. 4 – Sondaggi della campagna 2015 utilizzati

³ I certificati di queste prove non sono risultati disponibili. Si è fatto quindi riferimento ai risultati riportati nelle tabelle riassuntive allegate alla Relazione Geotecnica generale del Progetto Definitivo





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	17 di 196

Prove di laboratorio:

- apertura, descrizione e prove di classificazione sui campioni rimaneggiati prelevati;
- apertura, descrizione e prove di classificazione, prova edometrica e di compressione triassiale (TXCIU, TXUU, TXCD) sui campioni indisturbati prelevati.

Per il dettaglio delle prove si rimanda al Doc. Rif.[8] [1] non allegati al progetto esecutivo⁴.

3.5 Campagna indagini 2015 (intorno al km 15+500) (IMOS s.r.l.)

Indagini in sito:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra i 10 e i 40 m dal p.c.;
- prove penetrometriche di tipo dinamico in foro tipo SPT (punta aperta e punta chiusa con prelievo di campioni rimaneggiati);
- N. 1 prova penetrometrica statica.

Di seguito si riporta l'elenco delle indagini eseguite, indicando la profondità, la quota sondaggio e le coordinate cartesiane:

Sondaggio	х	Y	Quota m s.l.m.	Prof. (m)
S01-D-2015	41°08'30.9223"N	14°27'41.1665"E	54.744	40
S01-D-2015	41°08'24.4766"N	14°27'39.0141"E	54.744	35
S01-D-2015	41°08'24.2940"N	14°27'43.6081'E	55.699	10
S01-D-2015	41°08'23.8648"N	14°27'43.2115'E	55.512	10
CPT1-D-2015	41°08'24.5057"N	14°27'38.8245"E	-	4.7

Tab. 5 – Sondaggi della campagna 2015 utilizzati

Prove di laboratorio:

• apertura, descrizione e prove di classificazione sui campioni rimaneggiati prelevati.

 apertura, descrizione e prove di classificazione, prova edometrica e di compressione triassiale (TXCIU, TXUU, TXCD) sui campioni indisturbati prelevati.

Per il dettaglio delle prove si rimanda al Doc. Rif.[5] e [7] non allegati al progetto esecutivo⁴.

⁴ I certificati di queste prove non sono risultati disponibili. Si è fatto quindi riferimento ai risultati riportati nelle tabelle riassuntive allegate alla Relazione Geotecnica generale del Progetto Definitivo





ITINER

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

FOGLIO

18 di 196

IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

3.6 Campagna indagini 2016 (IMOS s.r.l.)

Indagini in sito:

- n. 6 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra i 10 e i 53.4 m dal p.c.;
- prove penetrometriche di tipo dinamico in foro tipo SPT (punta aperta e punta chiusa con prelievo di campioni rimaneggiati);

Di seguito si riporta l'elenco delle indagini eseguite, indicando la profondità, la quota sondaggio e le coordinate cartesiane:

Sondaggio	x	Y	Quota m s.l.m.	Prof. (m)
S1_2016	41°05'08.5561	14°25'27.2940	100.419	50.0
S2_2016 (Piez)	41°05'12.7498	14°25'29.5791	104.185	30.0
S3_2016 (Piez)	41°06'53.3640	14°26'51.8685	57.599	53.4
S4_2016	41°06'58.6782	14°26'55.5804	45.255	50.0
S5_2016	41°07'58.2898	14°27'29.3763	45.016	50.0
S6_2016	41°01'19.8105	14°23'56.5306	44.732	10.0

Tab. 6 – Sondaggi della campagna 2016 utilizzati

Prove di laboratorio:

- apertura, descrizione e prove di classificazione sui campioni rimaneggiati prelevati.
- apertura, descrizione e prove di classificazione, prove edometrica e di compressione triassiale (TXUU, TXCD) sui campioni indisturbati prelevati.

Per il dettaglio delle prove si rimanda al Doc. Rif.[5] e [7] non allegati al progetto esecutivo⁵.

3.7 Campagna indagini 2018 (varie ditte – Progetto esecutivo)

Indagini in sito:

- n. 45 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra i 15 e i 330 m dal p.c.;
- prove penetrometriche di tipo dinamico in foro tipo SPT (punta aperta e punta chiusa con prelievo di campioni rimaneggiati);
- prove pressiometriche in foro di sondaggio;
- prove dilatometriche su roccia in foro di sondaggio;
- prove dilatometriche su terreni (dilatometro tipo Marchetti) in foro di sondaggio;

⁵ I certificati di queste prove non sono risultati disponibili per gli scriventi. Si è fatto quindi riferimento ai risultati riportati nelle tabelle riassuntive allegate alla Relazione Geotecnica generale del Progetto Definitivo





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	19 di 196

- prove di permeabilità in foro tipo Lefranc e tipo Lugeon;
- allestimento di fori di sondaggio con piezometri a tubo aperto e tipo Casagrande;
- allestimento fori di sondaggio per prove down-hole;
- 36 prove penetrometriche continue di tipo statico (CPT) e dinamico superpesante (DPSH); alcune
 prove sono state eseguite con sistemo misto, statico-dinamico anche con perforazione di tratti
 specifici per il superamento di livelli litoidi; altre prove infine sono state eseguite sia con metodo
 statico che dinamico (in tal caso le prove sono state raddoppiate, ma numerate nella stessa maniera,
 quindi in effetti le prove realmente eseguite sono più di 36);
- 16 pozzetti geognostici: alcuni pozzetti geognostici, programmati per le prove di permeabilità/dispersione (per il dimensionamento delle trincee drenanti) sono stati eseguiti tramite carotaggio corto 5 m e prova di permeabilità tipo Lefranc.

Prove di laboratorio

Prove su terre:

- apertura, descrizione e prove di classificazione (granulometria, limiti) su campioni rimaneggiati.
- apertura, descrizione e prove di classificazione (granulometria, peso di volume, umidità, limiti) su campioni indisturbati.
- Prove di compressione triassiale UU
- Prove di taglio diretto CD
- Prove edometriche
- Prove edometriche tipo Huder-Amberg su argille varicolori

Prove su rocce tenere (tufi):

- · Peso di volume.
- Prove di compressione uniassiale con misura delle deformazioni

Prove su rocce calcaree

- Peso di volume.
- Prove di compressione uniassiale con misura delle deformazioni
- Prove point load
- Prove triassiali in roccia
- Prove di taglio su giunto
- Prova a trazione tipo brasiliana



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

IF1N 01 E ZZ RB GE0005 001 B 20 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Indagini geofisiche:

- n. 11 prove down-hole in foro;
- stendimenti sismici a rifrazione con metodo tomografico e doppia energizzazione per misura delle velocità delle onde di compressione e di taglio;
- stendimenti geoelettrici.

Di seguito si riporta l'elenco delle indagini eseguite, indicando la profondità, la quota sondaggio e le coordinate cartesiane:

RILIEVO POSIZIONE SONDAGGI					
N°	Sondaggio	Est	Nord	Quota b.f.	
1	PE-S01	149040,310	348231,674	142,04	
2	PE-S02	148992,12	347027,884	183,16	
3	PE-S03	148976,609	347027,884	407,02	
4	PE-S04	148697,316	346132,763	353,00	
5	PE-S05	148266,601	345091,431	105,79	
6	PE-S06	148462,986	347253,635	183,07	
7	PE-S07	148605,495	347214,398	233,30	
8	PE-S08	149046,801	347945,125	165,65	
9	PE-S09	148341,309	342751,243	40,98	
10	PE-S10	148076,715	343015,259	44,15	
11	PE-S11	147965,352	343134,200	45,83	
12	PE-S12	147486,213	343544,292	53,60	
13	PE-S13	148258,288	344005,797	57,66	
14	PE-S14	148250,649	345015,78	95,40	
15	PE-S15	149200,313	348752,274	124,35	
16	PE-S16	149551,546	349335,213	113,60	
17	PE-S17	149592,895	349447,255	110,25	
18	PE-S18	149670,81	349648,85	109,95	
19	PE-S19	149893,901	350116,141	103,18	
20	PE-S20	149962,458	350201,86	99,50	
21	PE-S21	150684,56	351629,437	76,90	
22	PE-S22	150802,903	351867,573	75,13	
23	PE-S23	150929,312	352078,346	71,31	
24	PE-S24	150684,560	352228,771	70,07	
25	PE-S25	151162,606	352350,95	55,20	
26	PE-S25bis	151173,92	352357,67	55,20	
27	PE-S26	151213,148	352441,784	70,62	

Ghella





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 21 di 196

28	PE-S27	151381,95	352623,8	68,00
29	PE-S28	151805,684	353283,142	56,32
30	PE-S29	151990,42	353484,58	45,40
31	PE-S30	152088,349	353604,5	56,62
32	PE-S31	152305,165	353904,595	52,56
33	PE-S32	152803	355489,44	53,00
34	PE-S33	148244,542	343941,286	57,35
35	PE-S34	152817,587	355709,804	54,10
36	PE-S35	152031,407	353547,834	43,97
37	PE-S36	152801,52	355457,834	44,79
38	PE-S37	149568,588	349380,9	112,30
39	PE-S38	149864,52	350079,694	104,48
40	PE-S39	149042,010	348234,820	142,04
41	PE-S40	148398,812	342714,025	40,73
42	PE-S41	151752,102	353149,263	58,15
43	PE-S42	149649,374	349547,53	108,38
44	PE-S43	149659,836	349567,027	110,06
45	PE-S44	149661,66	349628,06	110,06

POZZETTI ESPLORATIVI							
N°	POZZ	ETTI	EST	NORD	QUOTA		
1	PE-PZ	1	148655,649	342480,561	38,70		
2	PE-PZ	2	148273,912	342817,102	41,80		
3	PE-PZ	3	148216,297	342865,364	43,50		
4	PE-PZ	4	148203,030	342920,440	43,30		
5	PE-PZ	5	148140,500	342976,010	43,80		
6	PE-PZ	6	NON ACCESSIBILE				
7	PE-PZ	7	148221,895	343612,775	52,80		
8	PE-PZ	8	NON ESEGU	JIBILE – AREA DI DISCA	RICA		
9	PE-PZ	9	151293,99	352532,646	64,00		
10	PE-PZ	10	152736,524	354604,020	54,10		
11	PE-PZ	11	152777,675	354886,306	55,30		
12	PE-PZ	12	152814,925	355368,539	43,50		
13	PE-PZ	13	147808,503	343147,193	44,30		
14	PE-PZ	14	147683,003	343201,536	44,80		
15	PE-PZ	15	148731,360	342388,420	38,00		
16	PE-PZ	16	148597,605	342519,755	38,50		

Ghella





ITINERARIO NAPOLI – BARI

01 E ZZ

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

COMMESSA LOTTO

IF1N

CODIFICA RB DOCUMENTO
GE0005 001

REV. FOGLIO

В

22 di 196

PENETROMETRICHE						
N°	PROVE	EST	NORD	QUOTA		
1	PE-PC 1	148531,400	342588,959	39,30		
2	PE-PC 2	148328,533	342772,218	41,20		
3	PE-PC 3	148030,587	343072,060	44,60		
4	PE-PC 4	147904,529	343191,173	45,80		
5	PE-PC 5	147828,492	343217,836	45,80		
6	PE-PC 6	147745,933	343302,296	46,50		
7	PE-PC 7	147437,100	343572,209	50,80		
8	PE-PC 8	147375,773	343628,868	51,10		
9	PE-PC 9	148240,660	344306,960	64,20		
10	PE-PC 10	148220,138	344719,580	76,10		
11	PE-PC 11	148221,938	344753,711	77,50		
12	PE-PC 12	149430,864	349132,694	115,80		
13	PE-PC 13	149495,516	349242,842	113,10		
14	PE-PC 14	149524,410	349292,872	114,50		
15	PE-PC 15	149578,418	349397,164	111,80		
16	PE-PC 16	149616,415	349492,426	109,00		
17	PE-PC 17	149645,943	349552,849	108,00		
18	PE-PC 18	149695,697	349720,465	112,50		
19	PE-PC 19	149832,625	350019,845	106,70		
20	PE-PC 20	149832,605	350019,304	105,40		
21	PE-PC 21	149852,375	350048,562	130,50		
22	PE-PC 22	149936,023	350152,141	100,50		
23	PE-PC 23	149978,301	350220,566	99,50		
24	PE-PC 24	150018,637	350268,000	100,20		
25	PE-PC 25	150048,204	350302,174	100,00		
26	PE-PC 26	NC	N ACCESSIBILE			
27	PE-PC 27	150191,764	350453,306	100,70		
28	PE-PC 28	150482,794	350873,681	93,80		
29	PE-PC 29	151345,597	352578,795	68,30		
30	PE-PC 30	151427,361	352673,491	65,90		
31	PE-PC 31	151480,341	352744,600	64,30		
32	PE-PC 32	151546,394	352829,616	63,30		
37	PE-PC 37	152330,360	353846,708	54,30		





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	23 di 196

4. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato principale si sviluppa su una lunghezza di circa 16.5 km, con le relative interconnessioni, mentre la Variante alla Linea Roma – Napoli via Cassino ha una lunghezza di circa 2.9 km.

Per tutti i tratti la sede ferroviaria è prevalentemente in rilevato, con brevi tratti in trincea (ovviamente escludendo le lunghe trincee di approccio alla galleria Monte Aglio).

Le opere principali ricadenti nei tratti in esame sono di seguito riportate.

Opere d'Arte principali relative alla Variante alla Linea Storica Roma - Napoli Via Cassino:

TINERA

- Variante Linea Roma-Napoli Via Cassino: VIADOTTO dal km 1+031,726 al km 1+835,622 "Struttura ad Archi" - VI01;
- Variante Linea Roma-Napoli Via Cassino: VIADOTTO dal km 1+835,622 al km 2+207,890: Viadotto Cancello (VI02).

Opere d'Arte principali relative alla Tratta Cancello-Benevento - 1° Lotto Funzionale Cancello – Frasso Telesino:

- VIADOTTO dal km 7+731 al km 8+060: Viadotto Valle di Maddaloni (VI04);
- VIADOTTO dal km 8+632 al km 8+776: Viadotto Rio Secco (VI05);
- VIADOTTO dal km 10+319 al km 11+730: Viadotto S. Michele (VI06);
- VIADOTTO dal km 12+564 al km 12+820: Viadotto Cantinella "Struttura ad Archi" VI03;
- VIADOTTO dal km 12+547 al km 12+799: Viadotto Isclero (VI07);
- VIADOTTO dal km 14+764 al km 14+914: Viadotto S. Giorgio (VI08).

Si prevedono inoltre alcune nuove viabilità connesse al tracciato principale e le relative opere d'arte, maggiori e/o minori.



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	24 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

5. QUADRO DI RIFERIMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

5.1 Descrizione delle unità geologiche

Le formazioni geologiche affioranti nell'area in esame sono state raggruppate in Unità stratigraficostrutturali, intendendo con questo termine Unità costituite da formazioni poste in successione stratigrafica all'interno di serie delimitate tra loro da contatti tettonici ad estensione regionale.

Per una descrizione delle unità geologiche considerate nel presente progetto si rimanda alla Relazione Geologica.

Di seguito vengono riassunte in maniera molto sintetica le principali suddivisioni che sono state considerate nello studio geologico e che sono state considerate per la modellazione geotecnica del tracciato secondo i criteri che verranno descritti nel seguito.

DEPOSITI QUATERNARI

- Alluvioni attuali e recenti presenti nelle aree di fondovalle dei corsi d'acqua principali (Fiume Isclero, Torrente San Giorgio, Torrente Capitone).
- Depositi eluviali e colluviali originatisi per l'alterazione in posto o per deposito lungo aree di compluvio dei terreni piroclastici.
- Detriti di versante originatati dal disfacimento dei rilievi calcarei ma frammisti a materiale vulcanico più o meno rimaneggiato.

DEPOSITI VULCANICI, EPIVULCANICI E FLUVIO-LACUSTRI ANTECEDENTI IL VULCANISMO

- Piroclastiti da caduta presenti sui versanti, frammisti a depositi eluvio-colluviali e ai detriti di versante.
- Piroclastiti superficiali dell'Unità di Casalnuovo-Casoria, presenti nelle aree pianeggianti della Piana di Maddaloni e nella Piana dell'Isclero.
- Tufo Grigio Campano, suddiviso in due principali litofacies:
 - ✓ la litofacies litoide (formata dal tipico "tufo giallo" a grosse scorie e pomici, a volte alla base o lateralmente di colore grigio e a grana più fine);
 - ✓ la litofacies "sciolta", formata da cineriti a grana sabbioso-limosa con vario contenuto di scorie, pomici e lapilli; nell'ambito di questa litofacies è stata ulteriormente distinta una sub-unità prevalentemente a grana fine.
- Formazione di Maddaloni suddivisa in tre litofacies:
 - ✓ facies cineritica ed epivulcanica: cineriti argillificate con tracce di deposizione in acqua, frammiste e alternate ad epivulcaniti (materiali vulcanici più o meno rimaneggiati); a tratti si





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 25 di 196

- intervallano con materiali di genesi decisamente sedimentaria (fluvio-lacustre-palustre) ma con un contenuto di materiale di origine vulcanico sempre rilevante;
- ✓ facies epivulcanica e lacustre: depositi lacustri recenti misti ad epivulcaniti: limi argillosi e argille limo-sabbiose di colore grigio scuro, con elevato contenuto di sostanze organiche (fino a torbe); nei materiali si rinviene materiale di natura vulcanica a testimonianza che le fasi di sedimentazione sono avvenute anche in concomitanza dei primi eventi vulcanici (o per trasporto di materiali vulcanici depositati in zone limitrofe):
- √ facies fluvio-lacustre antica: ghiaie e detrito calcareo a grossi frammenti, sempre con un'elevata matrice limo-sabbiosa e sabbiosa, con intercalazioni di limi, argille e sabbie con livelli di ghiaie.
- Formazione sabbioso-argillosa del Quaternario antico, intercettata solamente nel sottosuolo del Torrente San Giorgio, sovrapposta direttamente alle Arenarie di Caiazzo.

DEPOSITI TERZIARI

• Arenarie di Caiazzo: arenarie quarzoso-feldspatiche grigie o marroni, in banchi o strati.

ITINERA

 Argille varicolori: argille e argilliti siltose, generalmente rosse, violacee, verdi e grigiastre, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi avana o verdastri, a volte costituenti grossi blocchi immersi nelle argilliti (olistoliti). La formazione presenta un assetto caotico per cause tettoniche.

DEPOSITI MESOZOICI

 Formazioni calcaree (Calcari a radiolariti, Calcari a rudiste e orbitoline); calcari, calcareniti e dolomie in strati e banchi da medi a spessi, spesso interessati da fenomeni carsici

5.2 Criteri per la definizione delle unità geotecniche

Per la definizione delle unità geotecniche si è seguito un approccio che, nella sostanza, segue quello formazionale di tipo geologico prima descritto. Si è evitato quindi di accorpare terreni analoghi in termini granulometrici per evitare di accorpare, in una determinata unità geotecnica, materiali geneticamente, ma anche meccanicamente diversi, come ad esempio alcuni tufi semi-litoidi scoriacei che tendono a disgregarsi per effetti di alterazione (o anche per disturbo meccanico una volta sottoposti a carotaggio), granulometricamente assimilabili ad una sabbia limosa, ma di certo non assimilabili (dal punto di vista meccanico) ad un terreno sabbioso-limoso appartenente, ad esempio, a formazioni detritico-alluvionali o piroclastiche sciolte.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	26 di 196

Questo approccio necessita ovviamente di un controllo puntuale che permetta di evidenziare eventuali differenze e anomalie all'interno delle stesse formazioni geologiche, in modo da distinguere eventuali porzioni o corpi assimilabili dal punto di vista geologico, ma geotecnicamente differenziati. In questi casi le unità geologiche sono state suddivise in sub-unità geotecniche.

Una volta definite le unità (o sub-unità) geotecniche, i risultati delle indagini (in sito e in laboratorio) sono stati catalogati nell'ambito di queste unità e interpretati con i criteri classici della Meccanica delle Terre.

Questa caratterizzazione ha portato quindi all'individuazione, per ogni unità geotecnica, di un campo di valori che sarà più o meno ampio a secondo della omogeneità dei materiali. Questo approccio consente di poter estrapolare, in mancanza di dati specifici e puntuali, i parametri geotecnici su basi formazionali, fermo restando che è necessario, per le principali opere d'arte, verificare che i dati specifici acquisiti nel sito rientrino nel suddetto campo di valori, cercando di limitare il più possibile il range di valori indicato in modo da limitare il livello di aleatorietà della caratterizzazione e quindi dei calcoli di dimensionamento delle singole opere.

Con tale impostazione, nel capitolo 6 saranno descritti i criteri utilizzati per la caratterizzazione geotecnica, nel capitolo 7 sarà esposta la caratterizzazione geotecnica delle varie unità e quindi, nel capitolo 8, saranno forniti i modelli geotecnici per ogni singola opera e per tratti di tracciato omogenei.

Ghella



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 27 di 196

6. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA

6.1 Generalità

Per la definizione dei parametri geotecnici sono stati utilizzati tutti i dati acquisiti con le prove in sito (SPT, pressiometriche, dilatometriche in foro, prove penetrometriche e dilatometriche continue) e in laboratorio. Per la suddivisione delle unità si è fatto riferimento anche agli scavi di saggio e ai risultati delle prove geofisiche (in foro e prospezioni). I dati considerati sono quelli provenienti dalle precedenti fasi di indagine⁶ e dalla campagna di indagini del progetto esecutivo.

Le unità geotecniche interessate dal tracciato coprono un range di caratteristiche molto ampio: terreni sciolti granulari o coesivi, terreni piroclastici (che hanno un comportamento non assimilabile a quello dei terreni "normali", cioè messi in posto per processi sedimentari), formazioni "strutturalmente complesse" (argille varicolori) e rocce (tenere o schiettamente litoidi).

I criteri con i quali vengono elaborati e interpretati i dati di indagine e gli approcci metodologici per la relativa caratterizzazione geotecnica devono quindi essere necessariamente differenziati in funzione delle caratteristiche delle singole unità.

I terreni prevalentemente granulari, per i quali è notoriamente difficile, se non impossibile, prelevare campioni indisturbati per le prove di laboratorio, sono stati caratterizzati attraverso parametri geotecnici in condizioni drenate stimati con correlazioni empiriche a partire dai risultati di prove penetrometriche in foro (SPT) o continue (statiche e dinamiche). Nella definizione dei parametri caratteristici si è tenuto in conto della eventuale influenza delle frazioni granulometriche più grossolane sui risultati delle prove penetrometriche (resistenza alla penetrazione legata alla presenza di grossi clasti piuttosto che allo stato di addensamento). Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni granulari sono comunque stati utilizzati i dati delle prove di laboratorio su terreni rimaneggiati, per una definizione delle caratteristiche granulometriche e di plasticità, e per una più corretta utilizzazione delle correlazioni empiriche. Alcune prove meccaniche sono state eseguite su provini ricostituiti o su alcuni campioni prelevati comunque con metodi tale da creare poco disturbo, ma che inevitabilmente devono essere considerati disturbati.

⁶ I dati sono stati estratti dalla documentazione disponibile. I risultati delle prove di laboratorio sono disponibili in forma riassuntiva nelle tabelle allegate alla Relazione Geotecnica del PD

Ghella



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	28 di 196

Per le unità più tipicamente coesive sono stati valutati i parametri geotecnici in condizioni drenate e non drenate facendo affidamento sia sulle prove di laboratorio (prove triassiali, di taglio e prove edometriche) sia sulle prove in sito (in particolare prove penetrometriche statiche e dilatometriche)

Un discorso a parte meritano le piroclastiti. Per le caratteristiche meccaniche di questi terreni è opportuno ricordare che, a differenza dei sedimenti ordinari, i grani di natura vulcanica (lapilli, scorie, pomici) sono in grande maggioranza in forme molto frastagliate e dotati di elevata porosità interna. Tali caratteri fanno sì che tra grano e grano si stabiliscano facilmente dei legami di mutua indentazione o aggancio che in pratica si possono staccare solo con la rottura delle apofisi agganciate. Pertanto, a differenza dei terreni granulari "normali" (cioè costituiti da grani più o meno rotondeggianti o comunque con forme chiuse, non mutuamente agganciati) materiali siffatti simulano, sotto le sollecitazioni di taglio, anche una componente di resistenza di tipo coesivo ("pseudocoesione") più o meno accentuata.

Dati i rapporti suddetti tra i grani, la loro forma e la scabrezza delle superfici, la componente di resistenza attritiva è generalmente più elevata di quella presentata dai sedimenti di pari granulometria e grado di addensamento. Lo stesso concetto di grado di addensamento è di difficile applicazione per i terreni vulcanici, i cui processi di formazione sono completamente diversi dai sedimenti (depositatati in acqua e addensati per peso proprio a seguito del progressivo accumulo). Per le piroclastiti, sia che si tratti di depositi di ricaduta ("air fall") che di colata piroclastica, la messa in posto avviene da una "miscela" di frammenti piroclastici (ceneri, lapilli, e scorie) e gas con una successiva cementazione o saldatura per punti per processi di raffreddamento e conseguenti legami chimici. I materiali possono quindi avere elevate resistenza anche con "stati di addensamento" molto bassi; ne è comprova il valore sempre molto basso del peso di volume (elevata porosità ed indice dei vuoti), per la presenza di vacuoli tra i grani e all'interno dei singoli grani.

D'altra parte, la particolare struttura prima descritta porta con sé diversi comportamenti abbastanza tipici determinati dalla fragilità delle apofisi dei granuli piroclastici: fenomeni di schiacciamento sotto pressioni relativamente basse; rottura a taglio di tipo "fragile", con picco accentuato, localizzato nel campo dei piccoli spostamenti.

Analoghe considerazioni vanno fatte per i caratteri di deformabilità. In sede di progetto definitivo le prove per la definizione della deformabilità delle piroclastiti sono state definite paragonando questi materiali a terreni sedimentari normali, attraverso prove edometriche. Inevitabilmente lo stesso approccio è stato seguito nelle indagini per il progetto esecutivo.

Tuttavia, è ben noto che la deformabilità dei materiali piroclastici è legata più a processi di "collasso" dei legami o di rottura degli incastri piuttosto che ai classici processi di consolidazione sui quali si basa la





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	29 di 196

teoria edometrica. Questo è confermato dalla difficoltà nell'interpretare le prove edometriche, ad esempio per la definizione dei parametri Cc per l'irregolarità della curva; anche la stessa definizione del Cv (o del coefficiente di permeabilità) è da ritenersi falsata dall'effetto scala; si tratta infatti di materiali a granulometria prevalente limosa e sabbiosa, la cui permeabilità a grande scala è da ritenere mediamente elevata (come confermato dalle prove di permeabilità in foro); le basse permeabilità che si ottengono dalle prove edometriche sono da attribuire alla piccola scala del campioncino edometrico (pochi centimetri) e della conseguente influenza della sia pur scarsa frazione "argillosa".

La caratterizzazione geotecnica di questi materiali non è quindi affatto semplice. Da un lato è assai difficile prelevare campioni effettivamente indisturbati per le prove di laboratorio (e la relativa interpretazione dei risultati richiede opportune considerazioni); dall'altro lato le prove penetrometriche vanno utilizzate con una certa accortezza poiché le usuali correlazioni disponibili in letteratura sono state tarate su terreni "normali", sedimentari. Il processo di infissione della punta penetrometrica (che si tratti di SPT o DPSH) può essere condizionata dalla presenza di strati cementati (tufi granulari o piroclastiti saldate) che porterebbe a sovrastimare il valore di angolo di attrito (non potendo valutare la coesione/cementazione da queste prove) o per contro porterebbe ad una sottostima quando il materiale molto poroso e fragile tende a rompersi facilmente a seguito della percussione (portando a valori di resistenza penetrometrica bassi o comunque inferiori a quelli che si potrebbero avere per terreni di analoga resistenza a taglio).

Tuttavia, è necessario, con senso pragmatico, arrivare ad una caratterizzazione geotecnica di questi terreni, per i quali peraltro si possiedono numerose esperienze da lavori eseguiti.

L'approccio adottato è stato quello di utilizzare le correlazioni usuali con le prove penetrometriche, valutando eventuali valori anomali con la consapevolezza dei motivi che possono provocare tali anomalie.

Per i terreni piroclastici a grana fine (cineriti ed epivulcaniti a granulometria limo-argillosa) queste difficoltà sono relativamente ridotte poiché il materiale può in effetti essere assimilato, con buona approssimazione, a terreni sedimentari di natura coesiva. Valgono quindi, per i materiali cineritici, gli stessi approcci prima descritti per i terreni sedimentari.

Per quanto riguarda le rocce, la caratterizzazione geotecnica (geomeccanica) verrà fatta facendo riferimento alla classificazione dell'ammasso roccioso secondo i cosiddetti indici di ammasso (RMR di Bieniawski e GSI di Hoek), adottando uno schema concettuale di mezzo continuo (pseudo-omogeneo o stratificato) e riferendosi ai criteri di rottura proposti e aggiornati da Hoek & Brown a partire dal 1980.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	30 di 196

Una trattazione di maggiore dettaglio della caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi viene riportata nella Relazione Geomeccanica, specifica per le opere in sotterraneo.

Per le opere all'aperto gli ammassi rocciosi vengono interessati solo in profondità con i pali di fondazione di alcuni viadotti. La caratterizzazione di questi ammassi può fare riferimento quindi solo ai dati provenienti dai sondaggi, non essendo disponibili affioramenti di riferimento. Si farà quindi utilizzo di metodi specifici che tengono conto in particolare dei valori di RQD, proposti da Hoek (cosiddetto metodo GSI "quantitativo", di cui si riferirà nel seguito).

Lo stesso approccio è stato seguito per le rocce tenere (tufi) presenti su gran parte del tracciato a profondità tra 5 e 15 m circa, che saranno quindi interessati spesso dalle fondazioni dei viadotti.

6.2 Note sull'utilizzo delle prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH)

TINERA

In considerazione della prevalenza di terreni granulari lungo il tracciato delle opere all'aperto, per la loro caratterizzazione è necessario fare uso di prove penetrometriche (stante la difficoltà/impossibilità di prelievo di campioni indisturbati).

Oltre alle prove SPT, di tipo puntuale, è stata programmata anche una campagna di prove penetrometriche continue, statiche (preferite su terreni coesivi) e dinamiche.

Mentre per le prove statiche (CPT) esistono correlazioni specifiche per la stima di alcuni parametri geotecnici, per le prove dinamiche (SCPT) vanno fatte considerazioni specifiche.

Esistono infatti vari tipi di penetrometri dinamici SCPT differenziati per peso del maglio, altezza di caduta, punta e in generale per le diverse energie di infissione. Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura per la stima dei parametri geotecnici fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, è necessaria quindi una correzione dei risultati delle prove continue per tenere conto delle diverse modalità esecutive.

Un primo criterio è quello di raffrontare le diverse energie specifiche di infissione delle prove SPT e delle prove continue e quindi applicare il relativo coefficiente ai risultati della prova.

Applicando la nota formula olandese, il penetrometro utilizzato nelle indagini del progetto esecutivo (tipo DPSH)⁷ ha un rapporto di energia rispetto alle SPT $Q_{DPSH}/Q_{SPT} = 1.521$. Si dovrebbe applicare quindi lo stesso rapporto per convertire le N_{20} dell DPSH nelle N_{30} delle prove SPT.

 $^{^{7}}$ Massa battente 63.5 kg, altezza caduta libera 75cm, peso sistema battuta 30 kg, diametro punta conica 50.5 mm,k angolo apertura punta 60°, peso aste 8 kg/m, avanzamento punta 20 cm, numero di colpi punta N_{20}





ITINERA

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESS
IF1N

LOTTO CODIFICA

01 E ZZ RB

DOCUMENTO
GE0005 001

REV. FOGLIO

В

31 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Un secondo metodo, di tipo empirico, prevede di ricavare correlazioni specifiche in funzione di dati sperimentali su diversi tipi di terreni. Con questo secondo metodo i dati di letteratura forniscono i seguenti rapporti (da prendere tuttavia con cautela e da calibrare sulla base di indagini specifiche):

 $N_{SPT} = 1 \cdot N_{SCPT}$ Ghiaie e ghiaie sabbiose

 N_{SPT} = 1.25 · N_{SCPT} Sabbie e ghiaie con fine plastico

 $N_{SPT} = 1.5 \cdot N_{SCPT}$ Sabble con molto fine

 $N_{SPT} = 2 x \cdot N_{SCPT}$ Limi

 $N_{SPT} = 2.5 \cdot N_{SCPT}$ Argille limose/sabbiose

 $N_{SPT} = 3 \cdot N_{SCPT}$ Argille

Il valore per le sabbie con molto fine corrisponde al rapporto di energie prima indicato per l'attrezzatura utilizzata.

Tenuto conto che le prove penetrometriche eseguite in questo lotto riguardano in gran parte terreni piroclastici (il cui comportamento è stato descritto in precedenza) si è ritenuto di dover procedere ad una calibrazione delle prove, prendendo in esame un'area omogenea in termini stratigrafici e geotecnici e dove si dispone di un buon numero di prove SPT e DPSH (sia pur non direttamente affiancate le prove prese in considerazione possono riferirsi alla stessa unità geotecnica). L'area è sostanzialmente pianeggiante quindi le profondità delle varie prove corrispondono all'incirca alle medesime quote.

Questo confronto per calibratura è stato effettuato per la Piana di Maddaloni, in corrispondenza dei viadotti VI01 e VI02, dove si dispone delle prove penetrometriche PE-PC numerate da 1 a 8 e dei sondaggi con SPT PE-S9-10-11-12, P8, PNIF51V03.

I risultati di questa calibratura sono riportati nei grafici seguenti. Nei primi due grafici sono riportati i valori di N_{SPT} e N_{20} (da DPSH) nel range 0-30 m dal p.c.. Da questi due grafici si apprezza, anche solo qualitativamente, come i valori di N_{20} nella gran parte dei casi, siano sempre inferiori ai valori di N_{SPT} ad analoga profondità, confermando il diverso rapporto di energia tra le due prove.



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA

DELLE OPERE ALL'APERTO

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**



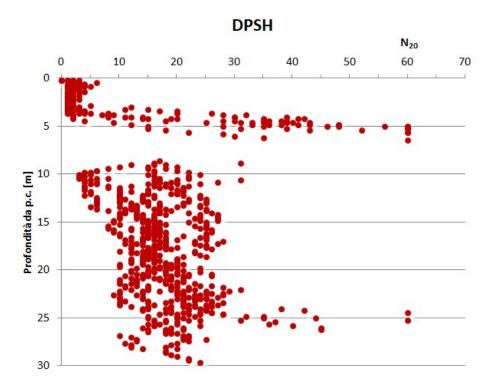


Fig. 1: Risultati delle prove DPSH nella Piana di Maddaloni (viadotti VI01 e VI02)

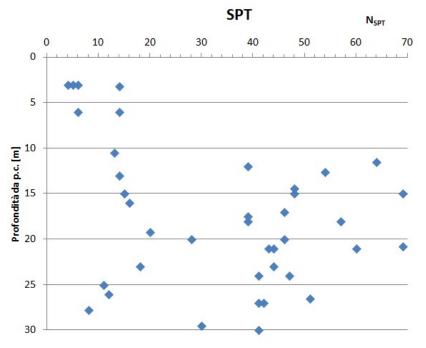


Fig. 2: Risultati delle prove SPT nella Piana di Maddaloni (viadotti VI01 e VI02)



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	33 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

In maniera più quantitativa si è tentato di trovare un coefficiente specifico rapportando i valori di N_{SPT} e N_{20} alla stessa profondità per due verticali di indagine affiancate (PE-S09 e PE-PC02). Tuttavia, per queste due verticali i risultati del confronto sono anomali in quanto si trovano valori analoghi o addirittura valori di N_{20} leggermente superiori a N_{SPT} . Applicare però un coefficiente unitario al rapporto di energia avrebbe portato a forti sottostime per le altre verticali, dove i valori N_{20} sono sempre inferiori.

Si è preferito quindi ragionare in termini di valori medi, prendendo l'insieme delle prove eseguite in questa area eliminando i risultati nei primi 10m. Negli strati più superficiali, infatti, i valori possono essere affetti da condizionamenti locali e comunque sono relativi a bassi valori di tensioni litostatiche (vari Autori evidenziano anomalie nelle prove SPT nei primi metri superficiali); inoltre è presente uno strato di tufo litoide, non interessato da prove SPT, ma incontrato con le prove DPSH (a rifiuto ma con un graduale aumento dei valori): considerare anche questi valori avrebbe portato a falsare il confronto.

Sono quindi stati esaminati i soli valori di N_{20} e N_{SPT} nell'intervallo 10÷30m, ricavando valori medi rispettivamente $N_{20} \approx 17.7$ e $N_{SPT} \approx 38.1$, con un rapporto di circa 2.15. Per ricavare valori interi di N_{SPT} è stato applicato un coefficiente 2. Nel grafico di fig. 3 sono quindi riportati, in funzione della profondità, i valori di N_{SPT} e i valori di N_{SPT} * ricavati dalle prove DPSH attraverso la relazione: N_{SPT} * = 2· N_{20} .

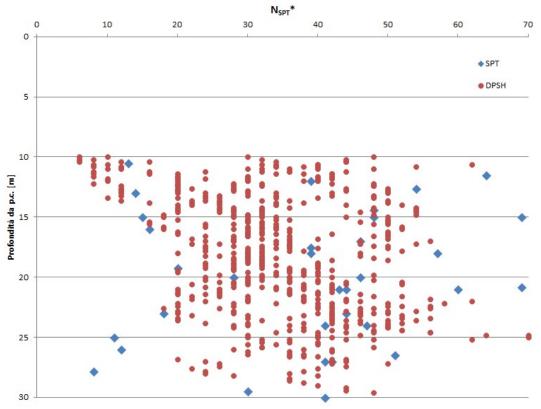


Fig. 3: Confronto tra valori di N_{SPT} da prove SPT e N_{SPT}* equivalenti ricavati da prove DPSH (viadotti VI01 e VI02)





ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA LOTTO IF1N

CODIFICA

DOCUMENTO

REV. **FOGLIO**

34 di 196 01 E ZZ RB GE0005 001 В

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Da questo grafico si evidenzia una discreta rispondenza tra i valori di N_{SPT} da SPT e N_{SPT} equivalenti (ricavati da DPSH con il rapporto pari a 2) almeno in termini di valori medi (o di "nuvola" di valori). Vanno esclusi alcuni valori molto bassi di N_{SPT} a profondità superiori a 25m, da attribuire a fattori locali.

Nei paragrafi che seguono si farà riferimento direttamente ai valori di N_{SPT} corretti con questo coefficiente e quindi alle relative correlazioni. Tuttavia, tenuto conto dell'aleatorietà del metodo e delle numerose approssimazioni insite nelle stesse tecniche di esecuzione di queste prove e dell'empiricità del metodo, i risultati vanno utilizzati con una certa cautela.

Note sul grado di sovraconsolidazione OCR

Il grado di sovraconsolidazione OCR rappresenta un indice che quantifica i fenomeni di preconsolidazione, distinguendo i terreni "normalconsolidati" da quelli "preconsolidati" (o sovraconsolidati con, appunto, vario grado di OCR). Si tratta di un parametro che assume significato per terreni sedimentari tipici dove il grado di sovraconsolidazione è legato al progressivo accumulo di sedimenti (che inducono consolidazione) seguito (eventualmente) da una fase erosiva (o di abbassamento della falda) che provoca le sovraconsolidazione.

Nel caso in esame questo parametro non assume un ruolo significativo perché nella grande maggioranza dei casi si tratta di terreni piroclastici dove, come si è già detto in precedenza, i processi di deposito, cementazione e attrazione ("attraction") sono legati a fenomeni fisico-chimici del tutto tipici dei processi vulcanici. A tutti gli effetti si dovrebbe parlare in questi casi sempre di "terreni" normalconsolidati perché i processi erosivi non hanno mai portato a cospicue erosioni (se non nelle ristrette aree vallive). Parlare di terreni normal-consolidati per tufi e piroclastiti indurrebbe tuttavia ad errori grossolani.

Poiché richiesto si riportano nel seguito i calcoli (puramente numerici) del grado di sovraconsolidazione calcolato nei 4 campioni prelevati nella fase di progetto esecutivo in cui sono state eseguite prove edometriche (per i campioni del Progetto definitivo non sono disponibili i certificati delle prove per cui tale calcolo non è posssibile).

In particolare sono state eseguite 4 prove edometriche sui campioni riportati nella seguente tabella:

Sondaggio	Campione	Unità	Profondità
PE-S38	CI1	TGC _{s-L}	11.40-11.90
PE-S38	CI2	TGCs	13.00-13.50
PE-S41	CI1	CCU	1.60-2.10
PE-S41	CI2	CCU	4.20-4.70





TINERA

ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

CODIFICA LOTTO 01 E ZZ RB

DOCUMENTO GE0005 001

REV. **FOGLIO** В

35 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA **DELLE OPERE ALL'APERTO**

Per i campioni appartenenti al sondaggio PE-S38, i valori del grado di consolidazione, dedotti dal rapporto tra la tensione di consolidazione e la tensione verticale litostatica efficace, sono risultati rispettivamente pari a 4 e 2.7. I valori di OCR per i campioni del sondaggio PE-S41 sono rispettivamente di 3.5 e 4.

COMMESSA

IF1N

Si tenga presente che i terreni indagati dalle prove edometriche sono generalmente depositi granulari medio-fini.

Sondaggio	Campione	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Limo [%]	Argilla [%]
PE-S38	CI1	0.0	51.7	36.1	12.2
PE-S38	CI2	1.5	52.8	28.9	16.8
PE-S41	CI1	5.6	28.0	57.6	8.8
PE-S41	CI2	6.6	39.9	30.3	23.2

6.4 Materiali a grana grossa (sabbie e ghiaie più o meno limose)

6.4.1 Introduzione

Secondo la classifica USCS si intendono a grana grossa i materiali caratterizzati da percentuali di fine (limo e argilla) inferiori al 50%.

In conseguenza del fatto che in tali materiali risulta difficile (se non impossibile) prelevare campioni indisturbati, la caratterizzazione geotecnica è affidata principalmente all'interpretazione delle prove in sito (mediante correlazioni empiriche) e delle prove di classificazione di laboratorio effettuate su campioni rimaneggiati in accordo ai criteri descritti nei paragrafi successivi.

L'interpretazione delle prove è finalizzata a determinare principalmente i sequenti parametri:

- stato iniziale del deposito (grado di addensamento o densità relativa);
- resistenza al taglio;
- deformabilità;
- permeabilità.

Si evidenzia che le correlazioni empiriche riportate nei paragrafi seguenti sono applicabili nei casi in cui è ragionevole ritenere che le prove siano avvenute in condizioni drenate, ovvero nei seguenti casi:

- Terreni sopra falda purché caratterizzati da percentuali di fine (limo e argilla) inferiori a ≅ 50%.
- Terreni sotto falda purché caratterizzati da percentuali di fine (limo e argilla) inferiori a ≅ 35÷40%.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 36 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

6.4.2 Stato iniziale del deposito

In sabbia

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

$$D_{r} = \left(\frac{1}{A + B \cdot \sigma_{vo}} \cdot N_{SPT}\right)^{0.5}$$
 [1]

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate in Tab. 7

 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

 $(K_o)_{nc}$ = 1-sin ϕ' = coefficiente di spinta a riposo per terreni normalmente consolidati (-)

 $(K_o)_{sc} = (K_o)_{nc} \cdot (GSC)^{0.5} = \text{coefficiente di spinta a riposo per terreni sovra consolidati (-)}$

GSC = grado di sovra consolidazione (-)

 D_r = densità relativa (-)

Tipo di materiale	A	В
Sabbie fini normalmente consolidate	27,5	27,5
Sabbie grosse normalmente consolidate	43,3	21,7
Sabbie sovra consolidate	27,5÷43,3	$(21,7\div27,5)\cdot\frac{1+2.(ko)sc}{1+2.(ko)nc}$

Tab. 7: Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

In questa sede, ove non specificato, si assumeranno valori di A e B corrispondenti alle sabbie medie. Per i motivi descritti, per i materiali piroclastici sabbiosi non si farà riferimento alla densità relativa.

In sabbie e ghiaie

Nelle sabbie e ghiaie la determinazione della densità relativa Dr risulta meno agevole che nelle sabbie per i seguenti ordini di problemi:

- per motivi esecutivi il campionatore standard a punta aperta deve essere spesso sostituito con quello a punta conica; in linea di principio non è detto che i risultati ottenibili con il campionatore standard a punta aperta in termini di numero di colpi/30 cm risultino uguali a quelli conseguiti con la punta conica e quindi possano essere interpretati direttamente con le correlazioni empiriche di letteratura sviluppate per la prova SPT con campionatore standard a punta aperta;
- a causa della presenza della ghiaia spesso vengono raggiunte condizioni di rifiuto che non necessariamente sono indice di elevati gradi di addensamento (difficoltà di penetrazione in caso di clasti lapidei di dimensioni elevate).

Per il superamento delle difficoltà in questa sede si opererà come segue:





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	37 di 196

- Ove possibile, nell'ambito della stessa formazione sabbioso-ghiaiosa, verrà fatto un confronto tra i
 risultati delle prove SPT eseguite con il campionatore standard a punta aperta e quelle eseguite con
 la punta conica; in base a tale confronto si valuterà la possibilità di trasformare i risultati ottenuti con
 la punta conica in valori N_{SPT} equivalenti con il campionatore standard. Ove tale confronto non sia
 possibile, i valori N_{SPT} misurati con la punta conica verranno equiparati ai valori N_{SPT} ottenibili con il
 campionatore standard.
- Ove possibile ad ogni valore N_{SPT} verrà associato:
 - o il corrispondente valore <u>misurato</u> di D_{50} (D_{50} = diametro delle particelle corrispondente al 50% di passante):
 - o un valore di D₅₀ <u>ipotizzato</u> sulla base di curve granulometriche disponibili a quote superiori ed inferiori a quella della profondità di prova.

In mancanza di dati granulometrici puntuali, l'interpretazione dei valori N_{SPT} , in accordo al metodo descritto al successivo punto, verrà effettuata facendo riferimento ad un valore di D_{50} medio stimato.

Nel caso di raggiungimento delle condizioni di rifiuto, l'interpretazione geotecnica del dato sperimentale verrà effettuata facendo riferimento ad un valore N_{SPT} calcolato come segue:

- N_{SPT} = 100 se le condizioni di rifiuto sono raggiunte nel primo o secondo tratto di 15 cm
- $N_{SPT} = N_2 + \frac{50}{9} \cdot 15 \le 100$ se le condizioni di rifiuto sono raggiunte nel terzo tratto di 15 cm

essendo (a) l'affondamento misurato (in centimetri) per un numero di colpi pari a 50.

Verranno inoltre scartati i valori (troppo bassi o troppo alti) che si scostano decisamente dalla linea di tendenza caratteristica.

L'interpretazione dei valori N_{SPT} verrà fatta in accordo al metodo proposto da Cubrinowski & Ishihara (1999) per materiali normalmente consolidati, caratterizzati da un coefficiente di spinta a riposo k_0 dell'ordine di $0,4\div0,5$, successivamente esteso da Ishihara et al. (2001) anche al caso dei terreni sovraconsolidati; tale metodo utilizza la seguente espressione:

$$D_{r} = \left\{ \frac{\left(N_{SPT}\right)_{78\%} \cdot \left(0.23 + \frac{0.06}{D_{50}}\right)^{1.7}}{9} \cdot \left(\frac{98}{\sigma_{vo}^{'}}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{k_{o,NC}}{k_{o,SC}}\right)^{1/2} \right\}^{1/2}$$
 [2]

essendo:

D_r = densità relativa (-)





ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA
DELLE OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	38 di 196

 $(N_{SPT})_{78\%}$ = numero di colpi/30 cm associabile ad un'energia trasferita alle aste pari al 78% di quella teorica (-)

D₅₀ = diametro delle particelle corrispondente al 50% di passante (mm)

 σ'_{vo} = pressione verticale efficace geostatica (kPa)

k_{o,NC} = coefficiente di spinta a riposo di terreni normalmente consolidati (-)

 $k_{o,SC}$ = coefficiente di spinta a riposo di terreni sovraconsolidati (-)

Si rileva che l'espressione sopra indicata è applicabile al caso di:

Energia trasferita alle aste pari al 78%. L'esperienza acquisita nelle indagini eseguite in Italia ha
mostrato che mediamente l'energia trasferita alle aste è inferiore al 78% e pari mediamente al 60%;
nell'applicazione della formula, il valore N_{SPT} misurato, assunto pari a (N_{SPT})_{60%}, viene pertanto
corretto in base alla seguente equazione:

$$\left(N_{SPT}\right)_{78\%} = \left(N_{SPT}\right)_{60\%} \cdot \frac{60}{78}$$

• Resistenze ottenute con il campionatore standard nelle sabbie e con il campionatore LPT, <u>di</u> <u>diametro maggiore rispetto a quello standard</u>, nel caso delle ghiaie.

In questa sede, in mancanza di prove con il campionatore LPT, l'applicazione della formula in presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi ($D_{50} \ge 1$ mm) verrà fatta senza apportare alcuna correzione ai valori N_{SPT} misurati (vedi su tale aspetto Clayton, 1995; Skempton, 1986; Tokimatsu & Yoshimi, 1983).

6.4.3 Angolo di resistenza al taglio

L'angolo di resistenza al taglio di picco ϕ ' può essere determinato facendo riferimento al metodo proposto da Bolton (1986) in base al quale:

$$\varphi' = \varphi_{cv}' + m \cdot DI$$
 [3]

$$DI = D_{r} \cdot [Q - ln(p_{f})] - 1$$

essendo:

 φ' (°) angolo di resistenza al taglio di picco riferito a pressioni $\sigma_{\rm ff}$ = 272 kPa

Q (-) coefficiente che dipende dalla composizione mineralologica e dalla forma delle particelle, assunto pari a 10

 p_f' (kPa) 1,4· σ_{ff}' (vedi Jamiokowski et al. 1988)

 σ_{f} (kPa) tensione efficace normale alla superficie di rottura assunto pari a 272 kPa

m costante empirica dipendente dalle condizioni di deformazione prevalenti a rottura (vedi Tab 8)

 φ_{cv} (°) angolo di resistenza al taglio a volume costante o di stato critico

D_r (-) densità relativa





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	39 di 196

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

Tab. 8: Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)

I valori dell'angolo di resistenza al taglio $\phi_{cv'}$ sono ricavabili da prove di laboratorio (triassiali o di taglio diretto) su provini ricostituiti a basse densità relative o, in assenza di queste ultime, ipotizzabili in base a quanto indicato nella Tab. 9 (vedi ad esempio Youd, 1972; Stroud, 1988).

	Sabbie ben gradate	Sabbie uniformi
Sabbie a spigoli vivi	φ _{cv} ' = 38°	$\varphi_{cv}' = 34^{\circ}$
Sabbie a spigoli arrotondati	φ _{cv} ' = 33 [°]	φ_{cv} ' = 30°

Tab. 9: Valori dell'angolo di resistenza al taglio ϕ_{cv} per sabbie silicee secondo quanto riportato in Stroud (1988) e Youd (1972)

Nel caso delle ghiaie a spigoli arrotondati si può assumere mediamente φ_{cv} '=34° \div 36°.

In accordo al metodo di Bolton (1986) si può assumere cautelativamente, in considerazione del generalmente elevato contenuto di fine (limi e argille):

 φ_{cv} ' = 30° per le sabbie

 φ_{cv} = 33° per le sabbie e ghiaie

m = 3.

Un altro metodo per la stima dell'angolo di attrito è quello di Schmertmann 1977:

$$\phi' = 28 + 0.14Dr$$
 [4]

dove la densità relativa è determinata sempre tramite prove SPT.

Altre correlazioni, di tipo diretto, per la stima diretta dell'angolo di attrito sono quelle della Japan Road Association:

$$\phi' = \sqrt{15N_{SPT}} + 15$$
 [5]

La stessa relazione con il valore 20 invece di 15 fuori radice è proposta da Owasaki e Iwasaki.

La relazione proposta da Japanese National Railway:

$$\varphi = 27 + 0.3N_{SPT}$$
 [6]

Queste ultime sono state utilizzate per i materiali piroclastici, con gli accorgimenti prima commentati.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	40 di 196
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO

Un ulteriore metodo è quello della stima dalle prove penetrometriche statiche continue.

TINERA

Si può utilizzare la relazione di Durgunouglu-Mitchel valida per sabbie N.C.

$$\phi = 14.4 + 4.8 \ln Rp - 4.5 \ln \sigma$$
 [7]

dove Rp (kg/cm²) è la resistenza di punta e σ (kg/cm²) la pressione litostatica efficace.

Si possono inoltre utilizzare la relazione di Caquot

$$\varphi = 9.8 + 4.96 \ln \left(\frac{Rp}{\sigma} \right)$$
 [7]

e la relazione di Koppejan

$$\varphi = 5.8 + 5.21 \ln \left(\frac{Rp}{\sigma} \right)$$
 [8]

con valori di σ e Rp sempre in kg/cm².

Si ricorda tuttavia come molti Autori segnalano la difficoltà di stimare parametri in condizioni drenate da prove che agiscono prevalentemente in condizioni non drenate (soprattutto nel caso della presenza di un discreto contenuto di fine).

6.4.4 Caratteristiche di deformabilità

6.4.4.1 Moduli elastici iniziali

Generalità

I moduli iniziali di taglio (G_0) e di Young (E_0) possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s utilizzando le seguenti equazioni:

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

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu') \text{ (kPa)}$$
 [10]

essendo:

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

v' = rapporto di Poisson del terreno = 0,15 ÷ 0,20

 V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio in m/s.

Avendo a disposizione numerose prove down-hole, la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs è preferenzialmente ricavata direttamente da prove geofisiche e, ove necessario, indirettamente, interpretando i risultati delle prove SPT come descritto nel punto successivo.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	41 di 196

G₀ da prove SPT

La velocità delle onde di taglio da prove SPT in sabbie e ghiaie normalmente consolidate, silicee non cementate, può essere ricavata sulla base alla correlazione proposta da Ohta & Goto (1978) (vedi anche Baldi et al. 1989); in base a tale correlazione vale quanto segue:

$$V_s = C \cdot (N_{SPT})_{60\%}^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G \text{ (m/s)}$$
 [11]

essendo:

C = 67.3

z = profondità dal p.c. in metri

f_A = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito (vedi la Tab. 10)

f_G = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedi la Tab. 11)

<u> </u>	<u> </u>	
•	Olocene	Pleistocene
IA.	1,0	1,3

Tab. 10: Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_A (funzione dell'epoca geologica del deposito)

f _G	Ghiaie	Sabbie ghiaiose	Sabbie grosse	Sabbie medie	Sabbie fini
	1,45	1,15	1,14	1,07	1,09

Tab. 11: Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_G (funzione della composizione granulometrica del deposito)

6.4.4.2 Moduli elastici "operativi"

Generalità

Il comportamento dei terreni a grana grossa risulta non lineare; i moduli di deformazione risultano infatti funzione sia delle pressioni efficaci medie correnti p' sia del livello di deformazione indotto o del grado di mobilitazione della resistenza al taglio.

In relazione a quanto sopra la scelta dei moduli di deformazione per le analisi ingegneristiche viene a dipendere anche dal metodo di analisi adottato.

Nel caso di ricorso a metodi di calcolo elastico-non lineari, i dati di ingresso per le analisi sono:

- I moduli elastici iniziali di cui al paragrafo 6.4.4.1.
- Curve di degrado del modulo in funzione del livello di deformazione indotto. Tipiche curve di degrado del modulo di taglio G in funzione del livello di deformazione γ indotto, tratte da Lo Presti (1989), sono riportate nella Fig. 4 e nella Fig. 5. In alternativa alle curve di degrado indicate nella Fig. 4 e nella Fig. 5 possono essere adottate le seguenti espressioni (vedi ad esempio la Fig. 6 Fahey, 1992 e Fahey & Carter, 1993):





ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	42 di 196

$$\frac{E'}{E_0'} = \frac{1}{1 + 0.8 \cdot \left(\frac{\gamma}{\lambda_r}\right)}$$
 [12]

$$\frac{E'}{E_0'} = 1 - 0.8 \cdot \frac{\tau}{\tau_{\text{max}}}$$
 [13]

o meglio (vedi ad esempio Byrne et al, 1990):

$$\frac{E'}{E'_0} = 1 - 0.8 \cdot \frac{\Delta \tau}{\Delta \tau_{\text{max}}}$$
 [14]

essendo:

γ = deformazione di taglio corrente

$$\gamma_r = \frac{\tau_{\rm max}}{G_0}$$

 τ_{max} = tensione di taglio limite τ = tensione di taglio corrente G_0 = modulo di taglio iniziale

 $\Delta \tau$ = variazione della tensione di taglio (vedi la Fig. 6) $\Delta \tau_{max}$ = variazione massima della tensione di taglio.

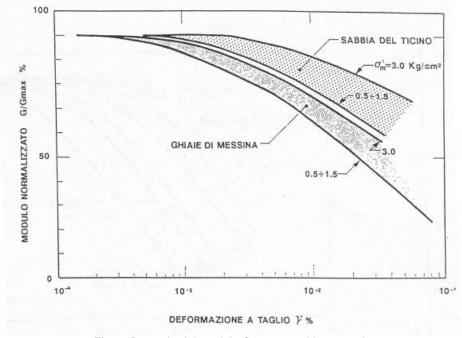


Fig. 4: Degrado del modulo G per terreni incoerenti



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 43 di 196

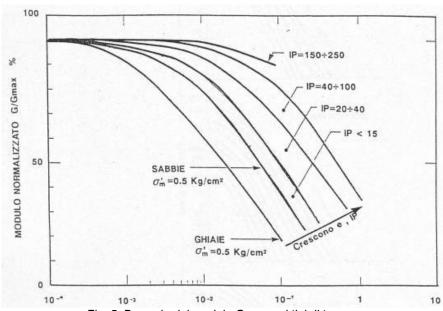


Fig. 5: Degrado del modulo G per vari tipi di terreno

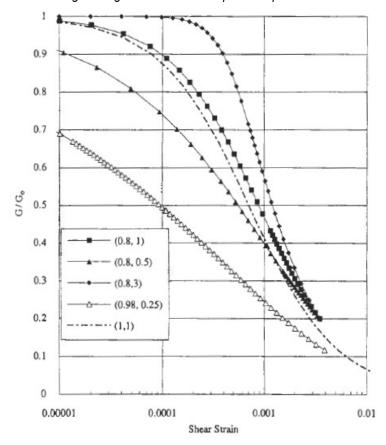


Fig. 6: Degrado del modulo G (Fahey, 1992 e Fahey & Carter, 1993)





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	44 di 196

Va rilevato che la procedura suddetta, associata all'utilizzo delle curve di degrado riportate nella Fig. 4 e nella Fig. 5, risulta rigorosamente applicabile in condizioni di scarico e/o di scarico e ricarico tensionale; nel caso di problemi di "primo carico", caratterizzati da incrementi di tensione rispetto alla condizione geostatica iniziale, potrebbe condurre ad una sottostima degli spostamenti. Nel caso in esame ci si trova quasi sempre nel secondo caso.

Nel caso di ricorso a <u>metodi di calcolo elastico-lineari o elastico – lineari - plastici,</u> per la stima dei moduli "operativi" da associare allo specifico problema verranno fatte le seguenti assunzioni "convenzionali":

- Nell'analisi di fondazioni profonde e dirette i moduli di Young "operativi" E_{op} sono pari a circa 1/5·E₀, ciò in considerazione del fatto che:
 - o gli spostamenti totali e differenziali ammissibili per l'opera sono molto contenuti (i cedimenti ammissibili sono infatti generalmente inferiori a 0.01·B, essendo B la dimensione minore della fondazione).
 - o da ciò deriva che, in base alla normativa vigente e alla pratica corrente, tale tipo di opere è caratterizzato infatti da coefficienti di sicurezza nei confronti della rottura per capacità portante generalmente superiori a 2.5÷3;
- Nel calcolo dei cedimenti dei rilevati i moduli di Young "operativi" E_{op} sono pari a circa (1/5÷1/10)·E₀ o, in alternativa, pari a quelli desumibili dalle correlazioni empiriche riportate precedentemente; per tali strutture in terra possono essere infatti ammessi cedimenti totali e differenziali maggiori di quelli delle fondazioni profonde e dirette.

Moduli elastici "operativi" da prove SPT in sabbia e ghiaia

In accordo a Jamiolkowski et al. (1988) per la stima dei moduli elastici operativi da prove SPT valgono le sequenti espressioni:

$$E_{25}^{'} = (10.5 - 3.5 \cdot D_r) \cdot N_{SPT} / 10$$
 [15] MPa nel caso dei terreni normalmente consolidati

$$E'_{25} = (52.5 - 35 \cdot D_r) \cdot N_{SPT} / 10$$
 [16] MPa nel caso dei terreni sovraconsolidati

essendo:

E₂₅' = modulo di Young secante cui corrisponde il 25% della resistenza ultima;

D_r = densità relativa espressa come frazione dell'unità;

 N_{SPT} = numero di colpi in prova SPT.

Si rileva che nel caso di materiali ghiaioso-sabbiosi e per valori di densità relativa D_r inferiori a 50% le espressioni suddette conducono ad una sottostima dei valori di E_{25} .

Per la stima del modulo di deformazione sono disponibili numerose altre correlazioni tra le quali:

Correlazioni proposte nel "Manual on estimating soil properties" (Cornell University, 1990)







ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	45 di 196

 $E = 10 N_{60}$ [17] valida per "clean NC sands"

 $E = 15 N_{60}$ [18] valida per "clean OC sands"

in cui:

E = modulo di deformabilità in kg/cm²

N₆₀ = valore corretto per le procedure esecutive

Correlazioni proposte da D'Appolonia et al. (1970)

 $E = 7.71 N_{SPT} + 191$ [19] (kg/cm²) valida per sabbia e ghiaia NC

 $E = 10.63 N_{SPT} + 375$ [20] (kg/cm²) valida per sabbia OC

in cui:

 N_{SPT} = valore non corretto

Correlazione proposta da Schultze & Menzenbach (1961)

 $E = 0.517 N_{SPT} + 7.46 in MPa$ [21]

Correlazione proposta in Pasqualini: Standard Penetration Test (Politecnico di Torino 1983)

La seguente correlazione interpola i risultati di correlazioni tra prove SPT e prove pressiometriche eseguite da Tornaghi, Franke, Ghionna-Lancellotta-Maniscalco, Albert-Hegg-Manassero.

$$E = B\sqrt{N_{SPT}}$$
 [22]

con B = 7MPa

Queste correlazioni sono state utilizzate anche per la stima della deformabilità dei terreni piroclastici a grana prevalentemente sabbiosa.

6.4.4.3 Modulo confinato

Una stima del modulo confinato (assimilabile al modulo misurato nelle prove edometriche di laboratorio) può essere fornita per terreni limosi di bassa plasticità (ML) che possono essere considerati in un campo intermedio tra i terreni spiccatamente granulari e quelli coesivi. Molte porzioni di terreni piroclastici ricadono in questi intervalli granulometrici.

Una stima del modulo non confinato M può essere ricavata dalla relazione proposte da Sanglerat per le prove penetrometriche statiche

$$M = \alpha_{m} \cdot q_{c}$$
 [23] con

$$3 < \alpha_m < 6$$
 per $q_c > 2$ MPa

$$1 < \alpha_m < 3$$
 per $q_c < 2$ MPa





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	46 di 196

6.4.4.4 Moduli di reazione orizzontale alla Matlock & Reese (1960)

Nel progetto dei pali i moduli di reazione orizzontale iniziali (E_{si}) alla Matlock & Reese (1960), utili per definire la parte iniziale delle curve p-y, verranno valutati in accordo alla seguente espressione:

$$\mathsf{E}_{\mathsf{si}} = \mathsf{k}_{\mathsf{hi}} \cdot \mathsf{z} \; (\mathsf{kPa}) \tag{24}$$

essendo:

 k_{hi} = gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale, riportato nella Tab. 12 (vedi Reese et al, 1974 e Elson, 1984) (kN/m³)

z = profondità dal piano campagna originario.

D _r (%)	K _{hi} (kN/m ³)
35%	10000
50%	15000
70%	25000

Tab. 12: Gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale secondo Reese et al. (1974) (vedi anche Elson (1984))

6.4.5 Coefficienti di permeabilità

I coefficienti di permeabilità k verranno determinati sulla base dei risultati delle prove di permeabilità Lefranc e Lugeon in foro di sondaggio. Per l'interpretazione dei risultati delle prove Lefranc sono stati seguiti i criteri riportati nelle Raccomandazioni AGI utilizzando gli schemi applicabili nel caso di prove al di sopra o al di sotto della falda idrica.

Per il calcolo della permabilità si fa riferimento al tempo di riequilibrio calcolato diagrammando i valori misurati del rapporto h/h0, in funzione del tempo t, e poi determinando una retta interpolante (escludendo eventualmente i primi punti se essi non si allineano) e tracciando la retta ad essa parallela passante per l'origine (tempo corrispondente a h/h0 =0.37 su questa retta.

In alternativa alle prove in sito alternativa si possono usare le seguenti metodologie (Sommerville, 1986):

Metodo 1: Utilizzo della Tab. 13.

k (m/s)	Grado di permeabilità	Tipo di terreno
k > 1·10 ⁻³	Alta	Ghiaie
$1.10^{-3} > k > 1.10^{-5}$	Media	Sabbie ghiaiose e Ghiaie sabbiose
$1.10^{-5} > k > 1.10^{-7}$	Bassa	Sabbie fini
$1.10^{-7} > k > 1.10^{-9}$	Molto bassa	Limi e sabbie argillose
1⋅10 ⁻⁹ > k	Bassissima (impermeabile)	Argille

Tab. 13: Stima dei coefficienti di permeabilità in base alla descrizione litologica



Metodo 2:

- Valutazione del coefficiente di uniformità = D_{60}/D_{10} , essendo D_{60} il diametro corrispondente al 60% di passante e D_{10} il diametro corrispondente al 10% di passante;
- Assegnazione del valore caratteristico di D₅₀, (diametro corrispondente al 50% di passante);
- Utilizzo dei diagrammi riportati nella Fig. 7.

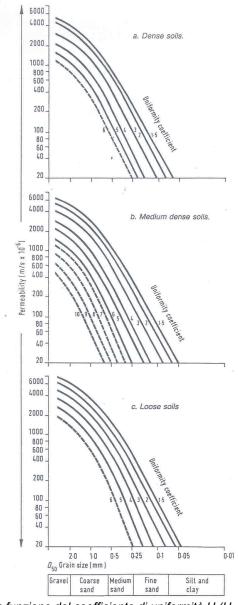


Fig. 7: Coefficiente di permeabilità (k) in funzione del coefficiente di uniformità U ($U=D_{60}/D_{10}$) e del D_{50} (Sommerville, 1986)



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	48 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

6.5 Materiali a grana fine (limi e argille) saturi

6.5.1 Introduzione

La caratterizzazione geotecnica dei terreni a grana fine (percentuale di fine maggiore del 50%) è affidata sia all'interpretazione delle prove di laboratorio sia all'interpretazione delle prove in sito in accordo ai criteri descritti nei paragrafi successivi.

L'interpretazione delle prove è finalizzata, oltre che a classificare i materiali, a determinare:

- lo stato iniziale:
- · i parametri di resistenza al taglio;
- i parametri di deformabilità;
- · i coefficienti di permeabilità.

6.5.2 Classificazione dei materiali

La classificazione dei terreni a grana fine verrà effettuata facendo riferimento ai risultati delle prove di laboratorio in termini di:

- fusi granulometrici;
- limiti di Atterberg (limite liquido e limite plastico);
- pesi di volume naturale e secco;
- · grado di saturazione;
- contenuti d'acqua naturale;
- indice dei vuoti iniziale.

6.5.3 Stato tensionale iniziale

La valutazione dello stato tensionale iniziale verrà fatta sulla base:

- di quanto desumibile dagli studi di carattere geologico;
- dell'interpretazione delle prove edometriche di laboratorio.

In particolare, nel caso dei <u>materiali a grana fine saturi sotto falda</u>, lo stato tensionale in sito sarà stimato sulla base dei risultati in termini di grado di sovraconsolidazione (OCR oppure GSC= σ_{vmax} '/ σ_{vo} '), essendo σ_{vmax} ' la pressione di preconsolidazione desumibile dalle prove edometriche con la nota costruzione di Casagrande e σ_{vo} ' la pressione verticale efficace geostatica.

Il coefficiente di spinta del terreno a riposo k_o sarà stimato sulla base della seguente espressione:



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	49 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

$$k_{o} = (1 - \sin \varphi') \cdot \sqrt{GSC}$$
 [25]

essendo:

 φ ' = angolo di resistenza al taglio.

Per completezza e ove appropriato, la pressione di preconsolidazione σ_{vmax} ' ed il grado di sovraconsolidazione GSC= σ_{vmax} '/ σ_{vo} ' verranno determinati anche sulla base delle seguenti espressioni (vedi Ladd & Foot, 1974; Ladd et al. 1977):

$$(GSC)^{0.85} = \frac{\frac{C_U}{\sigma_{VO}}}{\left(\frac{C_U}{\sigma_{VO}}\right)_{NC}}$$
 [26]

dove:

$$\left(\frac{c_{U}}{\sigma_{VO}}\right)_{NC} \cong 0.30$$
 (Chandler et al., 2004)

 c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate in compressione e carico determinata con prove di laboratorio o con l'interpretazione di prove SPT in accordo a quanto descritto nel paragrafo successivo; σ_{vo} ' = pressione verticale efficace geostatica.

6.5.4 Resistenza al taglio non drenata

6.5.4.1 Premesse di carattere generale

La resistenza al taglio non drenata c_u di <u>materiali saturi sotto falda</u> verrà valutata facendo riferimento sia ai risultati delle prove di laboratorio sia all'interpretazione delle prove penetrometriche statiche e dinamiche SPT.

Ove appropriato, i risultati ottenuti saranno commentati anche sulla base del confronto con quelli ottenibili dagli indici di resistenza "pocket penetrometer" registrati sui campioni prelevati.

Come noto la resistenza al taglio non drenata è funzione delle tensioni efficaci di consolidazione e del percorso di carico; in questa sede si farà riferimento a prove di laboratorio e a correlazioni empiriche per l'interpretazione delle prove SPT che forniscono valori di c_u corrispondenti a tensioni efficaci di consolidazione pari a quelle geostatiche e a percorsi di carico caratteristici di prove triassiali di compressione e carico.





ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA

LOTTO 01 E ZZ CODIFICA RB

DOCUMENTO GE0005 001

REV. **FOGLIO**

В

50 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA **DELLE OPERE ALL'APERTO**

6.5.4.2 Prove di laboratorio

In questa sede si farà principalmente riferimento ai risultati di prove triassiali non consolidate non drenate di compressione e carico (TX-UU) o a prove di compressione non confinata effettuate su campioni indisturbati, saturi. L'interpretazione di queste prove non richiede specifiche particolari. Quando si ricavano valori molto diversi di un provino rispetto agli altri due, in genere si interpreta la prova solo considerando i due valori più simili. In caso di 3 valori molto diversi tra loro si assume il valore medio o il valore medio dei due valori più simili.

IF1N

6.5.4.3 Valutazione di c_u da prove SPT

La stima della resistenza al taglio non drenata di materiali saturi sotto falda può essere fatta attraverso una delle varie correlazioni empiriche proposte da vari Autori, tutte del tipo:

 $c_u = \alpha \cdot N_{SPT}$ (kPa)

[27]

Il valore di α varia (anche di molto) da autore ad autore:

Terzaghi e Peck

 α = 6.7

DMT (design Manual for Soil Mechanics)

Argille media plasticità

 α = 3.8

Argille media plasticità

 α = 7.4

Argille alta plasticità

 α = 12.5

Sanglerat

Argille media plasticità

 α = 12.5

Argille limose

 $\alpha = 10$

Argille limo-sabbiose

 α = 6.7

Shioi-Fukui

Argille media plasticità

 α = 2.5

Argille alta plasticità

 $\alpha = 5$

Stroud-Clayton

 $\alpha = 4.5 \div 5.5$

Tenuto conto delle fortissime variazioni, è stato adottato un valore medio pari a 5, ma applicando la relazione solo ed esclusivamente quando non si hanno a disposizione valori di cu ricavati da prove di laboratorio o da prove penetrometriche statiche.



6.5.4.4 Valutazione di coesione non drenata da prove penetrometriche statiche continue

La correlazione tra resistenza penetrometrica (resistenza alla punta q_t) e resistenza a taglio non drenata per terreni argillosi (s_u) può essere espressa dalla relazione

$$s_u = (q_t - \sigma_{vo}) / N_{kt}$$
 [28]

con N_{kt} coefficiente adimensionale molto variabile (v. figura successiva tratta da Teh, 1987). Nell'ambito del range indicato in figura è stato adottato nel caso in esame un campo di valori 12-16.

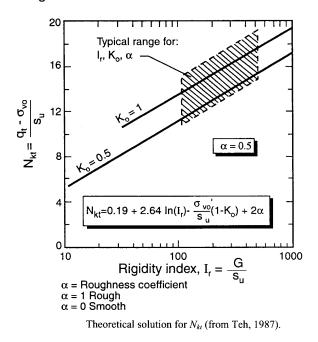


Fig. 8: Valore di N_{kt} per la stima della coesione non drenata

6.5.5 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci

I parametri di resistenza di picco in termini di sforzi efficaci verranno determinati sulla base dei risultati delle prove di laboratorio di taglio diretto (TD) e triassiali consolidate non drenate e drenate (TX-CIU e TX-CID); per quelli di resistenza residua si farà riferimento anche ai risultati di prove di taglio diretto residuo (TDr) e alle prove di taglio anulari.

I materiali limoso-argillosi presenti lungo il tracciato all'aperto (escludendo quindi il tratto in galleria) sono generalmente appartenenti alle formazioni piroclastiche cineritiche (il cui comportamento può essere associato a quello di un materiale sedimentario a grana fine) o formazioni lacustri (con vario contenuto di materiale organico e/o piroclastico, associabili a volte ad "epivulcaniti"). Si tratta di materiali leggermente sovraconsolidati che non hanno subito particolari vicissitudini tettoniche dopo la loro formazione (trattandosi di materiali di età pleistocenica).





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	52 di 196

Vengono inoltre interessate unità geotecniche limo-argilloso-sabbiose appartenenti a formazioni lacustri molto antiche o a porzioni a grana fine delle formazioni del substrato geologico (parte alterata e prevalentemente argillosa delle argille varicolori e porzione argillosa delle formazioni arenacee). Data la relativa omogeneità di questi materiali, sia pur con gradi di sovraconsolidazione sicuramente più elevati dei materiali cineritici e lacustri, l'approccio di caratterizzazione sarà sostanzialmente analogo ai terreni di genesi più recente, da relazionare quindi ad un comportamento elasto-plastico.

ITINERA

Si tratta quindi in tutti i casi di materiali "integri", non interessati in passato da fenomeni di rottura e quindi non risultano applicabili modelli costitutivi con "strain softening". Per questi terreni si farà quindi riferimento a parametri di resistenza "operativi" compatibili con il limite inferiore delle resistenze di picco misurate in laboratorio. In alcuni casi il valore di picco può essere associato a deformazioni elevate.

Nel caso di formazioni argillose (o argillitiche) del substrato cenozoico (Argille Varicolori), l'approccio è invece più complesso. Oltre a trattarsi di materiali fortemente sovraconsolidati, essi hanno anche una spiccata struttura scagliosa. La presenza inoltre di intercalazioni o inclusi (anche voluminosi) di elementi o strati lapidei ne complica ancora di più la caratterizzazione. Si tratta infatti di formazioni definite in letteratura come "strutturalmente complesse". Tali terreni richiedono una trattazione specifica.

6.5.6 Caratteristiche di deformabilità

6.5.6.1 Moduli elastici iniziali

Valgono le stesse considerazioni esposte per i terreni a grana grossa.

In alternativa i moduli di taglio iniziali E_0 possono essere stimati pari a 1000 volte la resistenza al taglio non drenata c_u (vedi ad esempio Simpson et al., 1979).

6.5.6.2 Moduli elastici "operativi" in condizioni drenate

Il comportamento dei terreni a grana fine risulta non lineare; i moduli elastici risultano infatti funzione sia della pressione efficace media corrente sia del livello di deformazione indotto o del grado di mobilitazione della resistenza al taglio.

In relazione a quanto sopra la scelta dei moduli di deformazione per le analisi ingegneristiche viene a dipendere anche dal metodo di analisi adottato.

In generale saranno seguite le seguenti regole.

(a) Caso di opere di sostegno e di fondazione su terreni sovraconsolidati meccanicamente con percorsi di sollecitazione indotti dalla costruzione dell'opera collocati all'interno della superficie di plasticizzazione primaria del materiale.



In tali situazioni le deformazioni plastiche indotte dalle variazioni tensionali sono relativamente contenute e l'utilizzo di modelli costitutivi elastici o elastici non lineari può essere ritenuto accettabile.

Nel caso di ricorso a metodi di calcolo elastico-non lineari, i dati di ingresso per le analisi sono:

- i moduli elastici iniziali;
- curve di degrado del modulo in funzione del livello di deformazione o di spostamento indotto misurate in laboratorio o ricavabili da letteratura. Tipiche curve di degrado del modulo di taglio G in funzione del livello di deformazione di taglio γ indotto, proposte da Vucetic & Dobry (1991), sono riportate nella Fig. 9. In alternativa a queste curve di degrado possono essere adottate le espressioni (leggi iperboliche) riportate nel caso dei materiali a grana grossa.

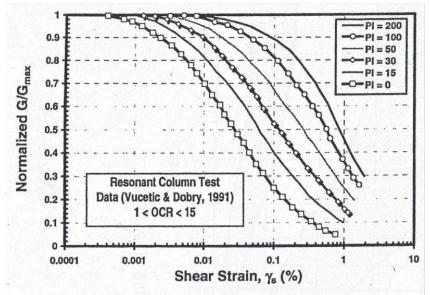


Fig. 9: Curve sperimentali del rapporto G/G_{max} da prove di colonna risonante ciclica (Vucetic & Dobry, 1991)

Va tuttavia rilevato che la procedura suddetta, associata all'utilizzo delle curve di degrado del modulo di Fig. 9, risulta rigorosamente applicabile in problemi di scarico e/o di scarico e ricarico tensionale; nel caso di problemi di "primo carico", caratterizzati da incrementi di tensione rispetto alla condizione geostatica potrebbe condurre ad una sottostima degli spostamenti.

Nel caso in cui la progettazione faccia ricorso a <u>metodi di calcolo elastico-lineari o elastico-lineari-plastici</u> i moduli di Young "operativi" E_{op} saranno convenzionalmente assunti pari a:

- 1/3·E₀ o (300)·c_u nel caso di problemi di scarico e/o di scarico-ricarico (esempio: fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non);
- (150÷200)·c_u o quanto desumibile dai risultati delle prove edometriche nel caso di problemi di "primo carico" (esempio fondazioni dirette, profonde e rilevati).





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	54 di 196

(b) Caso di opere di fondazione con percorsi di sollecitazione indotti dalla costruzione dell'opera collocati all'esterno della superficie di plasticizzazione del terreno.

Nelle analisi si farà necessariamente riferimento a modelli costitutivi elasto-plastici ed ai risultati delle prove edometriche ad incremento di carico (ED-IL) in termini di coefficienti di compressione (C_c e C_r).

TINERA

6.5.6.3 Modulo di deformabilità non confinato

Oltre che dalle prove edometriche, una stima del modulo confinato può essere ricavato utilizzando la relazione proposta da Kulhawy e Mayne (1990) a partire dalla resistenza alla punta della prova penetrometrica statica continua (q_t)

$$M = 8.25 \cdot (q_t - \sigma_{vo})$$
 [29]

Valori del modulo confinato sono ricavati inoltre dalle prove dilatometriche (dilatometro Marchetti), utilizzando le correlazioni specifiche per questo strumento.

6.5.6.4 Modulo di deformabilità non drenato (E_u)

Molti Autori suggeriscono di stimare il modulo non drenato E_u attraverso la correlazione empirica con la coesione non drenata (s_u).

$$\mathsf{E}_\mathsf{u} = \mathsf{n} \cdot \mathsf{s}_\mathsf{u} \qquad [30]$$

stimando quindi prima il valore della coesione non drenata da prove di laboratorio o da prove penetrometriche statiche come descritto in precedenza.

La costante n dipende dal livello di sollecitazione di taglio, dal grado di sovraconsolidazione, dalla sensitività delle argille e da altri fattori (Ladd, 1977). Poiché il comportamento del terreno non è lineare, la scelta del livello di tensione di taglio è molto importante.

Nella figura seguente si illustrano i dati ricavati da Ladd (1977) per terreni normalconsolidati che mostrano la variazione del rapporto E_u/s_u con il livello di tensione per vari tipi di argille (15 < I_P < 75).

Nella stessa figura si mostra la variazione di E_u/s_u con il grado di sovraconsolidazione OCR in corrispondenza di due livelli di tensione per lo stesso tipo di terreno.

La stima del indice di plasticità porta a significativi miglioramenti della stima.

Nei casi in esame, per i valori di I_P che caratterizzano i materiali argillosi interessati dalle principali opere, una stima del valore di n tra 500 e 800 appare la più realistica.

2 Ghella



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 55 di 196

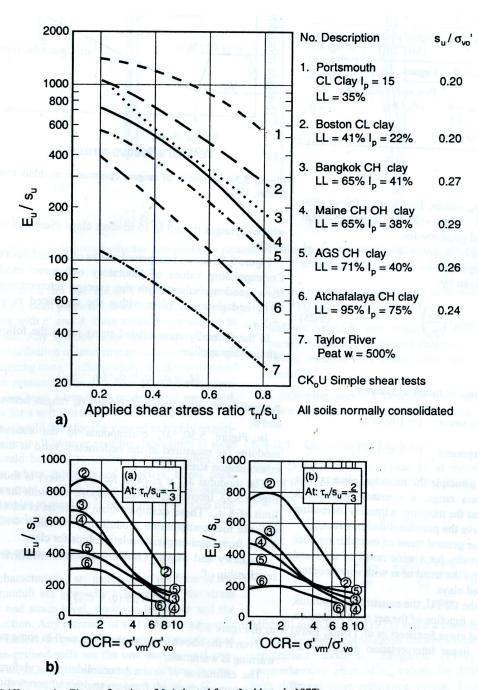


Figure 5.35 Stiffness ratio, E/s_u , as function of I_p (adapted from Ladd et al., 1977).

Fig. 10: Rapporto di rigidezza E_u/s_u in funzione di Ip (da Ladd, 1977 adattato in Lunne-Robertson)



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

NEA

01 E ZZ

CODIFICA DOCUMENTO RB GE0005 001

REV. **B** FOGLIO **56 di 196**

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

6.5.6.5 Moduli di reazione orizzontale alla Matlock & Reese (1960)

Nel caso del progetto di pali di fondazione il modulo di reazione orizzontale "operativo", nel caso di ricorso a calcoli semplificati lineari, può essere assunto pari a (vedi ad esempio Elson (1984):

COMMESSA

IF1N

$$E_s = 400 \cdot c_U \text{ (kPa)}$$

[31]

essendo:

c_u = resistenza al taglio non drenata di materiali saturi sotto falda.

6.5.7 Coefficienti di permeabilità e di consolidazione primaria

Nella definizione delle caratteristiche di permeabilità si farà riferimento ai risultati:

- Di prove di laboratorio (edometri) in corrispondenza di pressioni verticali efficaci pari a quelle geostatiche, ovvero in corrispondenza di indici dei vuoti pari a quelli iniziali e_o.
- Dell'applicazione di correlazioni empiriche applicabili a condizioni di pressioni verticali efficaci pari a quelle geostatiche; verranno applicate ad esempio le seguenti correlazioni empiriche proposte da Feng (1991) e da Rocchi (2003):

$$k_v = 6.54 \cdot 10^{-9} \cdot \left(\frac{e_o \cdot \frac{A}{IP}}{A+1}\right)^4$$
 [32]

$$\log \frac{e_o}{e_L} = 1.22 + 0.19 \cdot \log k_v$$

essendo:

e = indice dei vuoti iniziale

e_L = indice dei vuoti corrispondente al limite liquido

k_v = coefficiente di permeabilità verticale corrente in cm/s

A = IP/CA = attività

IP = indice di plasticità (non espresso in percento).

Delle prove di permeabilità tipo Lefranc in foro.

Si rileva che anche i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove in foro si riferiscono a pressioni verticali efficaci pari a quelle geostatiche, ovvero ad indici dei vuoti pari a quelli iniziali e_o.

La variazione del coefficiente di permeabilità con l'indice dei vuoti corrente, potrà essere stimata sulla base della seguente espressione:





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	57 di 196

$$logk = logk_o - \frac{e_o - e}{C_k}$$

essendo:

k = coefficiente di permeabilità corrente

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

e = indice dei vuoti corrente

e_o = indice dei vuoti iniziale

 $C_k = 0.5 \cdot e_o$.

I valori ricavabili dalle prove edometriche si riferiscono a direzioni di flusso verticali, ovvero a coefficienti di permeabilità in direzione verticale k_v. Inoltre, essi si riferiscono a volumi estremamente ridotti e quindi non completamente rappresentativi della permeabilità dei terreni in sito;

I valori ricavabili dalle prove in foro si riferiscono a direzioni di flusso verosimilmente più prossime a quelle orizzontali, ovvero a coefficienti di permeabilità in direzione orizzontale k_h .

6.5.8 Coefficienti di consolidazione primaria e secondaria

I coefficienti di consolidazione primaria c_v e secondaria c_α , utilizzabili nell'ambito di teorie di consolidazione convenzionali e a problemi di flusso principalmente nella direzione verticale, saranno ricavati dalle prove di laboratorio (edometri).

Per i materiali piroclastici valgono le considerazioni svolte in precedenza nelle premesse.



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 58 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

6.6 Formazioni litoidi (ammassi rocciosi)

6.6.1 Generalità

Come è noto, per la caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi vengono seguiti criteri e approcci diversi da quelli tipici della Meccanica delle Terre, a causa della forte disomogeneità e, spesso, anisotropia degli ammassi rocciosi. Questi sono infatti strutture composte da una matrice rocciosa intatta (o più o meno alterata) separata da giunti di discontinuità (primarie e secondarie, cioè giunti di strato o di origine tettonica), serrate o più o meno aperte, a volte riempite da materiale di origine secondaria. Le discontinuità hanno pertanto una fondamentale importanza nel comportamento meccanico dell'ammasso roccioso che, dal punto di vista ingegneristico, viene assimilato ad un aggregato di blocchi, più o meno giustapposti.

Caratteristica comune dei giunti di discontinuità è una trascurabile resistenza alla trazione e valori di resistenza a taglio sensibilmente inferiori a quelli della roccia intatta. Le caratteristiche meccaniche alla scala dell'ammasso roccioso, quindi, dipendono in gran parte dalle resistenze disponibili lungo i piani di discontinuità e dall'orientazione di queste nello spazio.

Il passo principale e propedeutico per una caratterizzazione dell'ammasso roccioso è rappresentato quindi dall'analisi della geometria dei vari sistemi di discontinuità in relazione alla situazione specifica da analizzare (orientazione del fronte di scavo, della galleria, ecc..). Da questa analisi preliminare si deve decidere se l'orientazione dei giunti condiziona o meno la stabilità (o più in generale il comportamento meccanico d'insieme dell'ammasso). Nel primo caso l'ammasso va trattato come un mezzo anisotropo e le caratteristiche meccaniche del giunto (e la sua geometria) condizionano direttamente il comportamento d'insieme dell'ammasso (con la formazione di cunei e diedri di roccia). Nel secondo caso, l'ammasso roccioso può essere trattato come un mezzo "pseudo-omogeneo", in cui i giunti condizionano il comportamento di ammasso in termini di frequenza e caratteristiche, senza tuttavia condizionarne il cinematismo di rottura.

Tali aspetti verranno trattati con maggiore dettaglio nella relazione geomeccanica per le opere in sotterraneo. Per le opere all'aperto gli ammassi rocciosi vengono interessati solo puntualmente e in profondità, con le fondazioni su pali di alcuni viadotti.

In questi casi la caratterizzazione deve tenere conto di due aspetti:





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	59 di 196

- 1) Lo stato di fratturazione e le condizioni dei giunti degli ammassi rocciosi possono essere valutati solo attraverso i carotaggi; gli affioramenti (peraltro molto scarsi) sono a distanze elevate e in condizioni completamente diverse da quelle in sito, in profondità.
- 2) Gli ammassi rocciosi vengono interessati sostanzialmente da sollecitazioni di compressione e in uno stato di coazione inalterato; vengono meno molte delle condizioni specifiche della trattazione teorica degli ammassi rocciosi (disposizione dei giunti in relazione ai fronti di scavo, scivolamenti, ecc..).

In ogni caso, indipendentemente da questi aspetti, per la caratterizzazione degli ammassi rocciosi si seguiranno nella sostanza gli approcci tipici della Meccanica delle Rocce, facendo riferimento a mezzi pseudo-omogenei.

Gli usuali approcci in campo progettuale prevedono l'utilizzo di "indici" di caratterizzazione e l'applicazione poi di uno specifico modello costitutivo.

Tra questi metodi, il primo in ordine cronologico è quello introdotto da Bieniawski (1973) noto come metodo RMR, la cui naturale evoluzione può essere considerato il metodo di Hoek-Brown (noto come metodo GSI, Global Strength Index). Altri metodi molto usati in campo applicativo sono il metodo "Q" di Barton e il metodo RMi di Palmstrom. In questa sede si farà un diretto utilizzo del metodo GSI e in particolare del cosiddetto metodo "quantitativo" proposto da Hoek.

Infatti, sia il metodo RMR sia il GSI richiedono l'acquisizione di numerosi dati geomeccanici provenienti da rilievi geo strutturali dei fronti rocciosi.

Ad esempio, per la determinazione dell'indice RMR si richiede la valutazione di:

- Resistenza alla compressione semplice della roccia intatta (I1)
- Qualità della roccia RQD (I2)
- Spaziatura delle discontinuità (I3)
- Lunghezza delle discontinuità (I4)
- Apertura delle discontinuità (I5)
- Condizioni delle superfici di discontinuità in termini di scabrezza (16)
- Caratteristiche del riempimento delle discontinuità (17)
- Condizioni delle superfici di discontinuità in termini di alterazione (I8)

Ad eccezione degli indici I1 e I2 gli altri indici sono assai difficili o in alcuni casi impossibili da valutare con i soli sondaggi.



COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO LOTTO

01 E ZZ

ITINERARIO NAPOLI - BARI

CODIFICA RB

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

DOCUMENTO GE0005 001

LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL

> REV. В

FOGLIO 60 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA **DELLE OPERE ALL'APERTO**

6.6.2 Valutazione dell'indice GSI

Il metodo GSI (Geological Strength Index) è nato negli anni '80 (Autori Hoek e Brown) per un ammasso roccioso generico ed è poi stato ampliato, dettagliato e integrato anche da altri autori per renderlo applicabile a vari tipi di ammasso e per superare l'approccio strettamente qualitativo originario. Nella figura seguente si riporta lo schema base del criterio GSI.

COMMESSA

IF1N

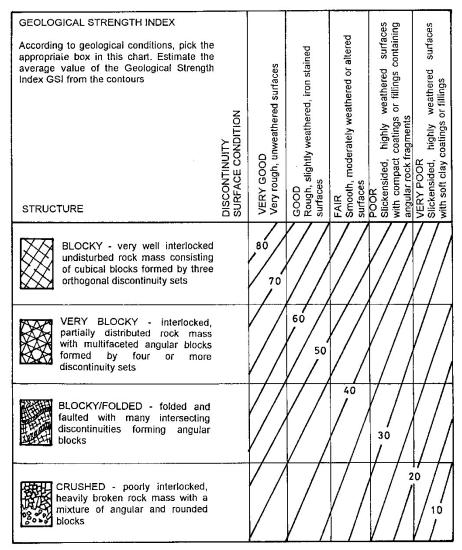


Fig. 11: Tabella per la stima dell'indice GSI per un ammasso roccioso generico (da Hoek)

Il giudizio si basa sostanzialmente sulla struttura dell'ammasso, intensità della fratturazione e caratteristiche delle superfici dei giunti trascurando la resistenza del materiale roccioso.

Questo schema è poi stato modificato, integrato e adattato anche per altre tipologie di ammassi rocciosi (flysch, rocce scistose, ecc..) rimanendo però invariato l'approccio di base.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	61 di 196

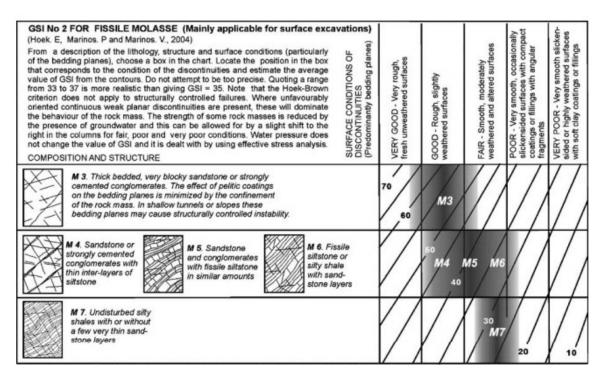


Fig. 12: GSI per rocce strutturate e stratificate (da Hoek, Marinos, 2004)

L'apparente semplicità del metodo GSI ha portato ad un uso intensivo (e spesso non consono alle effettive intenzioni degli Autori) di questo criterio. L'applicazione corretta di questo metodo presuppone la realizzazione di approfonditi studi e rilevamenti geomeccanici sul campo, con la disponibilità di affioramenti e fronti di scavo di dimensioni e qualità tali da garantire una significatività statistica dei dati di acquisizione oltre che una affidabilità degli stessi. La "sensibilità" ed esperienza del geologo che effettua questa caratterizzazione sono stati evidenziati dallo stesso Hoek come elemento imprescindibile per l'affidabilità del metodo.

Molto spesso gli affioramenti sono limitati, di ridotte dimensioni e disturbati da fenomeni di alterazione dell'ammasso. I dati principali circa lo stato di fratturazione della roccia derivano spesso dai soli dati di carotaggio (RQD ed esame delle condizioni delle superfici di discontinuità sulle carote).

Tali circostanze hanno indotto Hoek ed altri autori a proporre un metodo "quantitativo" del GSI ("Quantification of the Geological Strength Index Chart" – Hoek, Carter, Diederichs – 2013) che prevede l'utilizzo dei soli dati RQD e J (condizioni delle discontinuità, già impiegate da Bieniawski con la sigla JCond89, ad indicare "Joint Condition" secondo il sistema di Bieniawski del 1989).

Il sistema proposto è illustrato nella scheda seguente ed è rappresentabile dalla formula:







ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 62 di 196

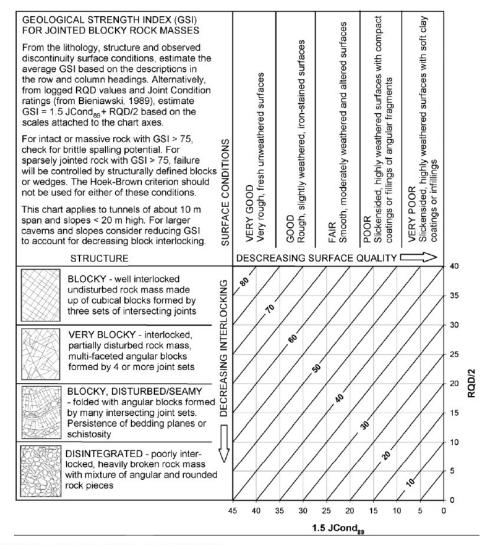


Table 1: Definition of JCond₈₉, after Bieniawski (1989) [5].

Rating

Rating

Rating

Weathering

Infilling (gouge)

6

None

6

Unweathered

Condition of discontinuities	Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1 – 5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous
Rating	30	25	20	10	0
Guidelines for classification of disco Discontinuity length (persistence) Rating	ontinuity conditions < 1 m 6	1 to 3 m	3 to 10 m	10 to 20 m	More than 20 m
Separation (aperture) Rating	None 6	< 0.1 mm 5	0.1 – 1.0 mm 4	1 – 5 mm	More than 5 mm
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided

Fig. 13: Calcolo del GSI "quantitativo" e del valore di JCond₈₉ (da Hoek, Carter, Diederichs – 2013)

Hard infilling < 5 mm

Slightly weathered

3

Hard filling > 5 mm

Moderate weathering

Soft infilling < 5 mm

Highly weathered

0

Soft infilling > 5 mm

0

Decomposed



RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO

ITINERARIO NAPOLI - BARI

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	63 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

6.6.3 Criteri di rottura

In accordo a quanto riportato in Brown & Hoek (1988), Hoek & Brown (1988) e Hoek, Kaiser & Bawden (1995) (vedi anche Sjoberg, 1997), Hoek et al. (2002) l'ammasso roccioso verrà descritto per ogni litotipo dal seguente criterio di rottura:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_c \cdot \left(m_b \cdot \frac{\sigma_3}{\sigma_c} + s \right)^{\alpha}$$
 [34]

essendo:

$$\begin{split} m_b &= m_i \cdot e^{\frac{GSI-100}{28-14\cdot D}} \\ s &= e^{\frac{GSI-100}{9-3\cdot D}} \end{split}$$

D = 0 per "undisturbed rock masses"

D = 1 per "disturbed rock masses"

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

m_i = coefficiente relativo alla roccia intatta

 σ_1 ' = tensione principale efficace maggiore

 σ_3 ' = tensione principale efficace minore

 σ_c = resistenza alla compressione semplice della roccia intatta.

Nell'applicazione del criterio di rottura sopra riportato valgono le seguenti precisazioni:

In generale, per ogni litotipo il coefficiente m_i verrà valutato sulla base dei risultati di prove triassiali su provini di roccia intatta e di un criterio di rottura analogo a quello dell'ammasso roccioso, con GSI = 100. In mancanza di dati sperimentali si farà riferimento a quanto riportato nella Tab. 14:

Rocce	m _i (-)
Calcare	7-9
Tufo	11-15
Arenaria	15-19

Tab. 14: Esempi di coefficiente m_i relativo alla roccia intatta (Hoek e Brown, 1988; Hoek, Kaiser e Bawden, 1995)

6.6.4 Caratteristiche di deformabilità

Indicazioni preliminari sulla deformabilità dell'ammasso possono essere ricavate da una valutazione della qualità della roccia basata sulle classifiche tecniche. Dopo l'introduzione della classifica RMR, Bieniawski (1976) ha proposto la seguente correlazione (applicabile solo per valori di RMR superiori a 55) tra modulo di deformabilità e indice RMR:

$$E_d$$
 (GPa) = 2*RMR – 100 [34]



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	64 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Una modifica della relazione precedente, che tiene conto di dati di prova in rocce di qualità mediocre o scadente, è stata proposta da Serafim e Pereira (1979) e adottata poi dallo stesso Bieniawski (1989).

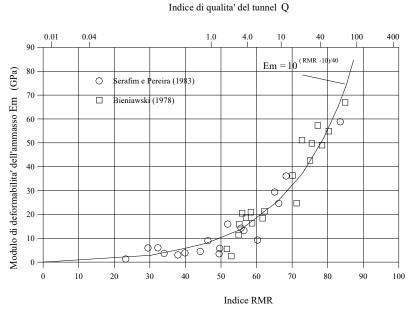


Fig. 14: Relazione di Serafim-Pereira per la valutazione di E

definita dalla seguente relazione:

$$E_d(GPa) = 10^{\frac{RMR - 10}{40}}$$
 [35]

In seguito, Hoek et al. (1995) hanno osservato che la relazione precedente tende a sovrastimare i moduli dell'ammasso quando il modulo del materiale roccioso è basso. La relazione precedente è stata quindi modificata introducendo un termine direttamente collegato alle proprietà del materiale roccioso. Tenendo conto anche della sostituzione dell'indice di caratterizzazione GSI all'indice RMR, si ha:

$$E_d \text{ (GPa)} = \sqrt{\frac{\sigma_c}{100}} \cdot 10^{\frac{GSI - 10}{40}} \quad \text{per } \sigma_c < 100 \text{ MPa}$$
 [36]

Hoek and Diederichs (2005) hanno riesaminato i predetti metodi empirici per stimare il modulo di deformabilità dell'ammasso roccioso ed hanno aggiornato i criteri in precedenza esposti con la relazione:

$$E_d(MPa) = 100000 \left(\frac{1 - D/2}{1 + e^{((75 + 25D - GSI)/11)}} \right)$$
 [37]





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	65 di 196

7. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

7.1 Introduzione

I risultati di tutte le indagini (in sito e in laboratorio) sono stati aggregati in tabelle⁸ che riportano i risultati relativi ad ognuna delle unità geotecniche individuate. Tali elenchi di dati sono stati utilizzati per la costruzione di grafici inseriti nei paragrafi relativi alle singole unità geotecniche.

Laddove significativi i seguenti parametri sono stati plottati in funzione della profondità:

TINERA

- Peso di volume;
- Composizione granulometrica;
- Contenuto naturale d'acqua;
- Limite Liquido, Limite Plastico e Indice di Plasticità
- Coesione non drenata da prove di laboratorio;
- Resistenza a compressione uniassiale e modulo di elasticità (da prove uniassiali)
- Risultati prove SPT (valori N_{SPT});
- Modulo di elasticità tangenziale iniziale G0 (correlazione da SPT);
- Modulo di Young iniziale E0 (correlazione da SPT);
- Modulo di Young operativo Eop (correlazione da SPT);
- Coesione non drenata (correlazione da SPT);
- Angolo di resistenza al taglio (correlazione da SPT).

Sono riportati inoltre i risultati nella Carta di Plasticità di Casagrande e l'elaborazione dei risultati di prove di taglio diretto e triassiali nel piano di Mohr per la stima di coesione e angolo di attrito.

Per quanto riguarda le velocità delle onde di taglio Vs, avendo a disposizione numerose prove downhole, si è preferito illustrare i profili delle Vs per ogni singolo sito indagato piuttosto che stimare, per ogni singola unità, i valori delle Vs dalle correlazioni con SPT. Queste correlazioni sono state utilizzate solo se in mancanza di prove down-hole e/o per estrapolazione di esse.

⁸ Per non appesentire il testo queste tabelle non sono state allegate, ma sono disponibili se richieste in formato Excel. Alcune di queste tabelle sono inserite nel testo





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	66 di 196

Seguendo i criteri esposti in precedenza, le unità geotecniche individuate sono le seguenti.

- 1. Materiali di riporto rilevati stradali e ferroviari (ril)
- 2. Depositi alluvionali recenti e attuali delle zone di fondovalle (al)
- 3. Depositi eluvio-colluviali di versante e ppiroclastiti di ricaduta (dvp)
- 4. Piroclastiti superficiali e coltri eluvio-colluviali (CCU)
- 5. Tufo grigio campano in facies litoide (TGCI)
- 6. Tufo grigio campano in facies "sciolta" (TGCs)
- 7. Cineriti ed epivulcaniti (MDLc)
- 8. Epivulcaniti e depositi lacustri (MDLb)
- 9. Depositi detritici e fluvio-lacustri antichi (MDLa)
- 10. Formazione quaternaria sabbioso-argillosa (Qsa)
- 11. Argille varicolori (ALV)
- 12. Arenarie di Caiazzo (ARC)
- 13. Calcari del substrato mesozoico (CAL)

All'interno di queste unità possono poi essere distinte alcune sub-unità geotecniche.

Poiché la caratterizzazione riguarda un territorio molto ampio (oltre 16 km di tracciato), è opportuno verificare che i dati geotecnici accorpati in singole unità (definite su basi formazionali), non includano al proprio interno valori molto differenti. In alcuni casi tale variabilità è da considerare "fisiologica" per il tipo di terreni (con riferimento all'estensione areale cui si riferiscono), altre volte può essere attribuita a differenti condizioni che possono portare a significative variazioni che giustificano una caratterizzazione specifica di sub-unità. Queste differenze possono interessare in particolare i depositi piroclastici che, su estensioni molto ampie, possono risentire delle diverse condizioni di messa in posto, anche se legati a singoli eventi vulcanici.

Per tale motivo, ragionando su basi geologiche, si è ipotizzato che la dorsale del Monte Aglio (che separa non solo geograficamente, ma anche geologicamente le due piane di Maddaloni e dell'Isclero) possa rappresentare (potenzialmente) un elemento di separazione e distinzione geotecnica nell'ambito di formazioni che sono state individuate sia nella Piana di Maddaloni che in quella dell'Isclero.

Per tale motivo l'analisi dei dati per le unità 5 e 6 (per i quali si dispongono molti dati) è stata condotta, come primo tentativo, separatamente per le due zone geografiche, verificando poi se esistono delle differenze o meno.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	67 di 196

7.2 Materiali di riporto, rilevati stradali e ferroviari

Lungo il tracciato si intercettano localmente materiali di origine antropica costituenti i rilevati ferroviari della linea storica (nei tratti di affiancamento), rilevati stradali intersecati dalla linea e depositi di colmata e terrapieni generici.

Le indagini non hanno interessato questi materiali, che peraltro hanno una influenza progettuale poco rilevante, quindi per la caratterizzazione si fa riferimento a parametri usali per materiali di questo tipo.

Peso di volume	γ (kN/m ³)	18÷19
Coesione efficace	c' (kPa)	0
Angolo di attrito	φ (°)	30÷35
Modulo di deformabilità	E (MPa)	20÷40

7.3 Depositi alluvionali recenti e attuali delle zone di fondovalle (all)

Rientrano in questa unità i depositi alluvionali di recente messa in posto (o attuali) presenti all'interno delle aree di fondovalle dei corsi d'acqua più importanti. Si tratta quindi di terreni che interessano la seconda parte del tracciato (Piana dell'Isclero) presenti in particolare all'interno delle aree di fondovalle del Vallone Capitone (interessato da alcune pile del lungo viadotto San Michele), del Fiume Isclero (omonimo viadotto) e Torrente San Giorgio (omonimo viadotto). Questi terreni sono stati attraversati dai sequenti sondaggi:

- il sondaggio PE-SE25 per il Vallone Capitone (Viadotto San Michele);
- i sondaggi PE-S29, PE-S35 (oltre a S4-2016 e P19, questi ultimi due però fuori asse) per il Fiume Isclero (Viadotto Isclero);
- i sondaggi PE-S36, S5, S11 (oltre al P24 fuori asse) per il Torrente San Giorgio (Viadotto San Giorgio).

Si tratta generalmente di terreni a grana media (sabbie limose e limi sabbioso-argillosi) incoerenti, poco o mediamente addensati, con intercalati locali strati, livelli e lenti di ghiaie e sabbie con ghiaie. Si possono rinvenire strati e lenti di materiali più spiccatamente limo-argillosi (dal comportamento coesivo), ma nel complesso si tratta di materiali "granulari" sia pur a grana medio-fine, i cui parametri vanno determinati essenzialmente in condizioni di tensioni efficaci (condizioni drenate).

Il materiale costituente i depositi alluvionali è in larga maggioranza di natura vulcanica e trae origine dall'erosione e trasporto delle formazioni piroclastiche circostanti. Nelle stratigrafie dei sondaggi viene







ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

LOTTO 01 E ZZ

CODIFICA RB

DOCUMENTO GE0005 001

REV. **FOGLIO** 68 di 196

В

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

riportato spesso il termine di "deposito piroclastico" o "piroclastiti" in quanto il materiale è, appunto, di natura vulcanica, ma si tratta di materiali rimaneggiati e depositati per successivi eventi alluvionali. La suddivisione che ha portato all'attribuzione di questi terreni all'unità alluvionale si basa quindi su considerazioni di carattere geologico.

COMMESSA

IF1N

Trattandosi di materiali alluvionali relativamente superficiali (nell'ambito dei primi dieci metri dal piano di campagna), lo stato di addensamento è ovviamente molto basso o mediocre.

Dai poichi campioni indisturbati prelevati si sono ottenuti valori delpesio di volume di 16.5 kN/m³ nel campione CI1 del S5/2016 della valle del San Giorgio, mentre nella Valle dell'Isclero i campioni CI1 e CI2 del S4-2016 hannpo fornito valori rispettivamente di 17.27 e 17.17 kN/m³.

Per la caratterizzazione meccanica di questa unità si hanno a disposizione i risultati di prove SPT e penetrometriche e di determinazioni fisiche (granulometria e limiti) da campioni indisturbati o rimaneggiati (da SPT). I risultati di giueste prove sono riportate nella tabella seguente.

Si tratta nella gran parte dei casi di terreni a grana fine e medio fine (limi sabbiosi e limi argillosi) sempre con una componente plastica.

Borehole	Comp	Prof.	.,				LL LP	IP -		Composizione	granulometrica	ı	
Dorenole	Camp,	Pioi,	$\gamma_{ m dry}$	Υn	W	e ₀	LL	LP	IF	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
[n°]	[n°]	[m p,c,]	[kN/m3]	[kN/m3]	[%]	[-]	[%]	[%]	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]
PE-S25	SPT1	3					36,1	25,4	10,7	0,7	27,7	49,5	22,1
PE-S25	SPT2	6					42,5	24,6	17,9	4,7	8,7	60,4	26,2
S5-2016	CI1	9.6		16.48	47		38	28	10	4	43	38	15
S4-2016	CI1	2	12,68	17,27	36,19	1,09	38	28	10	0,86	25,16	67,34	6,36
S4-2016	CI2	6,5	17,17	17,17	46,6	1,23	33	26	7	0,08	35,24	54,47	10,21
S5-2016	SPT1	7,4											

I risultati delle prove SPT sono riportati nella tabella e nel grafico seguente.

Non si evidenziano particolari differenze dei valori tra le prove eseguite nei sondaggi del PD e in quelli del PE (PE-S...), come evidenziato nel grafico in cui si distinguono con diverso colore i risultati delle due fasi di indagine.

Il grafico delle prove SPT evidenza valori di N_{SPT} quasi sempre molto bassi, inferiori a 10 e senza evidenti aumenti con la profondità (i valori più elevati in profondità sono relativi ad uno strato ghiaioso intercettato nella zona di fondovalle dell'Isclero). In linea generale i risultati sono associabili a terreni poco addensati.



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA

DELLE OPERE ALL'APERTO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	69 di 196

Sondaggio	Prof.	N_{SPT}
-	[m]	-
PE-S36	3,0	4
PE-S36	6	4
PE-S36	9	7
PE-S35	3	5
PE-S35	6	5
PE-S35	9	21
PE-S35	12,5	23
PE-S29	3	12
PE-S29	6	5
PE-S29	9	5
PE-S29	12	11
PE-S29	3	3
PE-S29	6	6
S11	3	19
P24	5	5
P24	8,0	11
S5-2016	7,2	5
S4-2016	3	3
S4-2016	9,7	6
S4-2016	14,3	40

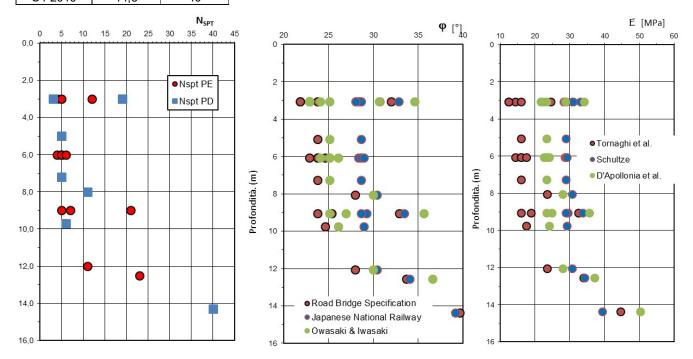


Fig. 15: Risultati delle prove SPT nei depositi alluvionali e correlazioni per la stima di φ e E

Le correlazioni per la stima dell'angolo di attrito si mantengono tra 22 e 30° a seconda delle relazioni utilizzate, ma i valori più frequenti sono intorno a 25÷28° che può ritenersi un campo di valori realistico per questi tipi di terreni, con un valore di 26° come valore caratteristico di riferimento.





ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	70 di 196

I valori più elevati di angolo di attrito in profondità sono relativi come detto ad uno strato ghiaioso dell'Isclero.

Anche le relazioni con il modulo di deformabilità sono abbastanza congruenti con la granulometria e lo stato di addensamento dei materiali indicando valori del modulo di Young nel campo tra 10 e 30 MPa.

La stima di E da prove down-hole puà essere sviluppata per i sondaggi PE-S25 e PE-S29

Sondaggio	Spessore	Unità	Vs medio	E ₀	E _{op}
-	[m]	-	[m/s]	[Mpa]	[Mpa]
PE-S25	8.1	Al	237	253	25
PE-S29	13.5	Al	170	113	11

I valori del modulo di Young operativo risultano 11 e 25 MPa, valori che rientrano nel range ottenuto dalle correlazioni attraverso le prove SPT (10 -30 MPa).

Dall'insieme dei dati disponibili si possono valutare i seguenti range di valori dei principali parametri geotecnici.

Peso di volume	γ (kN/m ³)	17÷18
Coesione efficace	c' (kPa)	0
Angolo di attrito	φ (°)	25÷28
Modulo di deformabilità	E (MPa)	10÷30

7.4 Piroclastiti di ricaduta e coltri eluvio-colluviali di versante (e-c)

Le piroclastiti adagiate sui versanti (su entrambi i lati della dorsale di Monte Aglio) hanno caratteristiche del tutto analoghe alle piroclastiti presenti nella piana. La loro distinzione è stata proposta solo per evidenziare eventuali differenze legate ai diversi processi di formazione (verosimilmente legate a diverse eventi vulcanici), ma anche per la presenza di coltri eluvio-colluviali di maggiore spessore; in molti casi queste coltri sono difficilmente distinguibili dalle sottostanti piroclastiti in posto avendo caratteristiche del tutto simili; solo localmente si possono distinguere le coltri per la presenza di frammenti calcarei provenienti dall'erosione dei soprastanti versanti calcarei.

Sul versante di Maddaloni i dati acquisiti su questa unità sono molto scarsi e non consentono una razionale caratterizzazione geotecnica. Le poche prove SPT ricadono nello stesso ambito di valori delle piroclastiti superficiali della piana. Anche per analogia granulometrica si è fatto riferimento alle stesse caratteristiche delle piroclastiti superficiali della zona della piana (CCU).



Sul versante dell'Isclero i sondaggi che hanno incontrato questa unità sono: PE-S02, PE-S08, PNIF32G01, PE-S01-39, PNIF32G07, PE-S15.

Le prove SPT si mantengono sempre al di sotto di 10, con valori di angolo di attrito più frequenti intorno a 25° e moduli tra 10 e 30 MPa. Non è facile confrontare i valori di PD e PE poiché questi ultimi si riferiscono alle porzioni superficiali, per le quali è disponibile un solo valore di PD (risultato più elevato).

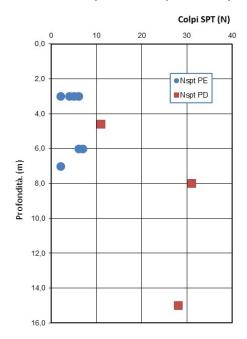


Fig. 16: Risultati delle prove SPT nelle piroclastiti di versante misti a depositi colluviali (e-c)

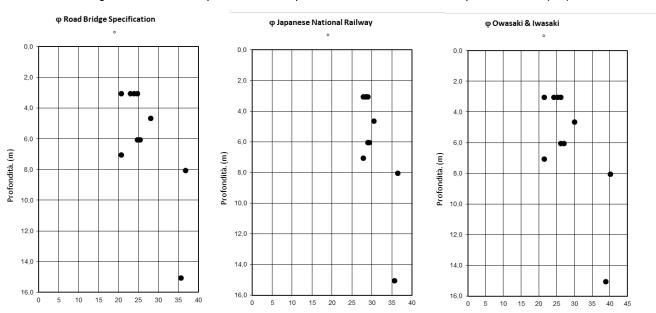


Fig. 17: Angolo di attrito da prove SPT nelle piroclastiti di versante misti a depositi colluviali (e-c)





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	72 di 196

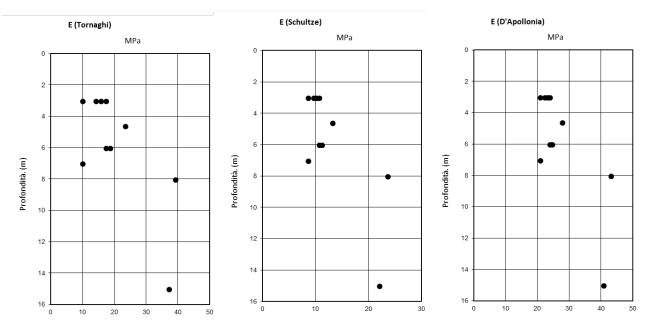


Fig. 18: Modulo E da prove SP i nelle piroclastiti di versante misti a depositi colluviali (e-c)

Non sono disponibili prove down-hole per la stima di E.

In questi terreni è presente una frazione limoso-argillosa (sia pur non preponderante) che fornisce una componente di resistenza di tipo coesiva; si tratta più che altro di forme di adesione tra granuli fini ("attraction") piuttosto che di coesione vera e propria; è lecito assumere una modesta componente coesiva per questi materiali solo in condizioni di non saturazione (coesione "capillare").

Dall'insieme dei dati disponibili si possono fare le seguenti stime dei principali parametri geotecnici.

Peso di volume	γ (kN/m ³)	16÷17	
Coesione efficace	c' (kPa)	0-5	
Angolo di attrito	φ (°)	25÷28 (26)	
Modulo di deformabilità	E (MPa)	10÷30 (20)	





0

ITINERA

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 73 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

7.5 Piroclastiti superficiali e coltri eluvio-colluviali (CCU)

In tale unità sono stati inclusi i terreni piroclastici più superficiali presenti sia nella Piana di Maddaloni che nella Piana dell'Isclero.

Dal punto di vista geologico corrispondono in gran parte alla Unità di Casalnuovo-Casoria Auct. (CCU) ma possono essere inserite anche le coltre eluviali della piana alle quali le piroclastiti passano gradualmente verso l'alto nel profilo stratigrafico tipico. Per talemotivo nelprofilo geotecnico non è stato distinto lo strato superficiale eluvio-colluviale da quello delle piroclastiti.

Si tratta di depositi vulcanici di caduta, costituiti da una singola litofacies a dominante cineritica. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e rappresentano il riempimento delle paleo-depressioni morfologiche. A luoghi sono presenti paleosuoli brunastri a tessitura sabbioso-limosa. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 5 m.

Dal punto di vista litologico, tale unità è composta da ceneri a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa di colore marrone, grigio e giallastro a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche; nella parte bassa della successione è localmente presente un livello di ceneri a granulometria sabbiosa di colore grigio chiaro e biancastro, sottilmente laminate, con abbondanti pomici di dimensioni centimetriche.

In tale unità è stata compresa anche la coltre eluvio-colluviale più superficiale, il cui contatto con le piroclastiti sottostanti è difficilmente distinguibile trattandosi di una transizione per processi di alterazione in posto o con scarso rimaneggiamento.

Nella piana di Maddaloni le piroclastiti superficiali sono ben individuabili e limitate al tetto dalla coltre eluvio-colluviale e alla base dal tetto del tufo litoide giallo sottostante che si ritrova con continuità lungo la linea Roma-Napoli via Cassino (viadotti VI-01 e VI-02) e nel tratto inziale della linea e della interconnessione.

Spostandosi verso la dorsale di Monte Aglio il tufo litoide si assottiglia fino a scomparire e le piroclastiti superficiali passano in profondità direttamente alle piroclastiti del Tufo Grigio Campano in facies sciolta. Questo passaggio è segnato in gran parte da un cambio di colorazione (da bruno-marrone-avana a grigio) poiché granulometricamente non si evidenziano particolari variazioni.

Nella Piana dell'Isclero queste piroclastiti superficiali sono meno facilmente distinguibili e separabili dalle altre unità per i seguenti motivi:





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	74 di 196

√ il tracciato si avvicina per molti tratti ai versanti e le piroclastiti si interdigitano o passano
gradualmente ai soprastanti terrenti detritico-eluviali (i quali hanno spessori più elevati rispetto alla
zona della piana di Maddaloni), o alle piroclastiti di ricaduta presenti sui versanti, che hanno
caratteristiche simili;

TINERA

- ✓ il sottostante tufo litoide giallo ha spessori molto variabili e in molti tratti non si rinviene nel sottosuolo rendendo più difficoltosa la delimitazione con le sottostanti piroclastiti sciolte del Tufo Grigio Campano (che in questa zona ha molta più variabilità in termini di caratteristiche rispetto alla Piana di Maddaloni);
- ✓ per la presenza di aree ondulate o di compluvio vero e proprio si rinvengono in superficie depositi di trasporto originatisi dal rimaneggiamento delle piroclastiti superficiali che, sia pur simili dal punto di vista granulometrico, portano ad una certa variabilità delle caratteristiche meccaniche.

Granulometricamente si tratta di piroclastiti sabbiose con limo e ghiaia e scarsa frazione argillosa.

Non si riportano grafici a causa della scarsità dei campioni sottoposti a prove di laboratorio che rende poco significativa una presentazione in grafici.

Anche le prove SPT sono relativamente poche e peraltro alla stessa profondità; tuttavia si presentano i grafici per avere una idea della dispersione dei dati.

Sondaggio	Prof.	N_{SPT}
-	[m]	-
PNIF51V03	3,2	14
PE-S40	3,0	4
PE-S11	3,0	5
PE-S12	3,0	6

Dalla tabella precedente si ricava che l'unico valore superiore a 10 proviene da un sondaggo di PD mentre gli altri valori (tutti analoghi, tra 4 e 6) provengono dal PE.

Dalle correlazioni prima indicate si ottengono valori di angolo di attrito tra 23 e 30° (intorno a 25° con i valori di N_{SPT} più frequenti) e moduli di deformabilità tra 15 e 30 MPa.

Trattandosi di materiali piroclastici superficiali, non cementati e anche soggetti a fenomeni di alterazione/argillificazione, i valori ricavati dalle indagini di PE sono da ritenersi congruenti.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL
COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 75 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

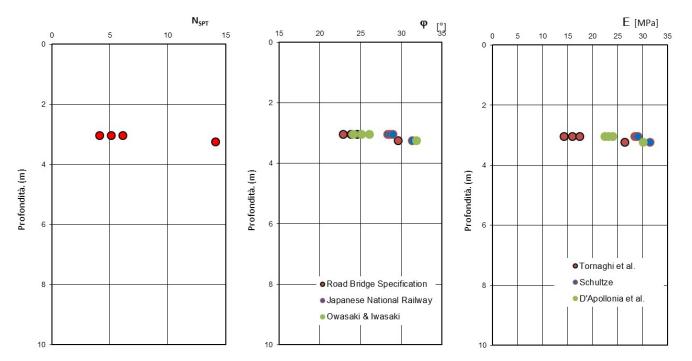


Fig. 19: Prove SPT e principali correlazioni per le piroclastiti superficiali nella zona di Maddaloni

Per la stima di E dalle prove down-hole si hanno a disposizione numerose verticali indagate

Sondaggio	Spessore	Unità	Vs medio	E ₀	E _{op}
-	[m]	-	[m/s]	[Mpa]	[Mpa]
PE-S28	3.9	e-c	108	44	4
PE-S40	4	CCU	195	156	16
PE-S11	4	CCU	171	126	13
PE-S13	3.2	CCU	152	99	10
PE-S17	4.6	CCU	209	173	17
PE-S19	2.6	CCU	149	80	8
PE-S22	6.9	CCU	196	272	27
PE-S27	3.7	CCU	235	206	21
PE-S28	4.1	CCU	291	330	33



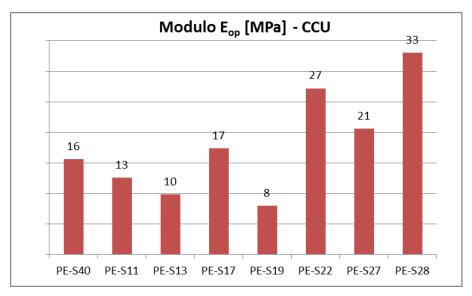


ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	76 di 196



I valori del modulo di Young (operativi) ricavati dalle relazioni con Vs risultano compresi tra 8 e 33 MPa per l'unità di Casoria, mentre è di 4 MPa per l'unico campione dell'unità e-c, valori in linea con quelli ottenuti dalle prove SPT.

Dall'insieme dei dati disponibili si possono fare le seguenti stime dei principali parametri geotecnici.

Peso di volume	γ (kN/m ³)	16÷17
Coesione efficace	c' (kPa)	0-5 (*)
Angolo di attrito	φ (°)	25÷28 (26)
Modulo di deformabilità	E (MPa)	15÷25 (20)

(*) Valgono le stesse considerazioni fatte per la coesione delle piroclastiti di ricaduta sui versanti





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	77 di 196

7.6 Tufo grigio campano in facies litoide (TGCI)

Si tratta della litofacies superiore del Tufo Grigio Campano, caratterizzata da un tufo lapideo con caratteristica colorazione giallastra legata a processi di zeolitizzazione, con grado di cementazione variabile, ma quasi sempre di consistenza litoide o semi-litoide (roccia tenera).

ITINERA

Il tufo è costituito da una matrice cineritica vacuolare nella quale sono dispersi in maniera irregolare scorie, pomici e a volte anche frammenti del substrato strappati dal condotto durante l'emissione della colata piroclastica.

Il tufo affiora artificialmente nelle zone di cava e in affioramenti naturali sulle scarpate fluviali del Rio Secco, Torrente Capitone, Fiume Isclero e Torrente San Giorgio. Nella gran parte dei casi (soprattutto nella Piana di Maddaloni) il tufo si trova sepolto a poca profondità dal p.c. coperto dai terreni piroclastici più recenti.

È stato attraversato da moltissimi sondaggi nell'ambito di profondità più frequente tra 5 e 15m circa dal piano di campagna; dal tufo sono stati prelevati numerosi spezzoni di carote per le prove di resistenza a compressione uniassiale e la determinazione del peso di volume.

Per questa unità è stato adottato lo stesso criterio di elaborazione separata per i risultati di prove ubicate rispettivamente nella Piana di Maddaloni e nella Piana dell'Isclero, ma come si vedrà non vi sono particolari differenze per il tufo tipico e caratteristico di colore giallo. In alcuni settori della Piana dell'Isclero il tufo si modifica in termini di colorazione (vira verso colori bruno-marrone-grigiastro) e diventa più friabile e tenero.

7.6.1 Piana di Maddaloni

I campioni hanno valori del peso di volume variabili, ma sempre molto bassi non superiori a 15 kN/m³, senza una apprezzabile correlazione con la profondità. Il valore medio risulta 13.5 kN/m³.

Si tratta di valori che risentono della forte porosità della matrice e della presenza di grosse scorie e pomici (a loro volta molto porose). La variabilità dei valori è dovuta alla locale presenza di grossi vuoti (vacuoli) e/o alla frequenza di elementi litici lavici (che ne alzano il valore).

I due campioni provenienti dal PD hanno valori che rientrano nel range più elevato, ma in ogni caso nell'ampio range determinato con le prove di PE; alcuni valori di PE sono anche superiori a quelli di PD per cui l'insieme dei valori di PD e PE può ritenersi congruente e rappresentativo della forte variabilità dei valori (appunto legati alla porosità variabile del tufo).







ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

LINEA	
-------	--

CODIFICA LOTTO 01 E ZZ

DOCUMENTO GE0005 001

REV. **FOGLIO**

78 di 196

В

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI DELLE OPERE ALL'APERTO

Borehole	Parahala Camp [Drof		Compressione monoassiale				Prova sonica
borenole	Camp,	Prof,	γ_{n}	σ	E _{sec}	E _{tan}	Poisson	Vp
[n°]	[n°]	[m p,c,]	[kN/m3]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	-	m/s
PE-S40	CR1	10	11,72	4,55	1,99	2,04		
PE-S40	CR2	10,5	11,31	3,36	1,44	1,61		
PE-S40	CR3	11,1	11,03	2,87	1,26	1,43		
PNIF51V03	CL1	6,4	14,81					2082
PNIF51V03	CL2	13	13,7	1,372	0,074	0,145		716
P8	CL1	6,3	14,9	2,32	1,73	1,87	0,204	1988
P8	CL2	13	15,26	1,27	2,14	2,1	0,296	1502
PE-S11	C1	6	15,05	3,19	1,7	1,67		
PE-S11	C2	9	13,76	2,82	1,48	1,32		

COMMESSA

IF1N

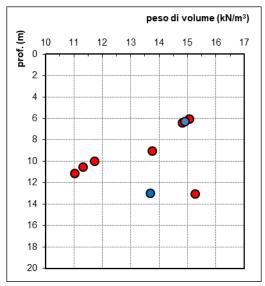


Fig. 20: Peso di volume del tufo litoide nella zona di Maddaloni (blu campioni di PD)

Anche per le prove meccaniche non si riscontrano incongruenze tra valori di PD e PE in quanto l'unico valore di PD ricade nel campo inferiore dei valori (ma non rappresenta il valore minimo).



RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL
COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 79 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

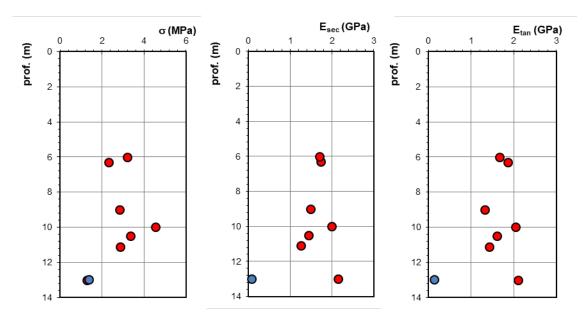


Fig. 21: resistenza a compressione e moduli di elasticità del tufo litoide nella zona di Maddaloni (blu campioni di PD)

La resistenza a compressione varia tra 1 e 5 MPa senza alcuna relazione con la profondità, con valori più frequenti tra 2 e 4 e un valore medio di circa 2.7 MPa. Anche questa variabilità è da attribuire alla frazione scoriacea e alla presenza di grossi vacuoli.

I valori del modulo secante e del modulo tangente misurato nelle prove di compressione sono abbastanza simili e variano generalmente tra 1.5 e 2 GPa.

Si specifica che si tratta di valori del modulo relativi alla scala del campione ma non di ammasso.

Pur trattandosi di una roccia molto tenera, la caratterizzazione geotecnica non può essere sviluppata con i criteri tipici della Meccanica delle Terre. Anche l'applicazione dei metodi per ammassi rocciosi va fatta con opportune considerazioni.

Volendo adottare il metodo di Hoek (GSI) si può applicare il metodo "quantitativo" che si basa sui valori di RQD e le caratteristiche dei giunti.

$$GSI = 1.5 J_{Cond89} + RQD/2$$
 [33]

Dai sondaggi si ricavano RQD variabili, ma spesso superiori a 50, generalmente nel campo 50-80%. Vi sono però molti tratti completamente fratturati o poco cementati (o disgregati dalla sonda).





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	80 di 196

Un valore di RQD tra 40 e 50% può ritenersi rappresentativo dell'intero strato di tufo incontrato nella zona di interesse (che al suo interno può essere molto variabile in relazione al grado di cementazione e alterazione).

TINERA

Per le caratteristiche dei giunti si può fare riferimento alle osservazioni sulle carote dei sondaggi anche se difficili da interpretare come effettive condizioni in sito indisturbate.

Le caratteristiche sono riassunte nella tabella seguente utilizzabile per la determinazione della Jcond₈₉. Dalla valutazione indicata direttamente nella tabella si ricava un valore di Jcond₈₉ = $15 \div 18$, quindi GSI = $1.5 \text{ J}_{\text{Cond89}}$ + RQD/2 = $1.5 \cdot (15 \div 18) + (40 \div 50)/2 = 22.5 \div 27 + 20 \div 25 = 42 \div 52$.

Table 1: Definition of JCond₈₉, after Bieniawski (1989) [5].

Condition of discontinuities	Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1 – 5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous
Rating	30	25	20	10	0
Guidelines for classification of disco Discontinuity length (persistence) Rating	< 1 m	1 to 3 m	3 to 10 m	10 to 20 m	More than 20 m
Separation (aperture)	None	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	More than 5 mm
Rating Roughness Rating	Very rough	5 Rough	Slightly rough	Smooth 1	Slickensided 0
Infilling (gouge) Rating	None 6	Hard infilling < 5 mm 4	Hard filling > 5 mm	Soft infilling < 5 mm	Soft infilling > 5 mm 0
Weathering Rating	Unweathered 6	Slightly weathered 5	Moderate weathering 3	Highly weathered	Decomposed 0

Fig. 22: Stima di JCond89 per il tufo litoide

Con questi valori di e una resistenza a compressione media di 2.5 MPa si ottiene, nell'ambito di tensioni di interesse, parametri di resistenza (ricavati con il modello costitutivo di Hoek esposto in precedenza e utilizzando il software RocLab™ proposto dallo stesso autore in RocScience) espressi dalle seguenti coppie di valori in termini arrotondati

 $c \cong 20 \text{ kPa}$ $\phi \cong 35^{\circ}$

 $c \cong 30 \text{ kPa}$ $\phi \cong 40^{\circ}$

Nella scheda seguente si riporta il calcolo per il valore di GSI inferiore, che può ritenersi rappresentativo delle zone più superficiali del tufo e/o delle porzioni meno cementate.



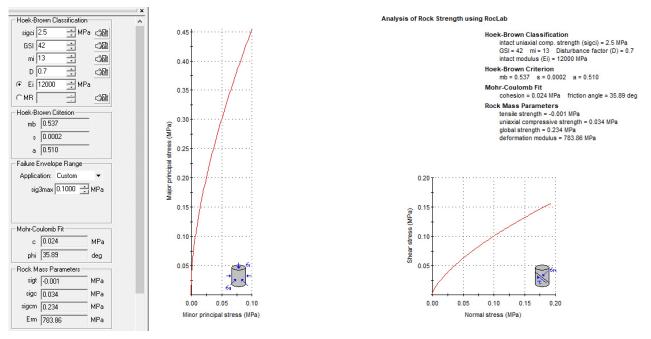


Fig. 23: Calcolo dei parametri di resistenza con RocLab per il tufo litoide

Il valore del modulo di deformabilità di ammasso, ricavato dalle correlazioni di Hoek-Diederichs già commentate in precedenza e riportate direttamente nella scheda RocLab, sono nel campo (per lo stesso range di GSI) $E \cong 0.8 \div 1.5$ GPa. Si tratta di valori molto simili ai valori ricavati direttamente sui provini dalle prove di compressione. Si ritiene quindi che tale metodo in questo caso sia poco applicabile. In effetti le prove pressiometriche in foro (nei sondaggi PE-S10-11-12-40) hanno fornito valori molto inferiori, nel campo 100-300 MPa. Si ritiene che questi valori siano più rappresentativi del materiale. Dalle correlazioni con le prove down-hole si ricavano valori relativamente bassi.

Sondaggio	Spessore	Unità	Vs medio	E ₀	E _{op}
-	[m]	-	[m/s]	[Mpa]	[Mpa]
PE-S40	8	TGC_L	396	625	62
PE-S11	8	TGC_L	507	1006	101
PE-S17	3.6	TGC_L	311	399	40
PE-S27	15.8	TGC_L	515	1023	102
PE-S28	3.1	TGC_L	504	1028	103
PE-S32	6.0	TGC_L	213	181	18

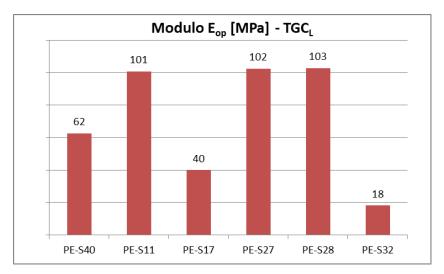




ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	82 di 196



I valori ottenuti dalle correlazioni risultano in alcuni casi minori ai valori ottenuti dalle correlazioni con le pressiometriche (100-300 MPa), mentre i valori ottenuti dalle down-hole dei sondaggi PE-S11 e PE-S27 e PE-S28 possono essere confrontabili con quelli precedentemente calcolati.

Si ricavano quindi i seguenti parametri caratteristici per la formazione tufacea in facies litoide:

Peso di volume	γ (kN/m ³)	12÷14
Coesione efficace	c' (kPa)	20÷30
Angolo di attrito	φ (°)	35÷40
Modulo di deformabilità	E (MPa)	100÷300





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	83 di 196

7.6.2 Piana dell'Isclero

Come precedentemente detto, in questa zona il tufo affiora in molti punti e quindi si può avere una visione diretta delle sue caratteristiche.

Il tufo affiora all'interno delle scarpate dell'incisione torrentizia del Rio Secco, ma con caratteri leggermente diversi rispetto al tipico tufo giallo vacuolare. Qui si tratta di un tufo grigio-bruno a forte componente cineritica e a cementazione variabile, ma mediamente inferiore a quella del tufo tipico. Sulle pareti delle scarpate il materiale è in effetti a consistenza litoide ma facilmente scalfibile con punta di martello. Un solo sondaggio (S1-2016) ha prelevato il materiale in carote (consentendo di realizzare una prova di schiacciamento), mentre gli altri hanno disgregato il materiale che quindi è dotato di scarsa cementazione.

Sempre a forte componente cineritica e di colore avana è il tufo affiorante sulle scarpate dell'incisione del Torrente Capitone, ma qui la cementazione è più elevata (analoga a quella del tipico tufo giallo) e consente la formazione di scarpate molto alte sub-verticali.

Stessa situazione si riscontra sulle scarpate del Fiume Isclero e del Fosso San Giorgio.

In altre aree e in molti tratti di sottosuolo indagati con i sondaggi, il tufo è invece litologicamente del tutto analogo al tipico tufo giallo vacuolare attraversato nel sottosuolo della piana di Maddaloni.

Nella Piana dell'Isclero (Valle di Maddaloni) lo spessore è molto variabile e arriva fino a circa 20m in corrispondenza della sponda sinistra del torrente San Giorgio. La variabilità di spessore è talmente spiccata che lo strato litoide si assottiglia fino a scomparire in molti tratti (soprattutto nei tratti in vicinanza dei versanti calcarei).

Il peso di volume è ancora più variabile della piana di Maddaloni con valori che passano da minimi di 11.5 kN/m³ a massimi di 16 kN/m³ (valori più frequenti tra 12 e 14 con valore medio 13.5 kN/m³).

La resistenza a compressione è più o meno nello stesso range dei valori trovati per la piana di Maddaloni, ma con qualche valore più elevato di 5 MPa.

I valori del modulo sono leggermente più alti arrivando a 2-3 GPa.

Anche in questo caso le prove pressiometriche eseguito in foro sui tufi litoidi hanno fornito valori molto più bassi dei moduli misurabili su campioni e inferiori a quelli stimati dalle correlazioni con GSI. Le prove pressiometriche indicano valori del modulo E tra 100 e 200 MPa.

g Ghella





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

IF1N 01 E ZZ RB GE0005 001 В 84 di 196

Darahala	Drof		ProvaCompressioneMonoassialeRoccia			Roccia
Borehole	Prof,	γ _n	σ	Esec	Etan	Poisson
[n°]	[m p,c,]	[kN/m3]	MPa	GPa	GPa	
P12	14,1	15,8				
P12	14,1	15,8				
MAD-S1	2	15,5				
MAD-S1	2	15,5				
MAD-S1	2	15,5				
MAD-S1	4,8	14,81				
MAD-S1	7,2	14,22				
MAD-S1	7,2	14,22				
MAD-S1	7,2	14,22				
MAD-S1	8,9	14,13				
P15	8,75	13,76	4,25	2,54	2,35	0,178
P15	12	13,35	3,21	2,53	2,27	0,154
PE-S23	10	11,87	3,16	1,92	1,96	
PE-S23	10,8	11,91	3,32	1,88	1,71	
PE-S23	11	11,67	1,94	0,67	0,62	
PE-S24	16	12,96	3,7	1	1,01	
PE-S24	17	13,49	4,99	2,79	2,76	
PE-S26	11,4	12,72	4,12	2,85	2,56	
PE-S26	11,4	12,65	3,88	3,16	2,39	
PE-S26	13,5	12,84	2,97	1,98	2,43	
PE-S26	13,5	12,49	3,27	1,9	1,62	
P18	13	13,41	5,45	3,09	2,79	0,221
P18	17,6	13,14	1,84	1,7	1,71	0,4
PE-S41	11,8	11,45	3,34	1,99	1,82	
PE-S41	12	11,47	3,95	1,53	1,13	
PE-S41	13,4	11,59	5,02	1,9	1,93	
PE-S28	9	11,8	2,97	2,24	2,47	
PE-S28	9,5	11,75	3,41	2,19	2,24	
PE-S28	10,7	12,21	3,54	2,31	2,27	
P20	12,1	13,41	4,96	3,38	2,5	0,193
P22	7,2	15,87	4,42	2,55	2,11	0,152
P22	13,3	16,24	5,88	3,48	3,11	0,154
P23	8,6	12,39	3,88	2,46	2,54	0,166
P23	14,2	12,16	4,26	2,73	2,86	0,137
P23	20,2	11,38	3,62	1,92	1,84	0,154
PE-S27	10,4	14,96	1,87	0,98	1,05	
PE-S27	12	15,51	2,96	1,25	1,18	
PE-S27	13,6	14,17	3,24	1,72	1,56	



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	85 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Il range di valori del peso di volume (molto ampio) è sostanzialmente analogo tra PD e PE (una maggiore frequenza di valori nel range minimo è tuttavia apprezzabile per il PE). Altrettante analogie si riscontrano per i valori di resistenza a compressione.

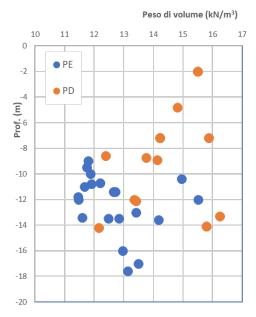


Fig. 24: Peso di volume del tufo litoide nella Piana dell'Isclero

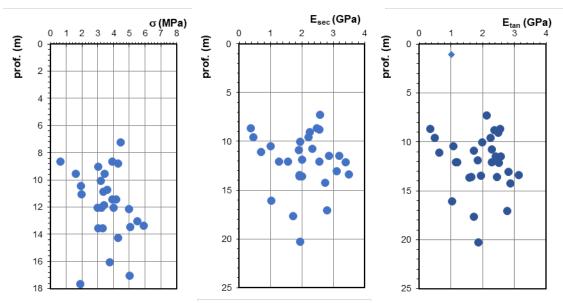


Fig. 25: resistenza a compressione e moduli di elasticità del tufo litoide nella Piana dell'Isclero

Dal confronto con i dati ricavati nella Piana di Maddaloni non si evidenziano differenze significative tra le due zone, per cui i parametri caratteristici di questo tufo della Piana dell'Isclero possono essere assunti sostanzialmente analoghi a quelli stimati per la piana di Maddaloni.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	86 di 196

7.7 Tufo grigio campano in facies "sciolta" (TGCs)

Analogamente al tufo in facies litoide, anche per quello in facies sciolta i risultati delle prove sono stati elaborati separatamente per le piane di Maddaloni e dell'Isclero.

ITINERA

In questo caso la distinzione deriva già da una osservazione delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche. Nella Piana di Maddaloni tutti i sondaggi hanno attraversato potenti spessori (fino ad oltre 40m e fino a profondità di oltre 60 m dal p.c.) di piroclastiti relativamente omogenee in termini di granulometria, colore e caratteristiche strutturali e meccaniche. Nella Piana dell'Isclero gli spessori sono relativamente ridotti (non oltre 20 m) e le caratteristiche litologiche sono assai più variabili in termini di colore, granulometria e caratteristiche meccaniche. Nella zona finale del tracciato (zona di Dugenta) le piroclastiti TGCs tornano ad essere simili a quelle della zona della Piana di Maddaloni in termini di omogeneità di caratteristiche e spessori.

Nella sua facies classica e più frequente si tratta di un aggregato di materiale cineritico (a grana limosabbiosa), nella quale sono dispersi cristalli e frammenti di cristalli di minerali diversi, abbondanti scorie di colore grigio e nerastro di dimensioni comprese tra qualche mm e qualche cm, e lapilli pomicei e litoidi di forma e dimensioni varie.

Per quanto osservabile in aree di affioramento (che sono però al di fuori dell'area di progetto, dove non è mai affiorante), il grado di cementazione è incompleto e i legami che si sono stabiliti tra i granuli sono solo "per punti". Questi legami deboli o debolissimi fanno sì che il materiale venga carotato come materiale sciolto (e da qui la denominazione di facies "sciolta").

7.7.1 Piana di Maddaloni

In questa zona il TGCs è stato incontrato con numerosi sondaggi:

- PE-S da 9 a 14, 33 e 40 del progetto esecutivo;
- P8 e 28, PNIF51V03 e R04, S6-2016, S113 delle precedenti fasi di indagine.

Tutti questi sondaggi hanno attraversato le piroclastiti del TGCs in profondità: al di sotto del tufo litoide TGCl nella zona iniziale del tracciato e dell'interconnessione e in tutta la linea storica Roma-Napoli via Cassino; direttamente al di sotto delle piroclastiti superficiali nella zona più a ridosso della dorsale di Monte Aglio. In tutti i casi si tratta di potenti spessori di piroclastiti di colore da grigio a bruno, a granulometria prevalentemente sabbioso-limosa.

Dai grafici seguenti si evidenzia una sostanziale omogeneità dei materiali, senza evidenti correlazioni con la profondità (a parte una maggiore percentuale di fino nei primi 10m). La frazione sabbiosa varia tra

il 40 e 60% (media 48.8%) tra il 20 e 45% (media 36%). La frazione ghiaiosa (scorie e lapilli) è sempre inferiore al 20% (media 10.6%) e la frazione argillosa sempre inferiore al 10% (media 5%).

Il materiale è da classificare quindi come un terreno a granulare, sia pur con una frazione limosa rilevante.

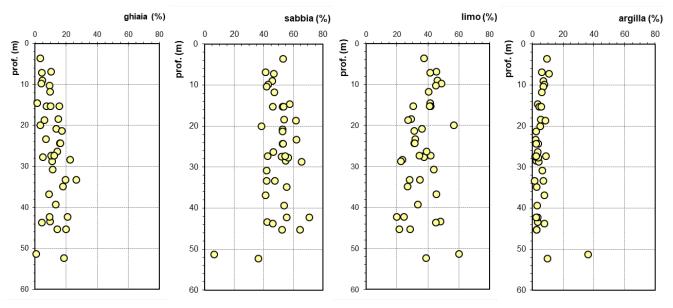


Fig. 26: Granulometrie nelle piroclastiti TGCs della Piana di Maddaloni

Nei pochi campioni semi-disturbati prelevati (<u>in fase di PD</u>) il peso di volume varia tra 14 e 16.5 kN/m³ con valori molto dispersi (media 15.2 kN/m³).

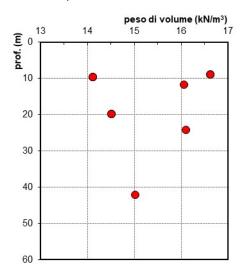


Fig. 27: Peso di volume nelle piroclastiti TGCs della Piana di Maddaloni (<u>valori ricavati nel PD</u>)



Le prove triassiali CD su campioni definiti indisturbati eseguite nelle precedenti fasi di indagine hanno fornito risultati che, elaborati come nuvola di punti, forniscono una retta di interpolazione corrispondente a $\phi \approx 36^\circ$ con un valore di coesione imposto nullo (per evitare valori leggermente negativi usando una correlazione ai minimi quadrati).

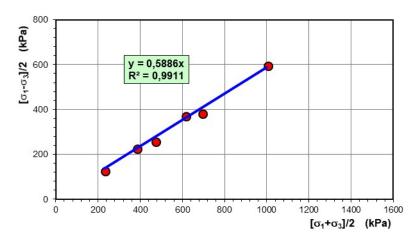


Fig. 28: Prove triassiali CD nelle piroclastiti TGCs della Piana di Maddaloni

Su alcuni campioni rimaneggiati provenienti dalle prove SPT (indagini di PE) sono state eseguite prove di taglio diretto su materiale ricostituito. L'insieme dei risultati elaborati come nuvola di punti forniscono una retta corrispondente a $\varphi \approx 38^{\circ}$.

I suddetti valori sono in linea con quelli ricavati dalle prove SPT.

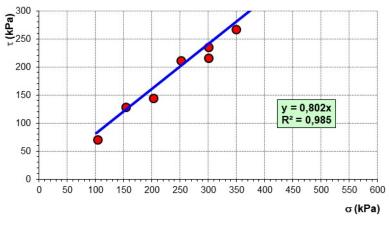


Fig. 29: Prove di taglio diretto nelle piroclastiti TGCs della Piana di Maddaloni







ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 89 di 196

Sondaggio		PD		1	PE	
NIFSTINGS 19.2 20	Sondaggio		Nent	Sondaggio		Nent
PNIF51V03	Johnaggio		ivspt -	Johnaggio		- NSPI
PNIF51V03 25,2 8 PE-S40 15 48 PNIF51V03 26,2 8 PE-S40 21 44 PNIF51V03 28,2 8 PE-S40 21 44 PNIF51V03 31,2 14 PE-S40 24 41 PNIF51V03 31,2 14 PE-S40 27 42 PNIF51V03 35,2 9 PE-S40 27 42 PNIF51R04 4,1 30 PE-S09 10,5 13 PNIF51R04 7,1 34 PE-S09 10,5 13 PNIF51R04 11,1 35 PE-S09 16 16 PNIF51R04 11,1 35 PE-S09 16 16 PNIF51R04 21,1 74 PE-S10 11,5 64 PNIF51R04 21,1 74 PE-S10 15 72 PNIF51R04 22,1 58 PE-S10 18 57 PNIF51R04 35,1 18 PE-S10 21 43 PNIF51R04 35,1 18 PE-S10 27 41 PNIF51R05 9,5 36 PE-S10 27 41 PNIF51R06 35,5 36 PE-S10 30 41 PNIF51R06 11,5 53 PE-S10 33 47 PNIF51R06 12,5 53 PE-S10 33 47 PNIF51R05 21,5 49 PE-S10 38 33 PNIF51C05 21,5 49 PE-S10 42 39 PNIF51C05 29,5 51 PE-S10 42 39 PNIF51C06 34,5 53 PE-S10 39 33 PNIF51C06 4,5 39 PE-S10 36 54 PNIF51C06 15,5 64 PE-S10 36 36 PNIF51C06 4,5 39 PE-S10 36 54 PNIF51C06 15,5 64 PE-S10 36 36 PNIF51C06 15,5 64 PE-S10 36 36 PNIF51C06 15,5 64 PE-S10 36 36 PNIF51C06 15,5 64 PE-S10 39 33 PNIF51C06 15,5 64 PE-S10 42 39 PNIF51C06 34,5 53 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 34,5 53 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 34,5 53 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 4,5 99 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 34,5 53 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 4,5 99 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 34,5 53 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 34,5 53 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 4,5 99 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 34,5 53 PE-S10 44,3 30 PNIF51C06 4,5 99 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 4,5 99 PE-S10 42,3 35 PNIF51C06 5,5 53 PE-S10 51,3 99 PNIF51C06 5,5 54 PE-S11 5,6 54 PNIF51C06 5,5 54 PE-S11 5,6 54 PNIF51C06 7,5 90 PE-S11 3,6 54 PNIF51C06 7,5	PNIE51\/03		20	PF-S40		30
PNIF51V03 25,2 111						
PNIF51V03 28,2 8						
PNIF51V03 31,2 14						
PNIF51R04						
PNIF51R04						
PNIF51R04						
PNIF51R04						
PNIF51R04						
PNIF51R04						16
PNIF51R04 24,1 58						
PNIF51R04 28.1						
PNIF51G05 35,1 18		24,1	58			
PNIF51G05 5,5 35 PE-S10 27 41						-
PNIF51G05 9,5 36						
PNIF51G05						
PNIF51G05		9,5				
PNIF51G05 21,5 49 PE-S10 39 33 39 PNIF51G05 24,5 49 PE-S10 42 39 PNIF51G05 29,5 51 PE-S10 45,3 35 PNIF51G05 29,5 51 PE-S10 48,3 30 PNIF51G05 34,5 53 PE-S10 51,3 29 PNIF51G06 7,5 20 PE-S11 3,6 54 PNIF51G06 7,5 20 PE-S11 7,4 48 PS 17 46 PE-S11 20 28 PS 21 60 PE-S11 26 12 PS 21 60 PE-S11 26 12 PS 27 PE-S11 26 12 PS 27 PE-S11 35 24 PS 27 PE-S12 15 15 PE-S12 20 46 PE-S12 20 46 PE-S13 20,5 48 PE-S1			53		33	
PNIF51G05						
PNIF51G05 29,5 51						
PNIF51G05						
PNIF51G06 4,5 39 PE-S10 51,3 29 PNIF51G06 7,5 20 PE-S11 3,6 54 PNIF51G06 11,5 38 PE-S11 7,4 48 P8 17 46 PE-S11 20 28 P8 21 60 PE-S11 23 18 P8 26 51 PE-S11 29 30 P28 5 27 PE-S11 32 27 P28 9 24 PE-S11 32 27 P28 16 30 PE-S11 35 24 P28 16 30 PE-S11 38 29 P28 29 27 PE-S11 44 22 P28 34 33 PE-S11 44 22 P28 34 33 PE-S11 51,66 30 PE-S12 15 15 PE-S12 17,5 39 PE-S12 20 46 PE-S12 20 46 PE-S13 5 31 PE-S13 5 31 PE-S33 5 31 PE-S33 15 33 PE-S33 20,5 35 PE-S33 23,5 56 PE-S33 36,5 33 PE-S33 36,5 33 PE-S31 10 34 PE-S33 35,5 31 PE-S33 35,5 33 PE-S33 35,5 33 PE-S33 20,5 35 PE-S33 35,5 33 PE-S33 20,5 35 PE-S33 35,5 33 PE-S33 20,5 35 PE-S33 36,5 33 PE-S33 36,5 36 PE						
PNIF51G06						
PNIF51G06						
P8 17 46 PE-S11 20 28 P8 21 60 PE-S11 23 18 P8 26 51 PE-S11 26 12 P28 5 27 PE-S11 29 30 P28 9 24 PE-S11 32 27 P28 12 31 PE-S11 35 24 P28 12 31 PE-S11 35 24 P28 12 21 31 PE-S11 35 24 P28 12 22 PE-S11 41 28 29 27 PE-S11 41 28 29 27 PE-S11 44 22 20 46 20 MEDIA 38 PE-S11 44 22 22 PE-S11 44 22 22 46 22 46 22 46 22 46 22 46 22 46 24 22		7,5	20		3,6	
P8 21 60 PE-S11 23 18 P8 26 51 PE-S11 26 12 P28 5 27 PE-S11 29 30 P28 9 24 PE-S11 32 27 P28 16 30 PE-S11 38 29 P28 16 30 PE-S11 44 22 P28 29 27 PE-S11 44 22 P28 29 27 PE-S11 44 22 P28 34 33 PE-S11 48.66 20 MEDIA 38 PE-S11 51.66 30 MEDIA 38 PE-S12 15 15 MEDIA 38 PE-S13 10 <td< td=""><td>PNIF51G06</td><td>11,5</td><td>38</td><td></td><td>7,4</td><td></td></td<>	PNIF51G06	11,5	38		7,4	
P8 26 51 PE-S11 26 12 P28 5 27 PE-S11 29 30 P28 9 24 PE-S11 32 27 P28 12 31 PE-S11 35 24 P28 16 30 PE-S11 38 29 P28 22 22 PE-S11 41 28 P28 29 27 PE-S11 44 22 22 PE-S11 44 22 22 PE-S11 44 22 22 PE-S11 48,66 20 30 20 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 31 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30						
P28 5 27 PE-S11 29 30 P28 9 24 PE-S11 32 27 P28 12 31 PE-S11 35 24 P28 16 30 PE-S11 38 29 P28 22 22 PE-S11 41 28 P28 29 27 PE-S11 44 22 22 P28 34 33 PE-S11 48,66 20 20 46 20 46 38 PE-S11 51,66 30 30 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 46 20 48 22 22 23 44 22 20 46 20 22 22 <td>P8</td> <td>21</td> <td>60</td> <td>PE-S11</td> <td>23</td> <td>18</td>	P8	21	60	PE-S11	23	18
P28 9 24 PE-S11 32 27 P28 12 31 PE-S11 35 24 P28 16 30 PE-S11 38 29 P28 22 22 PE-S11 44 22 P28 29 27 PE-S11 44 22 P28 34 33 PE-S11 44 22 P28 34 33 PE-S11 466 20 MEDIA 38 PE-S11 51,66 30 MEDIA 38 PE-S11 51,66 30 PE-S12 15 15 15 15 PE-S12 20 46 44 44 22 24 44 44 22 24 44 44 22 24 44 44 44 22 24 44 44 22 23 44 44 44 22 23 44 44 22		26		PE-S11	26	12
P28 12 31 PE-S11 35 24 P28 16 30 PE-S11 38 29 P28 22 22 PE-S11 41 28 P28 29 27 PE-S11 44 22 P28 34 33 PE-S11 48,66 20 MEDIA 38 PE-S11 44,66 20 MEDIA 38 PE-S11 48,66 20 MEDIA 38 PE-S11 51,66 30 MEDIA 38 PE-S12 20 46 PE-S12 20 46 PE-S12 23 44 PE-S13 5 31 PE-S13 5 31 PE-S33 15 35 31 92 48 </td <td>P28</td> <td></td> <td>27</td> <td></td> <td>29</td> <td>30</td>	P28		27		29	30
P28 16 30 PE-S11 38 29 P28 22 22 PE-S11 41 28 P28 29 27 PE-S11 44 22 P28 34 33 PE-S11 44 22 P28 34 33 PE-S11 51,66 30 MEDIA 38 PE-S12 15 15 MEDIA 38 PE-S12 15 15 MEDIA 38 PE-S11 48 60 20 MEDIA 38 PE-S12 15 15 30 20 46 20 48 22 24 22 24 24 20 46 25 24 24 20 24 24 20 24 24						
P28 22 PE-S11 41 28 P28 29 27 PE-S11 44 22 P28 34 33 PE-S11 48,66 20 MEDIA 38 PE-S11 48,66 20 MEDIA 38 PE-S11 51,66 30 PE-S12 15 15 15 PE-S12 17,5 39 99 46 46 47 47 47 48 4		12			35	24
P28 29 27 PE-S11 44 22 P28 34 33 PE-S11 48,66 20 MEDIA 38 PE-S11 51,66 30 PE-S12 15 15 15 PE-S12 17,5 39 20 46 PE-S12 20 46 44 22 44 44 22 44 44 22 44 44 22 44 44 22 44 45 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44 44	P28		30		38	29
P28 34 33 PE-S11 48,66 20 MEDIA 38 PE-S11 51,66 30 PE-S12 15 15 PE-S12 17,5 39 PE-S12 20 46 PE-S12 23 44 PE-S12 23 44 PE-S33 5 31 PE-S33 10 22 PE-S33 15 33 PE-S33 20,5 35 PE-S33 20,5 49 PE-S33 20,5 49 PE-S33 32,5 42 PE-S33 32,5 42 PE-S33 35,5 33 PE-S33 35,5 33 PE-S33 36,5 32 PE-S33 36,5 32 PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 <	P28	22	22	PE-S11		28
MEDIA 38 PE-S11 51,66 30 PE-S12 15 15 15 PE-S12 17,5 39 9 PE-S12 20 46 44 PE-S12 23 44 44 PE-S12 23 44 44 PE-S33 5 31 5 31 PE-S33 10 22 22 42 44					44	22
PE-S12 15 15 15		34	33	PE-S11	48,66	20
PE-S12 17,5 39 PE-S12 20 46 PE-S12 23 44 PE-S13 5 31 PE-S33 10 22 PE-S33 15 33 PE-S33 15 33 PE-S33 20,5 35 PE-S33 20,5 35 PE-S33 23,5 56 PE-S33 23,5 42 PE-S33 32,5 42 PE-S33 32,5 42 PE-S33 35,5 33 PE-S33 35,5 36 PE-S33 35,5 36 PE-S33 31,5 36 PE-S33 31,5 36 PE-S33 31,5 36 PE-S33 41 36 PE-S33 41 36 PE-S13 5 32 PE-S13 5 32 PE-S13 15 50 PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 30 39 28 PE-S13 30 39 28 PE-S14 46 25 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 20 15 PE-S14 20 20 PE-S14 29 30	MEDIA		38		51,66	
PE-S12 20 46 PE-S12 23 44 PE-S13 5 31 PE-S33 5 31 PE-S33 10 22 PE-S33 15 33 PE-S33 20,5 35 PE-S33 23,5 56 PE-S33 23,5 56 PE-S33 29,5 48 PE-S33 29,5 48 PE-S33 32,5 56 PE-S33 35,5 33 PE-S33 41 36 PE-S33 41 36 PE-S13 5 32 PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 10 34 PE-S13 20,5 48 PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 23 20 PE-S14 29 30				PE-S12	15	15
PE-S12 23				PE-S12		39
PE-S33						
PE-S33 10 22 PE-S33 15 33 PE-S33 20,5 35 PE-S33 20,5 35 PE-S33 20,5 56 PE-S33 26,5 49 PE-S33 29,5 48 PE-S33 32,5 42 PE-S33 35,5 36 PE-S33 35,5 36 PE-S33 38,5 36 PE-S33 41 36 PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 15 50 PE-S13 20,5 48 PE-S13 20,5 48 PE-S13 20,5 48 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S14 20 65 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21						
PE-S33 15 33 PE-S33 20,5 35 PE-S33 23,5 56 PE-S33 23,5 56 PE-S33 29,5 48 PE-S33 32,5 42 PE-S33 32,5 42 PE-S33 35,5 33 PE-S33 35,5 33 PE-S33 41 36 PE-S33 41 36 PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 10 34 PE-S13 20,5 48 PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 36 30 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21				PE-S33	5	31
PE-S33 20,5 35 PE-S33 23,5 56 PE-S33 26,5 49 PE-S33 26,5 49 PE-S33 32,5 42 PE-S33 32,5 42 PE-S33 35,5 33 PE-S33 35,5 33 PE-S33 35,5 36 PE-S33 41 36 PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 15 50 PE-S13 24 50 PE-S13 24 50 PE-S13 24 50 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 36 30 PE-S13 36 30 PE-S13 37 48 PE-S14 36 30 PE-S15 42 36 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						22
PE-S33 23,5 56 PE-S33 26,5 49 PE-S33 29,5 48 PE-S33 29,5 48 PE-S33 32,5 52 PE-S33 35,5 33 PE-S33 35,5 36 PE-S33 41 36 PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 15 50 PE-S13 15 50 PE-S13 20,5 48 PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 36 30 PE-S13 36 30 PE-S13 36 30 PE-S13 42 56 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21					15	33
PE-S33					20,5	
PE-S33						
PE-S33 32,5 42 PE-S33 35,5 33 PE-S33 38,5 36 PE-S33 41 36 PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 15 50 PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 PE-S13 24 50 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 36 30 PE-S13 36 30 PE-S13 42 36 PE-S13 42 36 PE-S13 42 36 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						-
PE-S33 35,5 33 PE-S33 38,5 36 PE-S33 41 36 PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 15 50 PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 36 30 PE-S13 45 PE-S13 45 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30					29,5	-
PE-S33 38,5 36 PE-S33 41 36 PE-S13 5 32 PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 15 50 PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 39 28 PE-S13 39 28 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30					32,5	
PE-S33 41 36 PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 15 50 PE-S13 15 50 PE-S13 20,5 48 PE-S13 20,5 48 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 39 28 PE-S13 39 28 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 8,5 22 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 23 20 PE-S14 29 30						33
PE-S13 5 32 PE-S13 10 34 PE-S13 15 50 PE-S13 15 50 PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 36 30 PE-S13 42 36 PE-S13 42 36 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 12 18 PE-S14 12,7 3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30				PE-S33		36
PE-S13 10 34 PE-S13 15 50 PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 36 30 PE-S13 42 36 PE-S13 42 36 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 8,5 22 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S13 15 50 PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 39 28 PE-S13 42 36 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 12 18 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S13 20,5 48 PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 39 28 PE-S13 42 36 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 12 18 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S13 24 50 PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 39 28 PE-S13 42 36 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 8,5 22 PE-S14 12 18 PE-S14 12, 18 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S13 27 48 PE-S13 30 47 PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 39 28 PE-S13 42 36 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 6 25 PE-S14 12 18 PE-S14 11,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S13 30 47 PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 36 30 PE-S13 39 28 PE-S13 42 36 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 8,5 22 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S13 33 42 PE-S13 36 30 PE-S13 39 28 PE-S13 39 28 PE-S13 42 36 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 8,5 22 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S13 36 30 PE-S13 39 28 PE-S13 42 36 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 8,5 22 PE-S14 12 18 PE-S14 12, 18 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S13 39 28 PE-S13 42 36 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 8,5 22 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S13 42 36 PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 8,5 22 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S13 45 26 PE-S14 6 25 PE-S14 8,5 22 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S14 6 25 PE-S14 8,5 22 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S14 8,5 22 PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S14 12 18 PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S14 14,7 22 PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S14 17,3 17 PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S14 20 15 PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S14 23 20 PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S14 26 21 PE-S14 29 30						
PE-S14 29 30						
MFDIA 3E					29	
INILDIA 33				MEDIA		35



Le prove SPT indicano valori molto dispersi (tra 10 e 70), senza particolari correlazioni con la profondità. La forte dispersione è anche da attribuire alla peculiarità del comportamento dei terreni piroclastici già commentata in precedenza. Risulta un valore medio di 36 con una deviazione standard di circa 15. Dalla tabella precedente si evidenzia che il valore medio ricavato nel PD è 38 mentre quello di PE pari a 35. Si può quindi ricavare una congruenza dei dati tra PD e PE come si evidenza anche dal grafico seguente (si apprezza una dispersione ancora più elevata nelle prove di PD).

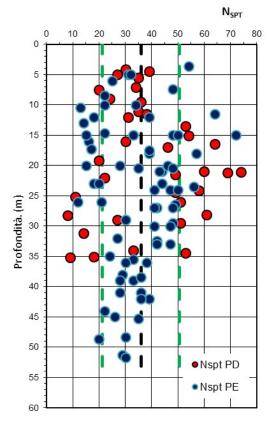


Fig. 30: Prove SPT nelle piroclastiti TGCs della Piana di Maddaloni (con media e deviazione standard)

In alcune aree la frazione limosa diventa preponderante e in tal caso, anche perché si associa una scarsa resistenza penetrometrica, è stata individuata una sub-facies limosa (TGCsI), particolarmente evidente e distinguibile nella piana dell'Isclero. Questa sub-facies non è sempre facilmente distinguibile: alcune volte si segue si vari sondaggi limirofi; altre volte appare come sacca isolata evidentemente da associare a condizioni di deposito particolari, come avviene spesso nelle piroclastiti. In questi casi (come ad es. per il PE-S31) nel profilo geotecnico è stata indicata la presenza con contorni incerti della sub-facies TGC-sI.



I valori inferiori a 10-15 possono considerarsi anomali o associabili alla sub-facies TGCsl, mentre quelli superiori a 40-50 sono da attribuire a livelli debolmente cementati o saldati.

Le correlazioni per il tufo grigio campano classico in facies sciolta sono riportate nei grafici seguenti.

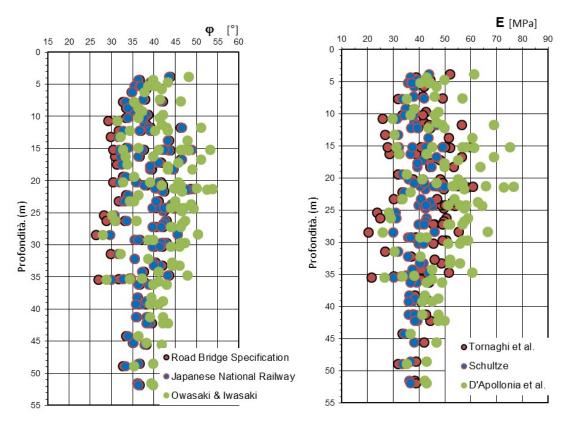


Fig. 31: Principali correlazioni da SPT nelle piroclastiti TGCs della Piana di Maddaloni

I valori di angolo di attrito variano, a seconda degli autori tra 30 e 42° (alcuni valori superano i 45° con la relazione di Owasaki e Iwasaki). Si nota sempre una lieve tendenza alla diminuzione dei valori con la profondità, anche con le relazioni che non prevedono correzioni con la tensione litostatica.

In effetti le prove triassiali e quelle di taglio diretto su campioni ricostituiti hanno fornito valori di angolo di attrito 36-39°, compatibili e del tutto analoghi al campo di valori ricavato dalle prove SPT.

Nella caratterizzazione si è preferito fare riferimento ad un campo di valori inferiori (33-36°) per tenere conto della peculiarità già discusse delle piroclastiti (in particolare la tendenza alla rottura fragile); la scelta dei valori inferiori tiene conto anche che nella maggior parte dei casi questi terreni interessano le fondazioni profonde dei viadotti, a intervalli di profondità che interessano il campo di valori inferiori come indicato nei grafici, dove si apprezza una tendenza alla diminuzione con la profondità.



I valori del modulo di deformabilità ricavato dalle correlazioni SPT varia tra 30 e 60 MPa a seconda degli Autori (anche in questo caso, ovviamente, con una tendenza alla diminuzione con la profondità). Un campo di valori realistico per questi terreni appare 40-60 MPa.

REV.

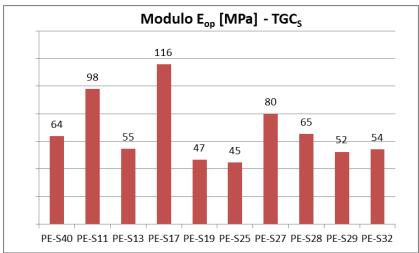
В

FOGLIO

92 di 196

Per la stima del modulo E sono disponibili i risultati di 10 prove sismiche DH dalle quali si ricavano i seguenti risultati

Sondaggio	Spessore	Unità	Vs medio	E ₀	E _{op}
-	[m]	-	[m/s]	[Mpa]	[Mpa]
PE-S40	18	TGCs	396	639	64
PE-S11	38	TGCs	467	981	98
PE-S13	41.8	TGCs	360	547	55
PE-S17	27.3	TGCs	526	1158	116
PE-S19	8.5	TGCs	353	467	47
PE-S25	2.9	TGCs	345	448	45
PE-S27	11.5	TGCs	457	802	80
PE-S28	25.4	TGCs	403	655	65
PE-S29	14.2	TGCs	365	524	52
PE-S32	20.0	TGCs	370	543	54
PE-S19	10.5	TGC _{S-L}	294	331	33
PE-S22	16.1	TGC _{S-L}	316	914	91



I valori ottentuti dalle correlazioni con i valori delle onde di taglio, che restituiscono valori di E operativo compresi tra 40 e 60, risultano congruenti con i valori ottenuti dalle correlazioni delle prove SPT.

Per questa zona si hanno a disposizione anche molte prove penetrometriche dinamiche continue che sono state correlate con le prove SPT secondo i criteri prima descritti.



RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL
COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

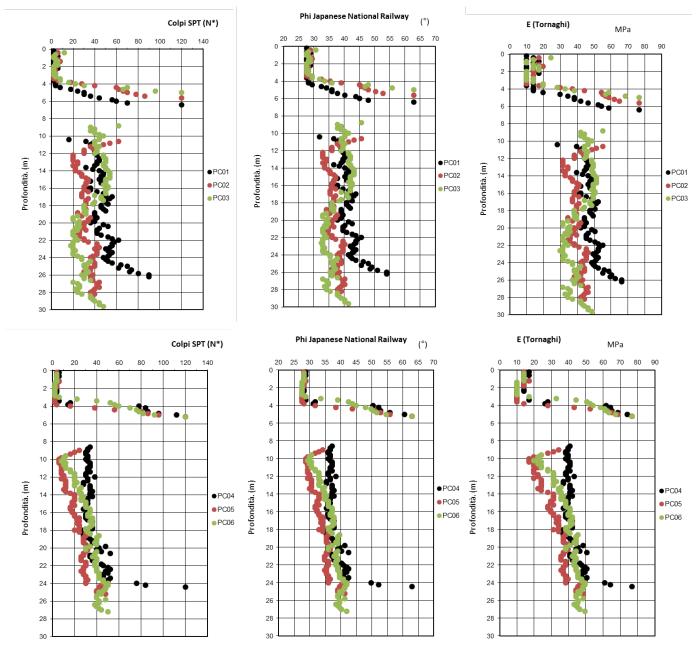
 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 93 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Applicando le relazioni per la stima dell'angolo di attrito e del modulo di deformabilità che sono apparse più adatte, si ottiene una nuvola di punti di valori illustrati nei grafici seguenti. Sono stati considerate insieme le prove PE-PC01-02 per la zona iniziale del tracciato e il viadotto VI-01, PE-PC04-05-06 per il viadotto VI-02 e rilevato di approccio, PE-PC06-07 per il tratto finale della linea Roma-Napoli via Cassino, PE-PC09-10-11 per trincea e galleria artificiale di imbocco alla galleria Monte Aglio.

ITINERARIO NAPOLI - BARI







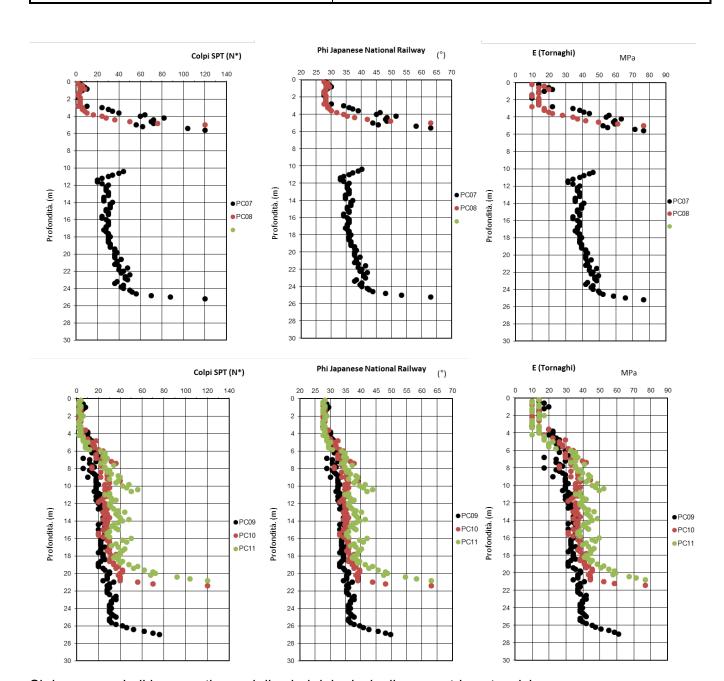
ITINERARIO NAPOLI - BARI ITINERA

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

CODIFICA COMMESSA LOTTO DOCUMENTO REV. **FOGLIO** IF1N 01 E ZZ GE0005 001 В 94 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO



Si ricavano quindi i seguenti campi di valori dei principali parametri geotecnici

Peso di volume	γ (kN/m ³)	15÷16
Coesione efficace	c' (kPa)	0÷5
Angolo di attrito	φ (°)	33÷36
Modulo di deformabilità	E (MPa)	40÷60



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA	DOCUMENTO GE0005 001	REV.	FOGLIO 95 di 196
11 114	01 L ZZ	KD	GE0003 001		33 ui 130

Il valore di coesione indicato è legato più a fenomeni di "incastro" o indentazione tra i granuli e andrebbe considerato con molta cautela e solo in condizioni particolari. In condizioni di saturazione il materiale è da considerare incoerente.

7.7.2 Piana dell'Isclero

Come precedentemente detto, nella piana dell'Isclero queste piroclastiti mostrano un accentuata variabilità con spessori relativamente ridotti. Intorno ai 25-30m al massimo di profondità le piroclastiti sabbioso-limose TGCs passano ad una potente successione di cineriti, epivulcaniti e depositi vulcano-lacustri attribuibili all'Unità di Maddaloni.

I sondaggi che hanno intercettato questa unità indicano una maggiore variabilità rispetto alla zona di Maddaloni e spessori più contenuti. Alternati alle piroclastiti grigie tipicamente sabbiose si trovano strati di tufiti cineritiche di colore avana e cineriti a grana molto fine, argillificate (spesso queste cineriti si trovano nella parte bassa della serie e proseguono verso il basso con l'Unità di Maddaloni).

Le piroclastiti tipiche analoghe alla Piana di Maddaloni si rincontrano nuovamente nella zona di Dugenta.

La diversità rispetto alla Piana di Maddaloni si evidenzia dal grafico delle prove SPT che mostra una netta traslazione verso valori più bassi rispetto a Maddaloni. Nella piana dell'Isclero i valori ricadono con elevata frequenza tra 20 e 40, ma molti valori sono inferiori a 20 e anche a 10. Il valore medio è in questo caso 30 (28 per le indagini di PE, 34 per le indagini di PD).

Analogamente i valori ricavati per l'angolo di attrito sono traslati verso il campo inferiori, con maggiore frequenza tra 30 e 40° ma con valori anche inferiori a 30°.

Il modulo E varia tra 20 e 60 MPa con i valori più frequenti tra 30 e 50 MPa.

Dalla tabella seguente si evidenzia una diferenza di valori tra PD e PE (valori medi di PD=34, mentre nel PE=28). La stessa differenza si evidenzia nel grafico dove però si ricava visivamente che le differenze sono legate essenzialmente ad alcuni valori molto elevati riscontrati nel PD (probabili strati cementati) e a valori molto bassi riscontrati nel PE. Come si dirà oltre, le indagini di PE hanno individuato una subfacies limosa del TGCs caratterizzata da valori di N_{SPT} mediocri; in alcuni casi quest sub-facies sono state delimitate e quindi caratterizzate separatamente; è possibile che però che alcuni valori mediocri attribuite al TGC siano in realtà da attribuire alla sub-facies limosa non individuata nel sondaggio.

Ghella



ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 96 di 196

PROGETTO DEFINITIVO					
Sondaggio	Prof.	Nspt			
-	[m]	-			
P9	13,5	100			
P9	19,5	26			
P9	24,5	23			
P9	26,5	30			
P9	29,5	18			
P9	34,5	26			
P10	15	34			
P10	20	58			
P10	24	44			
P14	6,2	38			
P14	11,2	36			
P14	21,7	20			
P14	30	29			
P15 P15	15	52			
	24	55			
P18	22,1	38			
P18	28,1	55			
P18	34,1	46			
S1-2016	12,42	52			
S1-2016	14,42	39			
S1-2016	20,42	12			
PNIF51G07	18	74			
P12	18,7	20			
P12	20,7	22			
MAD - S1	14,73	19			
MAD - S1	19,73	34			
S3-2016	19	23			
S3-2016	24	27			
S3-2016	29	63			
S3-2016	33	13			
P19	7,3	24			
P19	10,3	31			
P19	16,3	34			
P19	22,3	36			
P20	21,1	39			
P20	24,1	46			
P22	18	39			
S10	21,9	34			
P25	5,5	22			
P25	10,5	21			
P25	14,5	34			
P25	20,5	24			
P24	8,2	11			
P24	10,2	46			
S5-2016	15,05	29			
	MEDIA	34			

PROG	ETTO ESEC	UTIVO	PE-S37	20	30
Sondaggio	Prof.	Nspt	PE-S37	23	32
-	[m]	-	PE-S37	25,5	32
PE-S29	15	50	PE-S37	29	8
PE-S29	18	16	PE-S37	33	28
PE-S29	21	14	PE-S37	36	36
PE-S29	24	26	PE-S17	9	24
PE-S29	27	27	PE-S17	12	24
PE-S35	15	21	PE-S17	15	23
PE-S35	18	23	PE-S17	18	20
PE-S30	16	25	PE-S17	21	25
PE-S30	18	26	PE-S17	24	23
PE-S30	21	27	PE-S17	26	28
PE-S30	24,5	21	PE-S17	30	20
PE-S30	27	32	PE-S17	35	27
PE-S30	29,5	18	PE-S18	12,4	15
PE-S30	33	22	PE-S18	15,4	19
PE-S34	3,5	46	PE-S18	18,5	25
PE-S34	6,2	40	PE-S18		23
PE-S34	9	41		21	7
PE-S34	11,5	34	pe-s19	16	-
PE-S34	14,5	39	pe-s19	19	4
PE-S34	17,5	40	pe-s19	22	6
PE-S34	20,5	35	PE-S38	15	8
PE-S34	23,5	37	PE-S38	18	15
PE-S36	12	46	PE-S38	21	4
PE-S36	15	39	PE-S20	12	13
PE-S32	6	20	PE-S21	11,5	23
PE-S32	9	16	PE-S21	15	23
PE-S32	12	17	PE-S25	9	10
PE-S32	15	18	PE-S26	20	41
PE-S32	20	28	PE-S26	23	39
PE-S32	25	20	PE-S26	26	41
PE-S39	19	24	PE-S27	23,5	34
PE-S15	11	38	PE-S27	25,5	37
PE-S15	15	43	PE-S27	29	32
PE-S15	18	50	PE-S27	31	46
PE-S15	22	54	PE-S41	14	20
pe-s16	12	35	PE-S41	16,8	28
pe-s16	16	38	PE-S41	19	37
pe-s16	20	34	PE-S28	11,5	28
pe-s16	23	43	PE-S28	14,5	26
pe-s16	25,5	36	PE-S28	17,5	25
pe-s16	29,5	17	PE-S28	20,5	25
pe-s16	35	27	PE-S28	25	30
PE-S37	11	24	PE-S28	30	43
PE-S37	14	21	PE-S28	35	46
PE-S37	17	27		MEDIA	28

Ghella



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	97 di 196

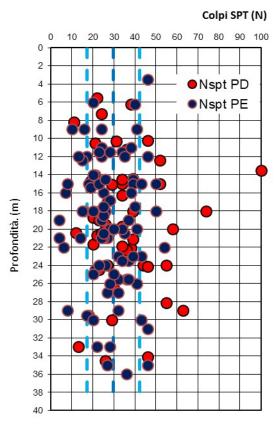


Fig. 32: Risultati delle prove SPT nelle piroclastiti TGCs della Piana dell'Isclero

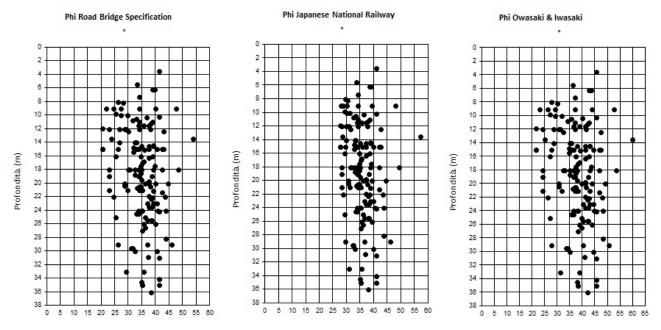


Fig. 33: Correlazioni tra SPT e angolo di attrito nelle piroclastiti TGCs della Piana dell'Isclero



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL
COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	98 di 196

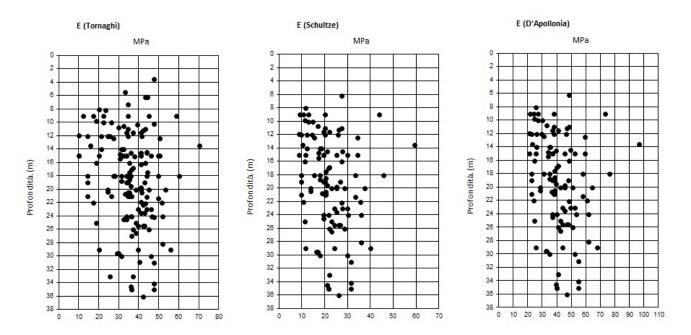


Fig. 34: Correlazioni tra SPT e modulo di deformabilità nelle piroclastiti TGCs della Piana dell'Isclero

Dall'insieme di questi dati si ricavano i seguenti parametri caratteristici.

Peso di volume	γ (kN/m ³)	15÷16
Coesione efficace	c' (kPa)	0÷5 (*)
Angolo di attrito	φ (°)	32÷34
Modulo di deformabilità	E (MPa)	30÷50

(*) Stessa nota precedente

Per la litofacies limosa del tufo, individuata in alcuni settori della Piana dell'Isclero (e indicata con la sigla **TGCsI** nel profilo geotecnico), sono stati ricavati i risultati espressi nei seguenti grafici.

Dai grafici è evidente la presenza di una forte componente limosa, preponderante rispetto alla frazione sabbiosa (che invece nel TGCs classico rappresenta la frazione granulometrica maggioritaria).

Rispetto al TGCs tipico si nota una maggiore dispersione delle frazioni granulometrica, una netta diminuzione della frazione ghiaiosa (lapilli e scorie), un aumento di quella argillosa.

Il peso di volume si mantiene su valori tipici di materiali vulcanici (in gran parte tra 14 e 16 kN/m³) e risulta sempre apprezzabile la frazione plastica.



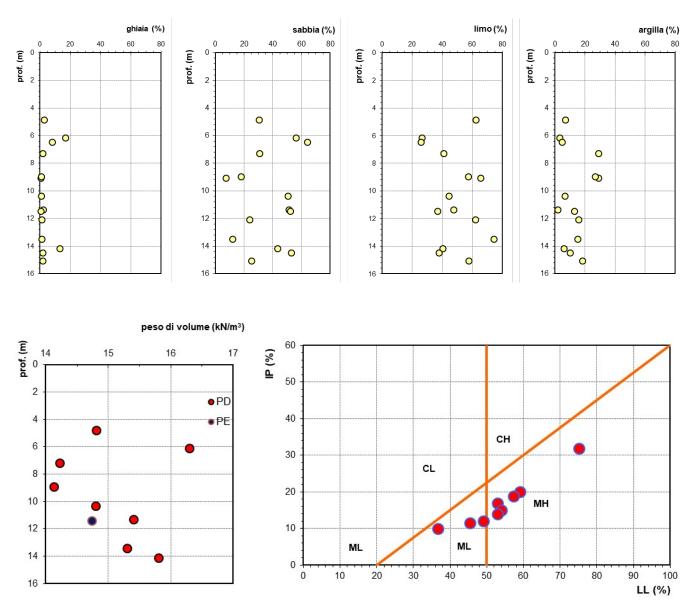


Fig. 35: Prove di laboratorio nelle piroclastiti TGCsl della Piana dell'Isclero

La differenza è evidente anche dalle resistenze penetrometriche che mostrano valori inferiori a 10, quindi analoghi ai terreni piroclastici superficiali e ai depositi di versante.

L'angolo di attrito varia nel range tra 25° e 30° e il modulo E tra 10 e 30 MPa.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL
COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 100 di 196

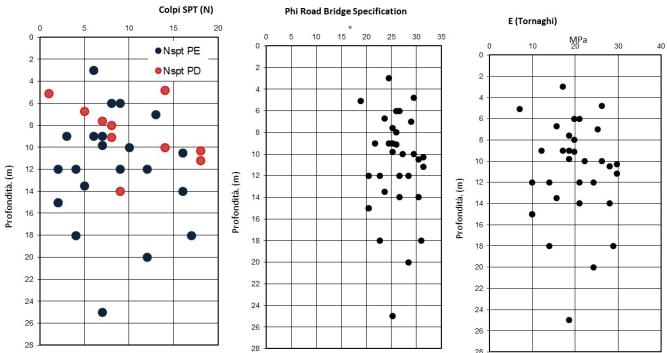


Fig. 36: Prove SP I nelle piroclastiti I GCsl della Piana dell'Isclero

Dall'insieme di questi dati si ricavano i seguenti parametri caratteristici per l'unita TGCsl.

Peso di volume	γ (kN/m ³)	14÷16
Coesione efficace	c' (kPa)	0÷5
Angolo di attrito	φ (°)	25÷30
Modulo di deformabilità	E (MPa)	10÷30



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	101 di 196

7.8 Unità di Maddaloni (MDL)

7.8.1 Cineriti a grana fine, epivulcaniti (MDLc) e depositi lacustri (MDLb)

In tale unità sono state comprese le piroclastiti della porzione superiore della Unità di Maddaloni. Si tratta di materiali ben distinguibili dalle piroclastiti sabbioso-limose del Tufo Grigio Campano TGCs in quanto si tratta di cineriti a grana molto fine (limo-argillosa), dal comportamento coesivo. Alcune volte il passaggio al soprastante TGCs è segnato da un sottile livello di paleosuolo che indica che si tratta di due eventi vulcanici diversi e distanziati nel tempo. Nelle cineriti si rinvengono di frequente livelli granulari, con scorie e lapilli, ma nel complesso si tratta di materiali a grana fine coesivi. Il colore varia dal bruno all'avana, con zone scure anche per la presenza di materiale organico.

Nella porzione inferiore aumentano spesso le intercalazioni di epivulcaniti (piroclastiti rimaneggiate o depositate in acqua) fino a passare a depositi di ambiente lacustre-palustre nel quale compaiono spesso inclusi vulcanici. Il passaggio ai sottostanti depositi lacustri è spesso sfumato e poco evidente e in alcuni casi non si riescono a distinguere bene le due unità in quanto i depositi limo-argillosi di ambiente lacustre compaiono anche nella porzione superiore dell'unità e le epivulcaniti si rinvengono anche molto in profondità.

Le cineriti sono distinguibili dai depositi lacustri nella zona del Viadotto Valle Maddaloni e del Rio Secco, mentre sono difficilmente distinguibili nella zona del sottosuolo del Viadotto San Michele. In questo caso nel profilo geotecnico non sono state distinte le due unità. Spostandosi verso Dugenta la formazione di Maddaloni (MDLb+c) si assottiglia gradualmente fino a scomparire e passa lateralmente alle piroclastiti TGCs che riprende ad avere spessori importanti come nella Piana di Maddaloni.

Per i motivi descritti, in questo paragrafo vengono descritti insieme i terreni cineritici e lacustri, riportando separatamente però i grafici per le cineriti, per i depositi lacustri e, dove non distinguibili, per l'unità indifferenziata.

I risultati sono riportati in tabelle e grafici, differenziati a seconda della fasedi indagine (PD progetto definitivo e PE progetto esecutivo)

Ghella





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 102 di 196

						PROGETTO	DEFINITIVO)					
Borehole	Camp.	Prof.	g _n	w	LL	LP	IP		Composizione	granulometrica	1	ELL	TX-UU
Dorenole	Camp,	1 101,	- Yn	w w			"	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Cu	Cu
[n°]	[n°]	[m p,c,]	[kN/m3]	[%]	[%]	[%]	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kPa]	[kPa]
P14	CI3	37,9						0	17,09	41,21	41,7		
MAD-S1	C10	24	16,68	46,84	41	26	15	0,98	37,17	46,68	15,17	123,95	
MAD-S1	C11	28,5	17,56	43,01	44	29	15	1,13	36,9	41,93	20,04	76,05	
MAD-S1	C12	32,3	17,36	37,8	56	28	28	1,22	20,08	33,63	36,08		
MAD-S1	C12												
MAD-S1	C12												
MAD-S1	C13	36,3	15,11	51,78	54	32	22	0,18	12,58	61,46	25,79	57,94	
MAD-S1	C14	40,3	16,09	48,81	50	28	22	0,91	24,17	58,1	16,82		
S1-2016	CI3	22,6	15,4	70,22	62	42	20	0,84	26,69	58,91	10,56		229
S1-2016	CI4	30,6	16,19	53,94	52	31	21	0,13	12,43	71,22	16,22		
MEDIA			15,7	56,2	54,5	33,3	21,3	0,5	19,0	62,4	17,3	57,9	229,0
						PROGETTO	ESECUTIVO	,		,		,	
Borehole	0	Prof,	_		LL	LP	IP		Composizione	granulometrica	1	ELL	TX-UU
Borenole	Camp,	Pror,	g _n	w	"	LP	I IP	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Cu	Cu
[n°]	[n°]	[m p,c,]	[kN/m3]	[%]	[%]	[%]	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kPa]	[kPa]
PE-S20	SPT8	24			46,6	21,4	25,2	1,4	31,1	29,2	38,3		
PE-S20	SPT9	27			57,3	28,3	29	3,3	25,5	21,1	50,1		
PE-S20	SPT10	30			47,5	26,8	20,7	0,7	17,9	50	31,4		
PE-S20	CI1	33			62,5	35	27,5	0,2	11,3	47,2	41,3		37
PE-S20	SPT11	33,5	16,56	49,7	51,8	29,5	22,3	0,4	13,6	45,5	40,5		
MEDIA			16,6	49,7	53,1	28,2	24,9	1,2	19,9	38,6	40,3		37,0

Prove di laboratorio per l'unità MDLc

					Р	ROGETTO	DEFINITIV	0					
		ъ (l		ın	Cor	nposizione	granulome	trica	ELL	Tx-UU
Borehole	Camp.	Prof.	γn	W	LL	LP	IP	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Cu	Cu
[n°]	[n°]	[m p.c.]	[kN/m³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kPa]	[kPa]
MAD-S1	C15	43,3	15,11	71,13	54	30	24	0,09	24,27	43,27	32,37		
MAD-S1	C15												
MAD-S1	C15												
MAD-S1	C16	47,3	15,79	55,35	52	33	19	0,13	14,96	59,17	25,74		
S1-2016	CR5	36,8			41	26	15	0,66	18,56	62,95	17,82		
S1-2016	Cl6							0					104
S1-2016	Cl6							0					123
S1-2016	Cl6	41,1	15,99	56,71	47	30	17	0	6,91	66,82	26,27		125
S1-2016	SPT8	44,3			49	36	13	13,44	35,21	33,36	17,99		
	MEDIA		15,63	61,06	48,60	31,00	17,60	2,05	19,98	53,11	24,04		117,33
					P	ROGETTO	ESECUTIV	<i>i</i> 0					
	,	Df			5	ī	Cor	nposizione	granulome	trica	ELL	Tx-UU	
Borehole	Camp.	Prof.	γn	W	w LL LP IP	IP	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Cu	Cu	
[n°]	[n°]	[mp.c.]	[kN/m³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kPa]	[kPa]
pe-s37	Cl3	52	18,08	38,2	91,5	36	55,5	0	2,8	15,4	81,8		119,3
pe-s37	Cl4	58	15,75	62,6	60	60,9	29,1	0	3,2	61,1	35,7		52
PE-S19	Cl1	52	16,01	56,2	78,8	38	40,8	0,1	8,7	61,3	29,9		105,4
PE-S19	Cl2	58,5	16,65	48,6	69	29,1	39,9	0,2	15,4	65,2	19,2		133,6
PE-S38	Cl4	41,2	16,82	45,3	42,7	23,9	18,8	1,4	26	50,4	22,2		54,8
PE-S38	CI7	60	17	47,2	46	27,2	18,8	0	6,5	63,4	30,1		111,8
PE-S38	Cl8	65,5	17,75	37	43,6	24,3	19,3	0,4	5,2	47,9	46,5		210,9
PE-S20	SPT12	37	17,18	46,9	42,2	25,6	16,6	0,7	20,3	43,9	35,1		
PE-S20	Cl2	41			50,3	32,7	17,6	3,8	38,8	33,4	24		48,7
PE-S20	SPT13	41,5						6,1	36	49,4	8,5		
PE-S20	SPT14	45			44,9	27	17,9		12	51,2	36,3		
PE-S20	SPT15	53,3			43,8	26,7	17,1	0,2	10,9	44,1	44,8		
PE-S20	SPT16	56,5			43,3	25,2	18,1	1,6	15,5	50,1	32,8		
PE-S20	Cl3	62,5	15,66	61,9	71	40,6	30,4	0,2	8,6	57	34,2		144,3
	MEDIA		16,77	49,32	55,93	32,09	26,15	1,13	14,99	49,56	34,36		108,98

Ghella





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 103 di 196

		1	1		<u>Р</u>	ROGETTO	PELINITIA	Composizione granulometrica			EII	Tx-UU	
Borehole	Camp.	Prof.	γn	w	LL	LP	IΡ		·			ELL	
			·					Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Cu	C _u
[n°] P15	[n°]	[m p.c.]	[kN/m³] 17	[%]	[%] 47	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kPa]	[kPa]
P15	CI2 CI2	34,1	17	50,05	47	31	16	0,19	15,89	50,74	33,17		1
P15	CI2												
P23	CI2 CI1	30,1	17,4	45,54	57	36	21	0,25	19,01	46,36	34,38		1
P23	Cl1	30,1	17,4	43,34	31	30	21	0,23	19,01	40,30	34,30		1
P23	Cl1										ļ		1
P23	CI2	35,1	16,5	52,14	45	35	10	1,96	47,16	42,18	8,7		248
P23	CI2	00,1	10,0	02,14	70	00	10	1,00	47,10	42,10	0,1		240
P23	CI3	46,1	17,8	34,06	40	30	10	7,28	43,42	41,76	7,54		
P23	CI3	.0,.	,0	01,00				1,20	10,12	11,10	7,01		1
P23	CI3												
P24	Cl1	26,6	17,3	49,47	47	31	16	0,15	33,05	52,41	14,38		
P24	Cl1		,								, , ,		160
P24	Cl1												
S5-2016	Cl2	17,5	17,17	43,58	52	32	20	0,85	27,87	58,11	13,16		
S5-2016	Cl2	<u> </u>	1		1			1					242
S5-2016	Cl2	1	1		İ				İ			i e	1
S5-2016	CR3	21,8	17,17	47,02	44	30	14	0,04	25,07	61,58	13,21	i e	1
S5-2016	SPT3	24,5											
S5-2016	Cl4	29,1	16,78	36,7	40	28	12	1,82	34,54	56,8	6,85		
S5-2016	Cl4	29,1	16,78	36,7	40	28	12	1,82	34,54	56,8	6,85		
S5-2016	Cl4	29,1	16,78	36,7	40	28	12	1,82	34,54	56,8	6,85		
P18	Cl1	40,1	17,9	35,71	33	25	8	1,74	57,9	36,75	3,61		
P18	Cl1	40,1											
P18	Cl1	40,4											
P18	CR3												
P18	CR3	41,9						34,26	52,34	10,6	2,8		
					Р	ROGETTO	ESECUTIV						
Borehole	Camp.	Prof.	.,	w	LL	LP	IP	Cor	nposizione	granulome	trica	ELL	Tx-UU
Dorenticle	Camp.	1 101.	γn	VV			"	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Cu	Cu
[n°]	[n°]	[m p.c.]	[kN/m³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kPa]	[kPa]
PE-S23	Cl1	15	15,42	59,9	81,6	46	35,6						
PE-S23	Cl1	15,1	15,68	49,8				0,4	21,8	59,8	18		150
PE-S23	Cl2	29	19,62	21,2	38,4	19,1	19,3	0	27,8	38,2	34		305,6
PE-S23	SPT4	19			73,1	45,9	27,2	0	8,6	52,8	38,6		
PE-S23	SPT5	24			61,1	39,7	21,4	0,1	23,7	76,2			
PE-S23	SPT7	35			40,3	15,1	25,3	0	10,1	44	45,9		
PE-S23	SPT8	39			37,3	15,7	21,6	1	24,7	35,3	39		
PE-S24	SPT2	27			49,9	31,9	18	5,9	41,6	52,4			
PE-S24	Cl1	32,5	19,83	22,4	28,7	17,4	11,3	4,5	34,7	42,9	17,9		39,5
PE-S24	Cl2	36	20,9	17	39,9	16,8	23,1	0	16,9	44	39,1		181,2
PE-S24	SPT7	49,5			51,8	19,5	32,3	0	5,2	42,5	52,3		
PE-S25	SPT4	12			80	49,6	30,4	0,2	11,6	62,4	25,8		
PE-S25	SPT5	15			46	31,4	14,6	0,7	8,9	65	25,5		
PE-S25	SPT6	18			50,8	31,4	19,4	0,3	15,3	60,9	23,5		ļ
PE-S25	SPT7	21			42,4	18,4	24	0,6	28,3	34,7	36,4		
PE-S25	Cl1	23,5	20,02	20,5	31,6	15,8	15,8	2,3	53,4	25,8	18,5		85,3
PE-S25	CI2	32	18,89	29,3	57,2	23	34,1	0,2	24,1	31,2	44,5		104,8
PE-S25	SPT11	38	45.55	00.0	70.0	44.5	07.	2,9	84	13,1	0:-		
PE-S26	CI2	29	15,37	62,9	72,2	44,8	27,4	0,1	10,8	67,6	21,5	ļ	75
PE-S26	CI3	39	17,57	35,6	40	25,9	14,1	1,8	19,9	54,6	23,7		69
PE-S26	CI4	55	16,72	40,2	46,6	32,2	14,3	0,4	13,4	62,1	24,1		81,8
PE-S27	CI3	48	20,27	20,4	38,9	16,8	22,2	0	42,2	22	32,8		130,8
PE-S21	CI2	29,5	16,42	48,5	55,5	38,7	16,8	0	10,1	55,2	34,7		52,9
PE-S21	SPT8	40	40.40	50.0	51,6	23,4	28,2	0,5	18,5	31,2	49,8		457.4
PE-S22	CI2	22,5	16,49	50,9	62,4	40	22,3	0,1	12	51,6	36,3	ļ	157,4
PE-S22	SPT7	26	10.05	0/.5	71,8	39,2	32,6	0,3	21,4	42,5	35,8		
PE-S22	CI3	34	19,85	24,3	49	25,2	23,8	0,1	18,9	45,2	35,8		280
PE-S22	SPT12	44,5			48,9	21,3	27,6	0,1	12,6	49,2	38,1		
PE-S22	SPT13	48			51,6	28,9	22,7	0,2	31,2	38,4	30,2		<u> </u>
PE-S36	Cl2	33	20,09	21,5	34,6	14,5	20,1	0	38,4	35,5	26,1		
PE-S36	Cl3	35,5	20,11	21,8	47,5	17,7	29,8	0	10,9	49,7	39,4		186,2
PE-S32	CI2	40	16,11	54,4	54,3	32,9	21,4	0,2	17,9	47,7	34,2		143,7
PE-S32	Cl1	29	18,25	32,6	48,7	21,8	26,9	0	7,4	46,3	46,3		



RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	104 di 196



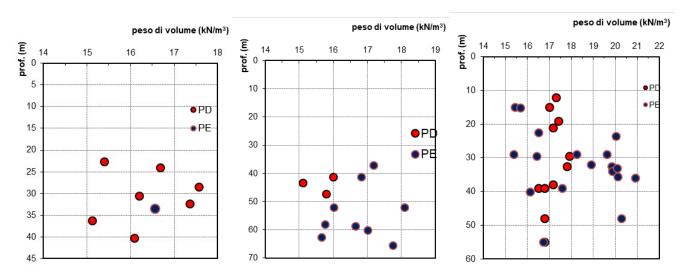


Fig. 37: Peso di volume in MDLc, MDLb e MDL b+c

Il peso di volume varia tra 15 e 17.5 kN/m³ nell'unità MDLc, tra 15 e 18 kN/m³ nell'unità MDLb, mentre nell'unità indistinta si evidenzia una range ampissimo a testimonianza di una forte variabilità di genesi e natura dei terreni. Non sono apprezzabili tendenze dei valori con la profondità.

Per l'unita MDLb i valori di PD ricadono nel range minimo. I valori più elevati (>18) della MDLb+c sono stati misurati solo nel PE (evidentemente perchè solo con queste indagini sono state intercettate le porzioni meno vulcaniche dell'unità).

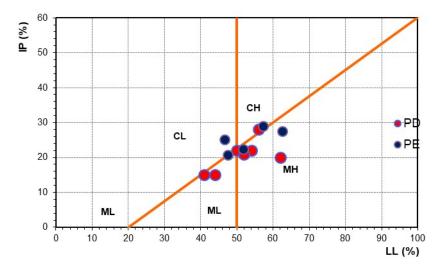


Fig. 38: Carta di plasticità in MDLc





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	105 di 196

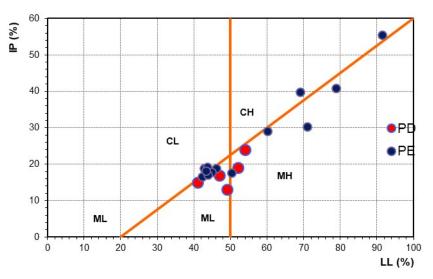


Fig. 39: Carta di plasticità in MDLb

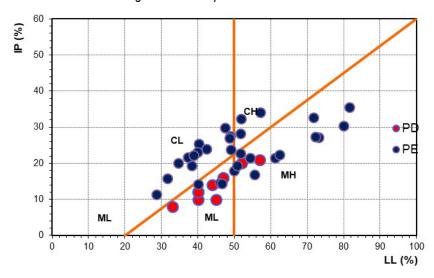


Fig. 40: Carta di plasticità in MDLb+c

Le caratteristiche di plasticità delle varie sub-unità sono sostanzialmente simili a parte alcuni valori di plasticità molto elevati nell'Unità MDLb e nel MDLb+c (legati evidentemente ad una componente argillosa sedimentaria elevata).

Non si evidenziamno sostanziali differenzetra valori di PE e PD tranne che per la MDLb+c dove i valori di PD sono spostati nel range minimo.

Si conferma che si tratta di materiali dal comportamento essenzialmente coesivo.

Questo è confermato anche dalle caratteristiche granulometriche riportate nei grafici successivi, dai quali in alcuni casi si apprezzano alcune variazioni tendenziali con la profondità.





ITINERA

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 106 di 196

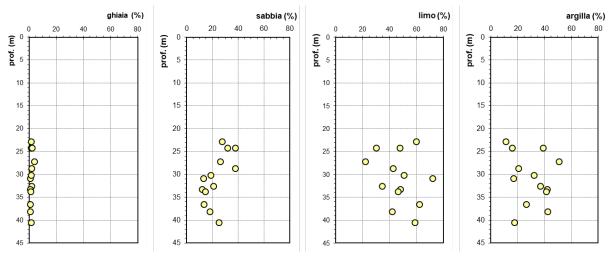


Fig. 41: Granulometria in MDLc

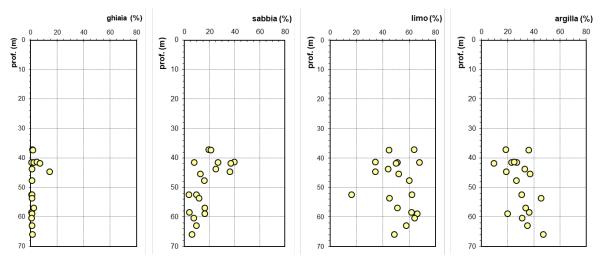


Fig. 42: Granulometria in MDLb

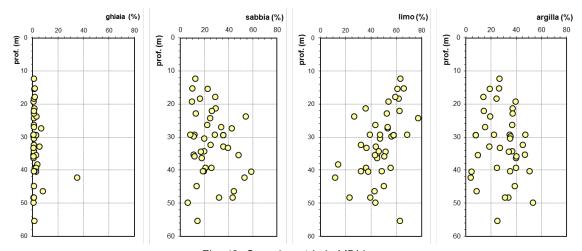


Fig. 43: Granulometria in MDLb+c

Nei grafici seguenti si mostrano, per le tre sub-unità, l'andamento della coesione non drenata ricavata dalle prove di laboratorio (ELL e TriaxUU) e i valori stimati dalla correlazione con le prove SPT (è stata applicata la relazione di Stroud α = 5).

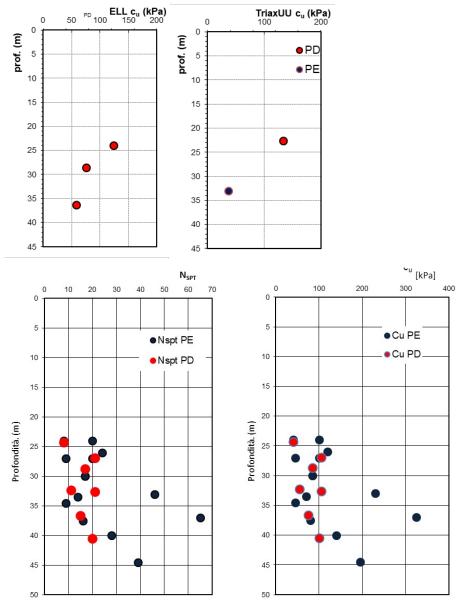


Fig. 44: Valori di coesione non drenata da ELL, UU e da prove SPT per MDLc

Per l'unità MDLc i valori da prove di laboratorio sono sparuti,ma sembrerebbero concordi ad indicare una diminuzione dei valori con la profondità da 120 a 50 kPa. Dalle prove SPT non si evidenziano apprazzabili tendenze con la profondità (escludendo i valori più elevati) con un range di valori di coesione non drenata ricava dalla relazione di Stroud analogo (50-120 kPa). Si ricorda che si tratta di



materiali a forte componente piroclastica quindi alcune prove SPT potrebbero aver interessato livelli grossolani e/o parzialmente cementati.

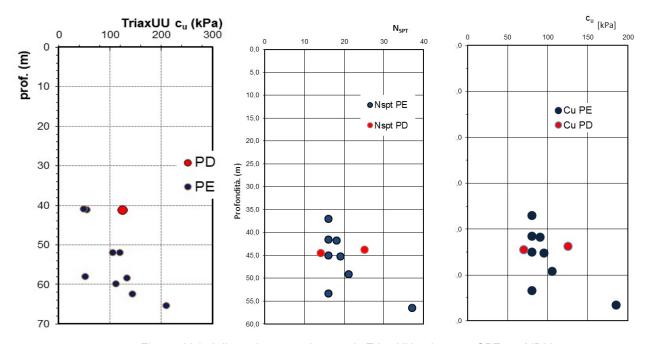


Fig. 45: Valori di coesione non drenata da Triax UU e da prove SPT per MDLb

Per l'unità MDLb i valori di coesione non drenata derivanti da prove di laboratorio mostrano una apprezzabile tendenza all'aumento dei valori con la profondità (a conferma della genesi sostanzialmente sedimentaria dei terreni). I valori si mantengono comunque nel range tra 50 e 150 kPa e il campione più profondo (quasi 70m) fornisce un valore poco superiore a 200 kPa. Anche le correlazione con le prove SPT confermano la tendenza all'aumento dei valori con la profondità con un range di valori simili (tra 70 e 200 kPa circa). Per questa unità la relazione di Stroud per SPT appare quindi affidabile.

Nella zona di Valle di Maddaloni, le indagini integrative eseguite in una seconda fase del PE (per dirimere alcuni dubbi sul modello geologico e geotecnico), hanno fornito valori di coesione non drenata (ricavati dal dilatometro piatto di Marchetti) che pur rientrando nell'ambito dei valori misurati con altri metodi (150-220 kPa), mostrano una tendenza all'aumento dei valori con la profondità, con valori caratteristici di cu intorno a 150 kPa per l'unità MDLc e 180-220 kPa per l'unità MDLb.

Tali valori sono stati utilizzati specificamente per il progetto del viadotto Valle Maddaloni.



Per l'unità indistinta MDLb+c è ancora apprezzabile l'aumento tendenziale con la profondità per le prove SPT che però <u>non è confermata dalle prove di laboratorio</u> (che anzi darebbero una indicazione opposta). In questo caso i valori ricavati da laboratorio e da relazione SPT appaiono poco congruenti.

L'unicaprova di laboratorio di PD rientra nel range complessivo dei valori così come per le prove SPT.

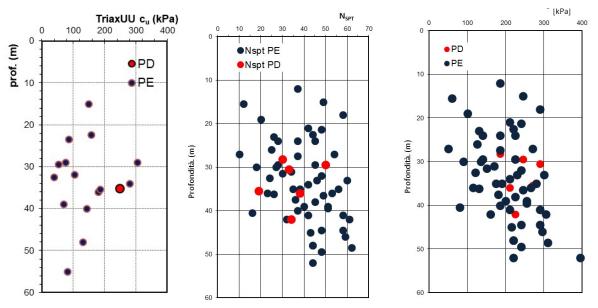


Fig. 46: Valori di coesione non drenata da ELL, UU e da prove SPT per MDLb+c

Per i parametri in condizioni drenate si hanno a disposizione i risultati di prove triassiali e di taglio diretto. Nell'unità MDLc le prove triassiali (elaborate complessivamente con correlazione ai minimi quadrati) forniscono un valore di coesione nullo con angolo di attrito intorno a 24°.

Nell'unità indistinta MDLb+c le prove di taglio diretto indicano valori di coesione apprezzabili (in media tra 15 e 20 kPa) e angolo di attrito 25°.

Le prove triassiali nella stessa unità forniscono un valore di coesione molto basso con angolo di attrito 32°; si tratta di valori attribuibili alle prozioni più grossolane dell'unità.



ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO** LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL

COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

CODIFICA DOCUMENTO REV. COMMESSA LOTTO **FOGLIO** IF1N 01 E ZZ RB GE0005 001 В 110 di 196

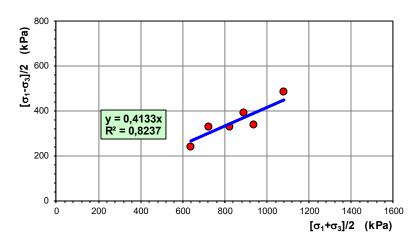
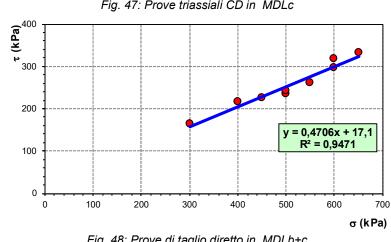


Fig. 47: Prove triassiali CD in MDLc



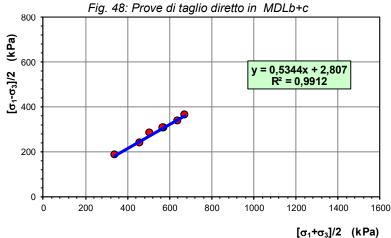


Fig. 49: Prove triassiali CD in MDLb+c

Dall'insieme dei dati disponibili e dalle considerazioni svolte in precedenza, si possono indicare i seguenti parametri caratteristici.







ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

LOTTO 01 E ZZ CODIFICA

DOCUMENTO GE0005 001

REV. В

FOGLIO 111 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Cineriti ed epivulcaniti (MDLc)

Peso di volume	γ (kN/m ³)	15÷17
Coesione efficace	c' (kPa)	0-10
Angolo di attrito	φ (°)	24÷27
Coesione non drenata	c _u (kPa)	100÷150
Modulo di deformabilità non drenato	E _u (MPa) (*)	40÷75
Modulo operativo	E (MPa) (**)	20÷45

COMMESSA

IF1N

Depositi lacustri ed epivulcaniti (MDLb)

Peso di volume	γ (kN/m ³)	15÷16
Coesione efficace	c' (kPa)	5-10
Angolo di attrito	φ (°)	24÷27
Coesione non drenata	c _u (kPa)	100÷200
Modulo di deformabilità non drenato	E _u (MPa) (*)	40÷100
Modulo operativo	E (MPa) (**)	20÷60

Indifferenziato: cineriti e lacustre (MDLb+c)

Peso di volume	γ (kN/m ³)	15÷18
Coesione efficace	c' (kPa)	10-20
Angolo di attrito	φ (°)	25÷30
Coesione non drenata	c _u (kPa)	100÷200
Modulo di deformabilità non drenato	E _u (MPa) (*)	40÷100
Modulo operativo	E (MPa) (**)	20÷60

Stimato con la correlazione (v. Duncan, 1976; Ladd et al., 1977): $E_u \approx 400 \div 500 \ c_u$

^(**) Stimato con la relazione E $\approx 200 \div 300 \ c_u$.



DELLE OPERE ALL'APERTO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GE0005 001	REV.	FOGLIO 112 di 196
IF IIN	01 E ZZ	KD	GE0005 00 I	ь	112 ul 196

7.8.2 Depositi fluvio-lacustri e detritici (MDL-a)

Rappresenta la parte basale dell'Unità di Maddaloni. In tale unità sono stati compresi i terreni detritici incontrati in profondità nella zona dei Viadotti San Michele e Cantinella e fino alla prima spalla del Viadotto Isclero. Tali depositi sono stati incontrati con i sondaggi PE-S25-26-27-28 e 32, P18 e S3-2016; un piccolo strato di ghiaia calcarea è stato attraversato anche nella zona del viadotto San Giorgio (P23), ma non si hanno elementi per correlare tali ghiaie con altri sondaggi

Si trovano sempre al di sotto dei terreni lacustri ed epivulcanici, ma non si è si è riusciti ad attraversare interamente questa unità per verificarne lo spessore (massimo) e accertare la natura del substrato su cui essi appoggiano.

Nel sondaggio PE-S25 (e nella sua prosecuzione PE-S25bis) il deposito, prevalentemente ghiaioso, è stato attraversato per oltre 20 m (da 38m a 60m) senza incontrare il substrato, che si ritiene debba essere costituito dalla formazione calcarea. Negli ultimi metri di questo sondaggio i clasti calcarei sono spigolosi e di dimensioni anche pluricentimetriche.

In gran parte si tratta di ghiaie e ciottoli calcarei anche in frammenti spigolosi di dimensioni centimetriche, con matrice e frazione interstiziale a grana limo-sabbioso-argillosa di colore avanabiancastro, ma sono frequenti strati e lenti e potenti pacchi di materiali a grana fine.

Nel sondaggio PE-S25bis è stato attraversato uno spesso strato (5.5m) prevalentemente a grana fine limo-argilloso (con raro ghiaino sparso). Il materiale è ad elevata consistenza (N_{SPT} = 52 e $c_u \cong 180$ kPa) e costituisce un corpo intercalato all'interno del deposito ghiaioso.

Gli altri sondaggi hanno attraversato per minore lunghezza questo deposito detritico antico.

Il sondaggio PE-S26 ha attraversato per un solo metro e mezzo un deposito a grana fine con raro ghiaietto e concrezioni calcaree sparse. La presenza di ghiaietto calcareo indica che è stato attraversato il lacustre vulcanico e si è entrati, anche se per pochi metri, nel deposito lacustre antico, precedente all'inizio del vulcanismo. È verosimile che più in profondità i depositi diventino prevalentemente ghiaiosi; lo stesso strato fine è stato infatti incontrato nel sondaggio PE-S27 al tetto del deposito prima di entrare nelle ghiaie.

Anche il sondaggio PE-S27 ha attraversato un primo strato a grana fine (da sabbioso-limoso a limo-argilloso) di buona consistenza (N_{SPT} = 59 e 62, $c_u \cong 130$ kPa) del classico colore avana-biancastro e





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	113 di 196

grigio-azzurro, quindi ben distinguibili dal lacustre vulcanico di colore scuro (dal quale viene separato da uno strato fortemente organico costituente probabilmente un paleosuolo). Il passaggio del lacustre vulcanico al deposito detritico antico è segnato da un paleosuolo a 45.5 m di profondità.

Il sondaggio PE-S28 ha attraversato per 3.5m direttamente un deposito ghiaioso calcareo, ma con matrice fine molto abbondante nei primi metri.

Il sondaggio P18 ha incontrato il tetto del deposito anche qui costituito da terreni a grana fine con inclusi lapidei, tra 47 e 50m (fondo foro).

Il sondaggio S3-2016 ha invece attraversato per un lungo tratto (da 35.60 a 53 m) questi depositi e da questo sondaggio si ricava una migliore conoscenza delle caratteristiche di questa unità. I primi due metri al tetto sono formati da ghiaie prevalenti quindi si attraversa un potente spessore (da 37.70 a 42 m) di materiali argilloso-limosi e limo-sabbiosi di colore avana, grigio-azzurri con varie venature e anche passaggi scuri. Da 42 m a fondo foro (53m) si attraversano ghiaie e sabbie prevalenti con una sola intercalazione limo-argillosa di circa un metro di spessore; in questa intercalazione.

Le prove SPT non sono state eseguite nelle ghiaie a causa delle elevate dimensioni dei clasti. L'unica prova ha fornito un valore $N_{SPT} = 79$.

Le caratteristiche geotecniche delle porzioni ghiaiose possono essere stimate ragionevolmente per analogia con terreni di pari granulometria e stato di addensamento mediamente elevato considerato che si trova di depositi posti a profondità superiori a 40-50m dal p.c.

Dall'insieme di questi dati si possono ricavare i seguenti parametri caratteristici.

Peso di volume	γ (kN/m ³)	18÷19
Coesione efficace (porzione a grana grossa)	c' (kPa)	0
Coesione efficace (porzione a grana fine)	c' (kPa)	0÷10
Angolo di attrito (porzione a grana grossa)	φ (°)	30÷35
Angolo di attrito (porzione a grana fine)	φ (°)	27÷30
Coesione non drenata (porzione a grana fine)	c _u (kPa)	100÷200
Modulo di deformabilità (porzione a grana grossa)	E (MPa)	50÷100
Modulo di deformabilità (porzione a grana fine)	E (MPa)	30÷50



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	114 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Poiché è difficile ricostruire nel dettaglio l'andamento delle porzioni limo-argillose all'interno del deposito (prevalentemente grossolano), negli schemi geotecnici per il dimensionamento dei pali si è fatto riferimento a parametri tipici di terreni a grana grossa adottando però valori che ricadono nell'ambito inferiore del range indicato.

7.9 Formazione sabbioso-argillosa del Quaternario antico argilloso-sabbiosa

Ad eccezione del sondaggio PE-S31, che a profondità di 58m, al di sotto delle argille varicolori, ha incontrato direttamente le arenarie molto compatte e schiettamente litoidi, negli altri sondaggi il passaggio dalle piroclastiti alle arenarie è sempre segnato da una potente successione di materiali coesivi, a grana limo-argilloso-sabbiosa, dai colori molto varabili e variegati, da grigio ad avana-giallastro con screziature grigio-azzurre e arancio, all'interno dei quali si rinvengono straterelli di sabbie e pezzetti di arenarie.

Questi materiali sono stati attraversati da 42 a 5 8m nel sondaggio PE-S32, da 39 a 47 m nel sondaggio PE-S36, da 31 a 42 m nel sondaggio S5-2016.

Il materiale ha un comportamento coesivo ed è dotato di un buon grado di consistenza.

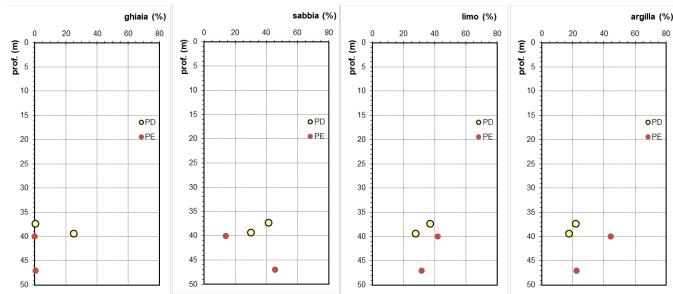


Fig. 50: Granulometrie dell'unità Qsa

I campioni prelevati in questa unità mostrano frazioni limose e sabbiose preponderanti (entrambe tra 20 e 40%) e argilla sempre apprezzabile.

Il peso di volume varia tra 20 e 21 kN/m³. La plasticità è da media a elevata (CL).





ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	115 di 196

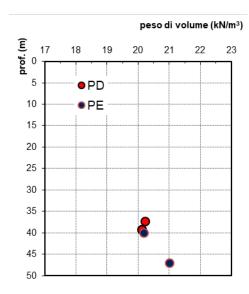


Fig. 51: Peso di volume dell'unità Qsa

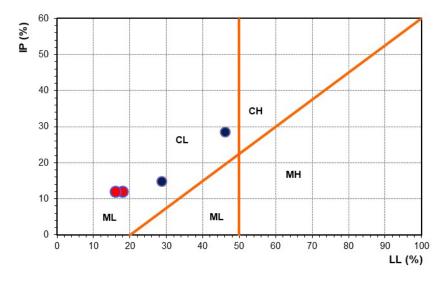


Fig. 52: Carta di plasticità dell'unità Qsa

L'unica prova triassiale UU eseguita indica un valore di coesione non drenata di circa 280 kPa. Le prove di taglio diretto e le prove triassiali drenate (due prove in totale) forniscono valori poco congruenti (valori di coesione drenata troppo elevate forse da attribuire alla scarsa dissipazione delle pressioni neutre durante la prova).



DELLE OPERE ALL'APERTO

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	116 di 196

Le prove SPT forniscono valori di N_{SPT} tra 15 e 30 con relativi valori di coesione non drenata stimati dalla relazione di Stroud tra 60 e 150 kPa. Si tratta di valori che sembrano stimare le effettive consistenze dei materiali (come indicato dall'unica prova triassiale UU).

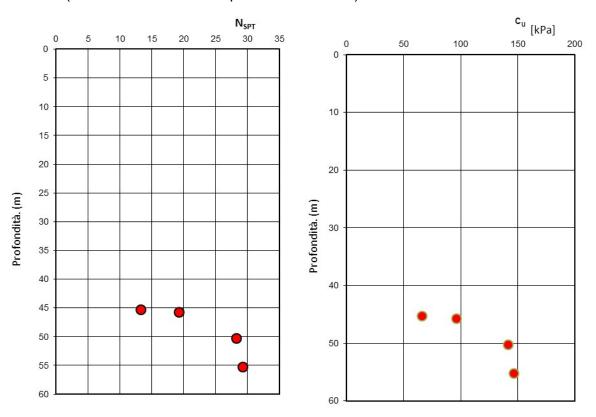


Fig. 53: Prove SPT e relative correlazioni con coesione non drenata per l'unità Qsa

Pur essendo presenti strati e intercalazioni sabbiose, il materiale può essere considerato dal comportamento coesivo e quindi essere caratterizzato dai seguenti parametri

Peso di volume	γ (kN/m ³)	19÷20
Coesione efficace	c' (kPa)	10-20
Angolo di attrito	φ (°)	27÷30
Coesione non drenata	c _u (kPa)	150÷200
Modulo di deformabilità non drenato	E _u (MPa) (*)	60÷100
Modulo operativo	E (MPa) (**)	30÷60

^(*) Stimato con la correlazione (v. Duncan, 1976; Ladd et al., 1977): $\overline{E}_u \approx 400 \div 500 \ c_u$

^(**) Stimato con la relazione E $\approx 200 \div 300 \ c_u.$





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	117 di 196

7.10 Argille varicolori (ALV)

La formazione delle argille varicolori costituisce il substrato di molte aree interessate dalle fondazioni profonde dei viadotti. Esse costituiscono inoltre il sottosuolo degli imbocchi della galleria Monte Aglio (al di sotto dei calcari per fenomeni di sovrascorrimento tettonico). Sono quindi stati attraversati da numerosi sondaggi e soprattutto per i tratti in galleria si è a disposizione di numerose prove di laboratorio.

Per i problemi specifici della galleria è stato programmato per questa formazione uno specifico piano di prove di laboratorio mirate alla determinazione di alcuni aspetti specifici e peculiari di queste formazioni: caratteristiche di rigonfiamento, resistenza a taglio su superfici scagliose.

Per i problemi relativi alle fondazioni su pali le problematiche sono assai meno complesse riconducendosi di fatto alla valutazione della resistenza a taglio in condizioni non drenate, come è usuale per le fondazioni su pali su terreni coesivi.

Come è noto, la formazione rientra nella classifica delle "formazioni strutturalmente complesse".

Dal punto di vista meccanico si tratta nel complesso di terreni più o meno coesivi, litologicamente e meccanicamente disomogenei, per i quali risulta spesso difficile valutare le caratteristiche fisico-meccaniche d'assieme. Queste dipendono infatti, oltre che dalla frequenza e dallo spessore delle intercalazioni lapidee (rispetto al materiale argilloso), in misura essenziale dalle caratteristiche meccaniche della parte argillosa e dal "grado di disturbo" subito in precedenza dalla massa.

La presenza di intercalazioni lapidee è in genere subordinata, tale da non influire in misura significativa sulle caratteristiche meccaniche del complesso, che sono quindi determinate essenzialmente dai termini argillitici. Anche a proposito di questi ultimi si tratta in ogni caso di terreni non assimilabili ad un mezzo continuo e omogeneo, ma nei quali gli elementi strutturali, originari o acquisiti (stratificazione; suddivisione in scaglie appiattite, dure, lucenti; superfici di taglio, giunti e fratture), influiscono in misura essenziale sulle caratteristiche meccaniche dell'insieme ("Formazioni strutturalmente complesse").

La struttura d'assieme che ne è derivata varia quindi spesso sensibilmente in rapporto sia alle dimensioni del volume esaminato sia alla zona di affioramento.

Alla scala del decimetro, le argilliti presentano sempre struttura a scaglie appiattite delimitate da superfici lucenti, di dimensioni variabili da qualche mm a qualche cm.

Ghella



ITINERA

ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA IF1N

CODIFICA LOTTO 01 E ZZ RB

DOCUMENTO GE0005 001

REV. **FOGLIO** В

118 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Alla scala del metro si nota spesso una più o meno ordinata disposizione delle parti costituenti, con isorientazione delle scaglie nella frazione argillitica e relativa continuità negli strati lapidei intercalati.

Gli orizzonti lapidei, di spessore compreso tra qualche cm e qualche dm, appaiono sempre attraversati da fratture ravvicinate, prevalentemente disposte in senso perpendicolare alla stratificazione, che suddividono la roccia in poliedri di dimensioni dell'ordine del decimetro. Gli strati sono spesso variamente disarticolati e si presentano in genere sotto forma di frammenti spigolosi di varie dimensioni più o meno ravvicinati, inglobati in una matrice costituita da un impasto di minute scagliette di argilliti.

Alla scala della decina di metri l'ordine strutturale spesso si riduce sensibilmente, anche tra punti a piccola distanza, per effetto di numerose pieghe a stretto raggio, fino ad assumere la struttura d'assieme disordinata, fino a caotica, precedentemente menzionata.

Un aspetto specifico riguarda la presenza di frammenti di varie dimensioni fino a grossi blocchi. La presenza di piccoli frammenti immersi nella matrice argillitica è sempre stata accertata, ma fin dove questi frammenti sono di piccole dimensioni e in percentuali non significative, esse non condizionano particolarmente le resistenze (a parte la difficoltà che la presenza di questi frammenti introduce nella preparazione dei provini per le prove di laboratorio che, per questo motivo, non sempre sono state eseguite secondo il programma stabilito). In molti tratti però sono stati attraversati grossi blocchi (per alcuni metri nei sondaggi, corrispondenti verosimilmente a vari, fino a decine di metri cubi di blocchi, che prendono il nome in questo caso di "olistoliti"). Tale circostanza si verifica ad es. tra 27.1 e 28.2 m nel sondaggio P21, tra 41.7 e 46 m nel sondaggio P26. La presenza di questi grossi blocchi immersi nelle argilliti ne modifica sostanzialmente le caratteristiche meccaniche. Tuttavia, l'estrema irregolarità di questi ammassi rocciosi e l'impossibilità di prevederne l'andamento esatto nel sottosuolo non consentono di tenerne in considerazione. Questo è vero soprattutto per opere di fondazione molto estese quali quelle dei viadotti, con il conseguente rischio di avere pali della stessa fondazione che potrebbero interessare interamente, solo in parte o per nulla questi grossi ammassi rocciosi.

Di conseguenza non risulta altra scelta se non quella di non tenere conto della presenza di questi grossi blocchi e fare riferimento solo ai parametri meccanici delle argilliti.

Di tale circostanza si deve tuttavia tenere debitamente conto negli aspetti operativi, nella scelta dei macchinari e delle procedure di scavo dei pali che interessano questa formazione.

Le prove di laboratorio si riferiscono a pochi campioni, quasi sempre affetti da elevato disturbo anche a causa della presenza di elementi lapidei presenti nell'ammasso argillitico,





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	119 di 196

Le prove SPT sono molto spesso a rifiuto e con valori molto elevati, sempre superiori a 50. Non risultano applicabili in questi casi le correlazioni usuali.

I parametri geotecnici sono stati desunti dai numerosi dati di letteratura disponibili per queste formazioni; nella tabella si riporta una caratterizzazione semplificata, specifica solo per il calcolo dei pali di fondazione, che prende in considerazione quindi solo i valori di coesione non drenata e di deformabilità.

Peso di volume	γ (kN/m ³)	19÷21
Coesione non drenata	c _u (kPa) (*)	200÷500
Modulo di deformabilità non drenato	E _u (MPa) (**)	80÷250
Modulo operativo	E (MPa) (***)	40÷150

- (*) Variabile con la profondità
- (**) Stimato con la correlazione (v. Duncan, 1976; Ladd et al., 1977): $E_u \approx 400 \div 500 c_u$
- (***) Stimato con la relazione E \approx 200÷300 c_u.

7.11 Arenarie di Caiazzo (ARC)

La formazione arenacea costituisce il substrato nella zona finale del tracciato e nell'area del Viadotto san Giorgio. Le arenarie sono state attraversate con i sondaggi PE-S31-32-36 e S5-2016.

I sondaggi che hanno attraversato le arenarie indicano valori di RQD mediamente elevati, tra il 50 e 80% con alcuni passaggi a 20%. Un valore medio del 50% può ritenersi rappresentativo.

Le prove di resistenza a compressione hanno fornito valori tra 10 e 30 MPa. Il peso di volume risulta intorno a 24 kN/m³.

Si può procedere anche in questo caso con il metodo GSI quantitativo utilizzando un valore di RQD rappresentativo del 50% e un valore di Jcond₈₉ variabile tra 11 e 15.

Table 1: Definition of JCond₈₉, after Bieniawski (1989) [5].

Condition of discontinuities	Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1 – 5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous
Rating	30	25	20	10	0
Guidelines for classification of disco Discontinuity length (persistence) Rating	<1 m	1 to 3 m	3 to 10 m	10 to 20 m	More than 20 m
Separation (aperture) Rating	None 6	< 0.1 mm 5	0.1 – 1.0 mm 4	1 – 5 mm	More than 5 mm
Roughness Rating	Very rough 6	Rough 5	Slightly rough 3	Smootin 1	Slickensided 0
Infilling (gouge) Rating	None 6	Hard infilling < 5 mm 4	Hard filling > 5 mm 2	Soft infilling < 5 mm 2	Soft infilling > 5 mn 0
Weathering Rating	Unweathered 6	Slightly weathered 5	Moderate weathering 3	Highly weathered	Decomposed 0



Si ricava un valore medio di GSI

GSI =
$$1.5 J_{Cond89} + RQD/2 = 20 + 15 = 35$$
.

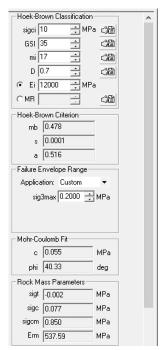
Applicando la stessa metodologia descritta per il tufo, si mostra nella scheda seguente la curva di resistenza nel piano di Mohr ricavata da RocLab adottando un valore di GSI medio 35 e il limite minimo della resistenza a compressione (σ_c = 10 MPa)

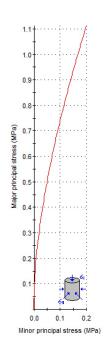
Dall'elaborazione con i criteri di Hoek si ricava, nell'ambito di tensioni di interesse, una coppia di valori rappresentativi (in termini approssimati) delle caratteristiche di resistenza

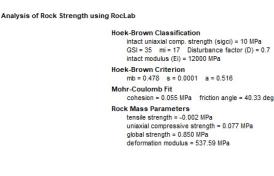
Coesione c' ≅ 50 kPa

 $\varphi \cong 40^{\circ}$ Angolo di attrito

La relazione di Hoek-Diederichs per la stima del modulo di deformabilità dell'ammasso a partire da GSI fornirebbe valori di 500 MPa che può ritenersi rappresentativo.



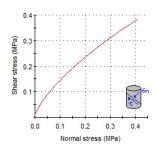




FOGLIO

120 di 196

В



Per litofacies litoide delle arenarie si possono quindi indicare i seguenti valori essendo presenti strati e intercalazioni sabbiose, il materiale può essere considerato dal comportamento coesivo e quindi essere caratterizzato dai seguenti parametri

Peso di volume	γ (kN/m ³)	22
Coesione efficace	c' (kPa)	30-50
Angolo di attrito	φ (°)	38-40
Modulo di deformabilità	E (MPa)	500





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	121 di 196

7.12 Calcari del substrato mesozoico (CAL)

Escludendo gli ammassi calcarei attraversati dalla galleria Monte Aglio, i calcari del substrato mesozoico sono stati incontrati in profondità nella zona finale (spalla B) del viadotto Valle Maddaloni e nella parte iniziale del Viadotto San Michele.

Sono stati intercettati in particolare dai sondaggi PE-S18 e P12 nella zona di valle Maddaloni e nei PE-S21-22-23 e inoltre dal sondaggio P16 fuori asse nella zona del viadotto San Michele.

Nella zona di Valle Maddaloni si ipotizza una faglia che ribassa notevolmente i calcari dalla zona della spalla B verso la parte centrale del viadotto. I calcari incontrati in profondità nel sondaggio PE-S37 sono stati attribuiti ad un olistolite delle Argille Varicolori (come verificato anche in altre zone) per la presenza di argilliti rinvenute tra i frammenti calcarei carotati.

I calcari si rinvengono sempre al di sotto del potente pacco di materiali piroclastici e lacustri.

ITINERA

Tranne rari casi, in questi sondaggi il calcare si presenta completamente fratturato e disgregato con RQD quasi sempre nullo, come che si trattasse di un detrito calcareo.

Per semplificazione questo calcare potrebbe essere trattato alla stregua di un detrito calcareo. Solo per orientamento si è fatto riferimento alla classificazione di Hoek con il criterio già visto per le arenarie e i tufi, considerando un valore di RQD nullo e un valore di JCond₈₉ di circa 15. Con questi valori si otterrebbe un GSI di 20-25. Con l'approccio di Hoek e assumendo un valore di resistenza a compressione di 50 MPa, si ottengono valori di angolo di attrito tra 36 e 40° con coesione intorno a 50 kPa. Per il calcolo dei pali la cui punta si intesta in questa formazione si può fare riferimento ai valori medi dell'angolo di attrito non considerando la coesione.

Il modulo che si ricava dalle usuali correlazioni con GSI è intorno a 300 MPa.



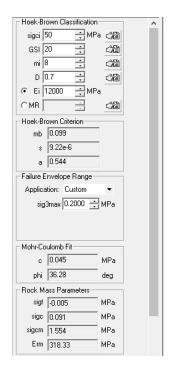


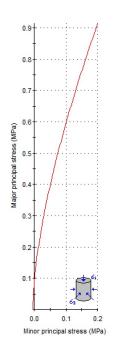
ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

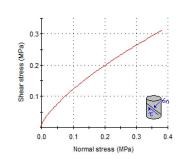
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	122 di 196





Analysis of Rock Strength using RocLab





Per l'ammasso calcareo fratturato presente nel sottosuolo si possono stimare quindi i seguenti parametri

Peso di volume	γ (kN/m ³)	24
Coesione efficace	c' (kPa)	50
Angolo di attrito	φ (°)	36÷40
Modulo di deformabilità	E (MPa)	300





ITINERA

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 123 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

7.13 VALORI DI PERMEABILITA'

Per la valutazione della permeabilità dei terreni e degli ammassi rocciosi si è fatto riferimento ai risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc (terreni e rocce) e di tipo Lugeon (rocce) eseguite sia nelle precedenti fasi progettuali, sia per il Progetto Esecutivo.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati⁹ delle prove Lefranc eseguite nell'ambito delle campagne di indagine 2006-2009, 2013-2014, 2015 e 2016; tutte le prove sono state effettuate a carico varabile, eccezione fatta per la prova effettuata in foro di sondaggio S04_2016 (prof 13.15÷15.80) eseguita a carico costante.

Le tabelle che seguono sono state estratte dalla Relazione Geotecnica del Progetto Definitivo sostituendo solo il tipo di attribuzione di terreno alle singole prove, passando da un criterio puramente granulometrico (argilla, limo, sabbia, ghiaia) adottato nel PD, al criterio formazionale adottato nel PE, secondo i criteri esposti in precedenza. Dalle tabelle sono stati stralciati tutti i sondaggi di cui non si conosce l'ubicazione e la stratigrafia o che sono ubicati in aree distanti dal tracciato. La permeabilità dei terreni è una caratteristica che può essere influenzata fortemente da fattori locali, quindi si è cercato di limitare le incertezze legate ad eterogeneità nell'ambito delle stesse unità.

Sondaggio	Campagna anno	Quota sondaggio	Falda Profondità prova		Unità	Permeabilità
		(m s.l.m.m)	(m s.l.m.m)	(m da pc)	geotecnica	(m/s)
PNIF51V03	2008	44.2	24.40	9.5	TGCI	6.00E-06
PNIF51V03	2008	44.2	24.40	23.5	TGCs	3.00E-05
PNIF51R04	2008	58.1	26.10	9.3	TGCs	6.70E-05
PNIF51R04	2008	58.1	26.10	26.4	TGCs	2.10E-05
PNIF51G05	2008	76.5	-	11.8	TGCs	5.60E-06
PNIF51G05	2008	76.5	-	25.8	TGCs	7.70E-06
PNIF51G06	2008	105.5	67.90	46.0	ALV	5.45E-08
PNIF51G07	2008	134.0	97.70	14.8	TGCs	2.60E-05
PNIF51G07	2008	134.0	97.70	34.3	ALV	1.29E-07

Tab. 15 - Permeabilità terreni – Risultati prove Lefranc campagna 2006-2009

⁹ Sono disponibili solo i valori del coefficiente di permeabilità diportati nelle tabelle inserite nella Relazione Geotecnica del PD, ma non i risultati delle prove per una loro eventuale revisione critica.







ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

FOGLIO

124 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IF1N 01 E ZZ RB GE0005 001 B

Sondaggio	Campagna	Quota sondaggio	Falda	Profondità prova	Unità	Permeabilità
	anno	(m s.l.m.m)	(m s.l.m.m)	(m da pc)	geotecnica	(m/s)
P9	2014	131.5	111.10	40.0	MDLc	1.07E-06
P12	2013	122.7	76.90	16.0	TGCs	8.46E-07
P14	2013	100.2	78.30	11.0	TGCs	3.89E-06
P14	2013	100.2	78.30	36.0	MDLc	1.55E-06
P15	2014	92.0	-	36.0	MDLb+c	5.94E-07
P18	2013	72.1	56.60	44.0	MDLb+c	1.58E-06
P19	2014	60.3	-	10.0	TGCs	3.95E-05
P19	2014	60.3	-	28.0	MDLb+c	1.39E-06
P20	2014	65.1	50.00	32.0	ALV	3.85E-07
P22	2013	62.0	55.20	29.0	ALV	4.20E-06
P23	2013	58.8	48.90	39.0	ALV	2.11E-06
P24	2014	49.2	-	12.0	TGCs	4.79E-06
P24	2014	49.2	-	25.0	MDLb+c	2.17E-07
P25	2013	59.5	55.09	9.0	TGCs	4.59E-06
P25	2013	59.5	55.09	28.5	MDLb+c	7.74E-06
P26	2014	57.1	51.78	10.0	TGCs	2.61E-05
P28	2014	76.0	41.20	14.0	TGCs	3.31E-06
P28	2014	76.0	41.20	32.0	TGCs	2.64E-06

Tab. 16 - Permeabilità terreni – Risultati prove Lefranc campagna 2013-2014

Sondaggio	Campagna	Quota sondaggio	Falda	Profondità prova	Formazione	Permeabilità	
	anno	(m s.l.m.m)	(m s.l.m.m)	(m da pc)		(m/s)	
504 2046	2016	100.419	76.42	23.2÷26	MDLc	5.87E-08	
S01_2016	2010	100.419	76.42	37.2÷41.4	MDLb	1.64E-08	
503 2046	2016	57.599	43.60	17.65÷20.3	TGCs	3.56E-06	
S03_2016	2010			37.2÷40.5	MDLa	4.32E-09	
504 2046	2016	45.055	42.05	13.15÷15.8(*)	al-g	4.79E-04	
S04_2016	2010	45.255		32.5÷35.2	ALV	2.96E-09	
S0E 2046	2016	45.046	44.40	17.6÷21	MDLb+c	1.40E-08	
S05_2016	2016	45.016	44.42	37.2÷40.7	Qsa	7.96E-09	
(*) Carico costante							





ITINERA

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

NEA

COMMESSA

IF1N

10TTO **01 E ZZ**

CODIFICA

DOCUMENTO GE0005 001

REV.

FOGLIO **125 di 196**

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Sondaggio	Sondaggio Campagna	Quota sondaggio	Falda	Profondità prova	Formazione	Permeabilità
	anno	(m s.l.m.m)	(m s.l.m.m)	(m da pc)		(m/s)
P2	2014	49.2	21.81	7.0	TGCI	5.97E-07
P3	2014	56.2	-	10.0	TGCI	7.70E-07
P4	2014	49.5	-	12.0	TGCI	1.13E-06
P6	2014	43.8	28.20	7.0	TGCI	1.29E-06
P7	2014	51.7	-	6.0	TGCI	8.91E-07
P8	2014	46.0	34.74	14.0	TGCI	1.63E-06
P9	2014	131.5	111.10	6.0	TGCI	4.28E-07
P10	2014	129.0	29.00	18.0	TGCI	2.99E-05
P15	2014	92.0	-	9.0	TGCI	6.83E-07
P16	2014	79.2	-	39.0	CAL	8.29E-06
P18	2013	72.1	56.60	11.0	TGCI	4.39E-07
P20	2014	65.1	50.00	17.0	TGCI	1.65E-06
P22	2013	62.0	55.20	6.0	TGCI	4.01E-06
P23	2013	58.8	48.90	14.0	TGCI	1.68E-06
P26	2014	57.1	51.78	42.0	CAL	5.72E-06

Tab. 18 - Permeabilità rocce – Risultati prove Lefranc campagna 2013-2014

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle prove Lugeon eseguite nell'ambito delle campagne di indagine 2006-2009 e 2013-2014.

Sondaggio	Campagna	Quota sondaggio	Falda	Profondità prova	Formazione	Permeabilità
	anno	(m s.l.m.m)	(m s.l.m.m)	(m da pc)		(m/s)
PNIF32G01	2007	158.3	144.42	47.0	ALV	3.16E-09
PNIF32G01	2007	158.3	144.42	62.5	ALV	3.21E-09
PNIF51V01	2008	48.0	25.20	6.5	TGCI	2.33E-06
PNIF51V02	2008	45.5	24.00	13.5	TGCI	1.41E-05
PNIF51G06	2008	105.5	67.90	17.0	CAL	7.53E-07
PNIF51G06	2008	105.5	67.90	35.5	CAL	1.60E-06
PNIF52B08	2008	63.0	40.50	9.5	CAL	1.99E-05
P12	2013	122.7	76.90	38.0	CAL	4.70E-06

Tab. 19 - Permeabilità- Risultati prove Lugeon campagna 2006-2009 e 2013-2014

Nelle tabelle seguenti sono invece riportati i risultati delle prove di permeabilità eseguite nel PE.

Si specifica che in alcuni documenti sulle indagini sono riportati i soli valori di abbassamento e tempo, quindi i valori riportati nelle seguenti tabelle si riferiscono ad elaborazioni degli scriventi secondo l'applicazione delle formule AGI per prove eseguite al di sopra e al di sotto della falda idrica. Si specifica





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	126 di 196

inoltre che, secondo la prassi usuale, il calcolo del coefficiente di permeabilità è stato eseguito in corrispondenza dei gradini di prova che hanno indicato una pendenza della curva tempo-abbassamenti corrispondente al tempo di riequilibrio (escludendo i primi gradini di assorbimento elevato).

Sondaggio	Prof.	Litologia	Coeff. Permeabilità
-	m da p.c.	-	m/s
PE-PZ13	2,0	CCU	3,78E-06
PE-PZ13	4,0	CCU	2,56E-06
PE-PZ14	2,0	CCU	6,26E-07
PE-PZ14	4,0	CCU	2,53E-06
PE-PZ15	2,0	CCU	2,69E-05
PE-PZ15	4,0	TGC _i	1,91E-06

Tab. 20 – Permeabilità – Risultati prove Lefranc Indagini 2018 Piana di Maddaloni

Sondaggio	Prof.	Litologia	Coeff. Permeabilità
-	m da p.c.	-	m/s
PE-S36	3,8	al-s	1,04E-04
PE-S36	7	al-s	1,29E-04
PE-S35	4	al-s	6,69E-04
PE-S35	7	al-s	4,94E-04
PE-S35	10	al-s	6,48E-04
PE-S35	13	al-s	7,03E-04
PE-S03	285	CAL	2,15E-06
PE-S03	301	CAL	3,50E-06
PE-S04	240	CAL	2,10E-06
PE-S04	250	CAL	8,80E-07
PE-S04	260	CAL	1,80E-07
PE-PZ17	2	TGCs	2,86E-06
PE-S34	6	TGCS	7,91E-05
PE-S34	9	TGCS	5,82E-05
PE-S34	12,5	TGCS	5,63E-05
PE-S34	18	TGCS	2,77E-05
PE-S34	21	TGCS	2,85E-05
PE-S36	10	TGCS	1,22E-04
PE-S36	13	TGCS	1,17E-04
PE-S36	16	TGCS	1,01E-04
PE-S35	16	TGCS	5,56E-04
PE-PZ17	4	TGCI	1,41E-06

Tab. 21 – Permeabilità – Risultati prove Lefranc Indagini 2018 Piana dell'Isclero



Nei grafici seguenti sono plottati i coefficienti di permeabilità ottenuti nelle varie unità in funzione della profondità. Per alcune unità sono riportati in grafici separati le prove eseguite nella zona di Maddaloni e nella Piana dell'Isclero. Vengono inoltre riportati con simbolo diverso le prove del PD e del PE per evidenziare eventuali differenze.

Per i depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi il coefficiente di permeabilità misurato in sondaggi (indagini PD e PE) varia tra 7 e $1x10^{-4}$ m/s (valore medio K $\approx 5x10^{-4}$ m/s).

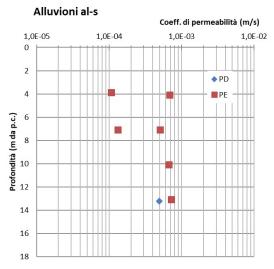


Fig. 54: Prove di permeabilità nelle alluvioni di fondovalle

Per le piroclastiti superficiali della zona di Maddaloni (CCU) il coefficiente di permeabilità misurato in pozzetti (indagini PE) varia tra 2.5×10^{-5} e 6.3×10^{-7} m/s (valore medio K $\approx 7 \times 10^{-6}$ m/s).

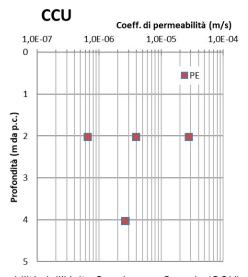


Fig. 55: Prove di permeabilità dell'Unita Casalnuovo-Casoria (CCU) nella piana di Maddaloni



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL
COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	128 di 196

Per il tufo litoide (TGCl) le prove della zona di Maddaloni forniscono un coefficiente di permeabilità misurato in pozzetti e sondaggi (indagini PE e PD) tra 6 e $1x10^{-6}$ m/s (valore medio K $\approx 3x10^{-6}$ m/s).

Nella piana dell'Isclero i valori variano tra $3x10^{-5}$ e $1x10^{-6}$ m/s (valore medio K $\approx 5x10^{-6}$ m/s).

Non vi sono quindi sostanziali differenze tra le due zone (tranne una maggiore dispersione nella zona dell'Isclero con alcuni valori più elevati); in termini di valori medi c'è tuttavia analogia.

Non vi sono differenze apprezzabile tra prove eseguite nel PD e nel PE.

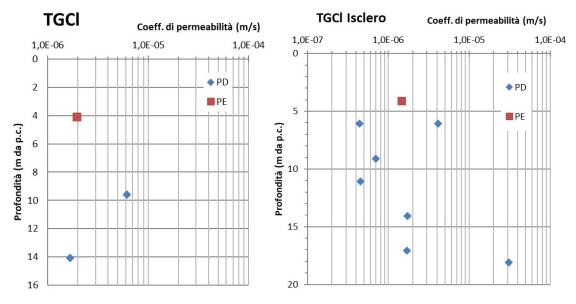


Fig. 56: Prove di permeabilità nel Tufo litoide (TGCI) nella piana di Maddaloni (sx) e Isclero (dx)

Per le prove nel tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs) le prove della zona di Maddaloni forniscono un coefficiente di permeabilità misurato in sondaggi (indagini PD) tra $7x10^{-5}$ e $8x10^{-6}$ m/s (valore medio K $\approx 2x10^{-5}$ m/s), con una lieve tendenza alla diminuzione dei valori con la profondità (tendenza comunque basata su relativamente pochi punti).

Nella piana dell'Isclero i valori variano in un range molto ampio tra $5x10^{-4}$ e $8x10^{-7}$ m/s (valore medio K ≈ $7.5x10^{-5}$ m/s). Il range molto ampio è in realtà legato a nette differenze di valori riscontrati tra le prove eseguite nel PD (valore medio K ≈ $1x10^{-5}$ m/s) e quelle del PE (K ≈ $1x10^{-4}$ m/s, più elevate di un ordine di grandezza). Non potendo dare una spiegazione a questa differenza (se non a diverse modalità di prova) si è ritenuto di prendere in esame il range indicato valutando dove le differenze possono fornire criticità progettuali.



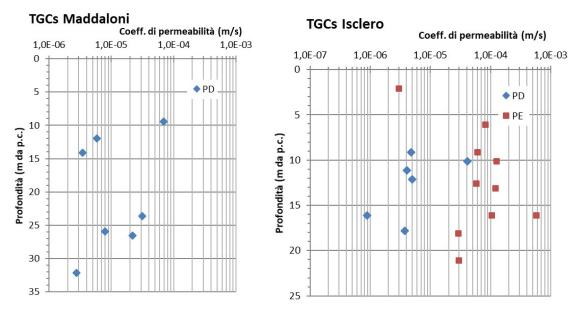


Fig. 57: Prove di permeabilità nel Tufo grigio campano sciolto (TGCs) nella piana di Maddaloni (sx) e Isclero (dx)

Le prove nell'Unità di Maddaloni (MDLc e MDLb+c) hanno fornito coefficienti di permeabilità mediamente bassi, in accordo con le caratteristiche granulometriche. Sulle cineriti si hanno solo tre prove due simili con $K = 1x10^{-6}$ e una prova con $K = 6x10^{-8}$ m/s.

Nell'unità indistinta MDLb+c i valori variano in un range tra $1x10^{-8}$ e $8x10^{-6}$ m/s (valore medio K ≈ $2x10^{-6}$ m/s che non è diverso dal valore medio che si ottiene considerando anche le prove su MDLc).

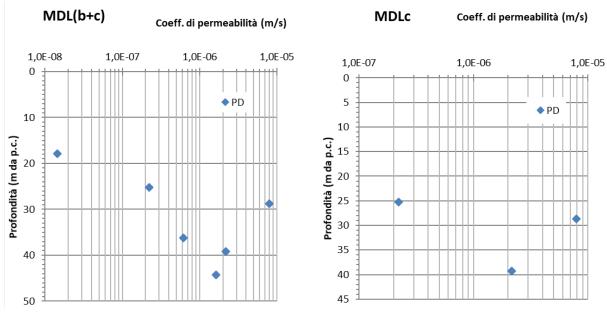


Fig. 58: Prove di permeabilità nell'Unità di Maddaloni





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	130 di 196

Sulla base di questi risultati (e dove non disponibili in base alle correlazioni empiriche prima descritte) sono stati stimati i coefficienti di permeabilità riportata nelle tabelle seguenti.

Unità geotecniche	K (m/s)
Materiali di riporto, rilevati stradali e ferroviari	5 x 10 ⁻⁵
Depositi alluvionali recenti e attuali delle zone di fondovalle (al)	1 x 10 ⁻⁴ ÷10 ⁻³
Piroclastiti superficiali e coltri eluvio-colluviali CCU	1 x 10 ⁻⁶ ÷10 ⁻⁵
Tufo grigio campano in facies litoide (TGCI)	1÷5 x 10 ⁻⁶
Tufo grigio campano in facies "sciolta" (TGCs)	5 x 10 ⁻⁵ ÷10 ⁻⁴
Tufo grigio campano in facies "sciolta" limosa (TGCsI)	5 x 10 ⁻⁶ ÷10 ⁻⁵
Cineriti ed epivulcaniti (MDLc)	5 x 10 ⁻⁸ ÷10 ⁻⁷
Depositi lacustri ed epivulcaniti (MDLb)	1 x 10 ⁻⁸ ÷10 ⁻⁷
Indifferenziato: cineriti e lacustre (MDLb+c)	1 x 10 ⁻⁸ ÷10 ⁻⁷
Depositi detritici e fluvio-lacustri antichi (MDLa) a grana grossa	1 x 10 ⁻⁴ ÷10 ⁻³
Depositi detritici e fluvio-lacustri antichi (MDLa) intercalazioni a grana fine	1 x 10 ⁻⁶ ÷10 ⁻⁵
Argille varicolori (ALV)	1 x 10 ⁻⁸ ÷10 ⁻⁷
Formazione quaternaria sabbioso-argillosa Qsa	1 x 10 ⁻⁷ ÷10 ⁻⁶
Arenarie ARC	1 x 10 ⁻⁶ ÷10 ⁻⁴
Calcari del substrato mesozoico (CAL)	1 x 10 ⁻⁴ ÷10 ⁻²

Le caratteristiche di permeabilità dei terreni hanno particolare incidenza sugli aspetti progettauli nelle zone dove sono previsti fossi, trincee e vasche di filtrazione. Si tratta di opere che interessano gli strati più superficiali di terreni. In particolare per i fossi disperdenti si tratta di ambiti di profondità dell'ordine di 1-2metri, dove è ancora presente la coltre eluvio-coluviale e terreno agrario. Si rinvengono inoltre materiali di riporto. In linea generale si tratta di materiali molto eterogeni che possono variare le caratteristiche di permeabilità anche su aree ridotte. L'assunzione del coefficiente di permeabilità per questi terreni va fatta con particolare cautela tenendo conto dell'influenza di queste locali variazioni sulla capacità di assorbimento di fossi e vasche che possono essere oggetto di un degrado progressivo con formazione di una patina limo-argillosa di trasporto dei sedimenti fini.

Le prove di permeabilità in pozzetti (PE-PZ13-14-15 a profondità tra 2 e 4m nelle due zone interessate da queste opere, nei pressi di Maddaloni), hanno fornito coefficienti di permeabilità variabili tra 2.5x10⁻⁵ e





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	131 di 196

 $6.3x10^{-7}$ m/s (valore medio K ≈ $7x10^{-6}$ m/s). Si tratta delle prove che hanno interessato le piroclastiti CCU riportate nel grafico della fig. 55 precedente. Una prova ha inoltre interessato il tufo litoide (v. grafico di fig. 56) e ha fornito un valore K = 2×10^{-6} m/s. Considerando che le prove in pozzetti tendono a sottostimare leggermente i coefficienti di permeabilità, si può indicare, per questa zona, un range di valori tra $5x10^{-6}$ e $1x10^{-5}$ m/s.

Per la zona di Dugenta le prove nel pozzetto PE-PZ17 ha invece fornito valori di $K = 2-3 \times 10^{-6} \,\mathrm{m/s}$.

7.14 ANDAMENTO DELLA FALDA IDRICA

Il livello di falda assunto in questa sede è stato definito principalmente sulla base di varie fasi di monitoraggio.

- ✓ Settembre e Dicembre 2014, nei 16 sondaggi attrezzati a piezometro eseguiti nell'ambito della campagna geognostica del 2013-2014 per il Progetto Definitivo.
- ✓ Giugno e Luglio 2015 nei piezometri relativi alla campagna 2015 (
- ✓ Febbraio 2016 relative alla campagna 2016.

Queste misure sono state integrate dalla nuova campagna di monitoraggio, tra i mesi di marzo e settembre del 2018 che hanno interessato sia i piezometri di nuova installazione per la campagna di indagine del progetto esecutivo, sia i precedenti piezometri risultati accessibili e funzionanti.

Le tabelle riepilogative di tutte le misure sono riportate nel documento di censimento dei punti d'acqua. Le indicazioni sulle profondità della falda sono inserite esplicitamente sia in sede di profilo geotecnico che nei successivi paragrafi relativi al modello geotecnico del tracciato.



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 132 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

8. MODELLI GEOTECNICI LUNGO IL TRACCIATO

8.1 Premesse

Nei paragrafi seguenti si riporta, per ogni opera d'arte principale e per ogni tratto di tracciato omogeneo dal punto di vista geotecnico, lo schema stratigrafico con l'individuazione delle unità geotecniche individuate in accordo ai criteri esposti in precedenza e secondo quanto riportato nel profilo geotecnico.

Alle singole unità sono stati assegnati i parametri geotecnici di maggiore interesse per il dimensionamento dell'opera (modello geotecnico) in accordo alla caratterizzazione generale delle singole unità, rivista nel dettaglio sulla base dei risultati delle indagini eseguite nel singolo sito, in modo da ridurre l'ampiezza del range di valori e arrivare quindi a parametri caratteristici specifici.

Lo schema stratigrafico riportato nelle tabelle seguenti è da ritenersi semplificato e i contatti tra le varie unità sono fornite in profondità (variabili) dal p.c.; per una lettura più accurata dell'andamento dei vari strati si rimanda al profilo geotecnico dal quale sono stati ricavati i singoli schemi di dettaglio per il calcolo delle opere

Nelle tabelle seguenti si riportano i parametri geotecnici di maggiore interessa e di diretto utilizzo per il dimensionamento delle opere, tralasciando i parametri di relativa minore importanza per il tipo di opera. La legenda dei parametri utilizzati è la seguente

- γ_t = peso di volume naturale;
- GSI = Geological Strength Index (solo per ammassi rocciosi);
- φ' = angolo di attrito;
- c' = coesione efficace;
- c_u = resistenza al taglio non drenata (solo per materiali coesivi saturi);
- E_u = modulo di deformabilità non drenato (solo per materiali coesivi saturi);
- E_{op} = modulo di Young "operativo";
- k = coefficiente di permeabilità.

Il livello della falda viene indicato in quota assoluta in modo da fornire informazioni operative utilizzabili anche con un andamento del piano di campagna variabile.

Per la definizione della classe di suolo si è fatto riferimento ai risultati delle prove down-hole e, laddove non disponibili, a correlazioni con prove SPT. Questi dati sono elaborati e commentati nel dettaglio nella Relazione Sismica, quindi in questa sede si riportano solo le classi di suolo scaturite dall'indagine, rimandando alla Relazione Sismica la trattazione di dettaglio della risposta sismica locale dei singoli siti.



DELLE OPERE ALL'APERTO



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA

ITINERA

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	133 di 196
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO

8.2 Note sull'affidabilità dei modelli geotecnici e scelta del parametro ζ (NTC2008 #7.X.x.x)

L'affidabilità di un modello geotecnico è diretta conseguenza della complessità del sottosuolo (dal punto di vista geologico e geotecnico) e della frequenza e completezza delle indagini eseguite.

In alcuni casi, la definizione di un modello geotecnico molto affidabile (che possa cioè completamente evitare sia pur piccoli scostamenti tra le previsioni progettuali e le effettive condizioni di sottosuolo, accertabili solo al momento della costruzione) è irrealistica da raggiungere. È il caso, per esempio, di gallerie profonde (come quella del Monte Aglio) che richiederebbero una mole di indagini irrealizzabile con le usuali procedure progettuali. Per le gallerie è tuttavia noto che scostamenti tra le ipotesi progettuali e quelle effettivamente accertate sono accettabili nell'ambito delle usuali procedure costruttive e all'interno di un modello geologico coerente.

Per i viadotti, l'unico approccio che consentirebbe di definire un modello geotecnico preciso e affidabile sarebbe quello di eseguire almeno un sondaggio per ogni appoggio. In talune circostanze, con contatti litologici sepolti molto inclinati, anche un solo sondaggio per pila non garantirebbe la certezza del modello geotecnico, trattandosi di pali profondi disposti su plinti di dimensioni elevate, anche superiori a 10 m (un contatto a 45° darebbe una differenza tra i pali della stessa palificata fino ad oltre 10m).

Una campagna di indagine così concepita non è attuabile nei tempi progettuali concessi, considerando anche la quantità e la tipologia di indagini eseguite nelle precedenti fasi progettuali.

L'influenza dell'affidabilità del modello geotecnico sugli aspetti progettuali viene considerata dalla normativa (NTC 2008) con l'utilizzo di un coefficiente riduttivo per il calcolo dei pali di fondazione. Il coefficiente ζ_3 (Tab. 6.4.IV) è variabile infatti da 1.4 a 1.7 a seconda del numero di verticali di indagine disponibili. Le verticali da prendere in esame sono quelle che consentono di indagare l'intero "volume significativo".

Le Istruzioni della Circolare 2/2/209, n. 617 ha inoltre specificato (par. C.6.4.3.1) che "per un'opera lineare, come un viadotto, il volume significativo riguarda ogni singola fondazione".

Con una interpretazione restrittiva della Circolare, per applicare un coefficiente ζ_3 = 1.7 si dovrebbe eseguire un sondaggio per ogni fondazione e quindi per ogni plinto del viadotto, mentre l'applicazione di valori inferiori richiederebbe l'esecuzione due o più sondaggi (verticali di indagine) per ogni plinto. La norma non chiarisce il valore del coefficiente da adottare nel caso siano disponibili meno di una verticale di indagine per plinto (cioè il coefficiente da adottare per un plinto che non abbia a disposizione almeno una verticale di indagine, avendo estratto il modello da verticali di indagine più o meno vicine).

Il problema è ovviamente più complesso di una semplice applicazione di una banale formula.

Ghella



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 134 di 196

Nella consapevolezza che l'applicazione restrittiva della norma porterebbe a sovradimensionamenti a volte non razionali e pur accettando che spesso, nella pratica progettuale, si tende a sommare le verticali di indagine disponibili nell'ambito di un viadotto (senza considerare tipo di indagini, qualità e affidabilità delle stesse e complessità del modello geologico e geotecnico), nel presente progetto è stato adottato il seguente approccio.

Nel caso di modelli geologici e geotecnici di sottosuolo relativamente omogenei (intendendo per omogenei gli schemi stratigrafici e geotecnici con pochi strati, ad andamento sub-orizzontale e con relativa poca variabilità degli spessori), è stato applicato un valore del confidente ζ corrispondente al numero di verticali disponibili per un determinato tratto di viadotto.

Nei casi di modelli geologici e geotecnici molto complessi e comunque non definiti con una ragionevole affidabilità dalle indagini disponibili, è stato invece adottato il coefficiente ζ massimo (1.7), relativo ad una sola verticale di indagine per fondazione (non sono mai stati eseguiti più di un sondaggio per plinto). Le verticali di indagine prese in considerazione sono quelle che hanno consentito di delineare il modello di sottosuolo fino alla punta dei pali e al di sotto di essa. In alcuni casi, quando lo schema geologico consente di estrapolare, con buona approssimazione, lo spessore di alcune formazioni nel sottosuolo, sono state considerate adeguate alla definizione del coefficiente anche le verticali di indagine che non si sono spinte sotto la punta dei pali, ma che in ogni caso hanno una profondità tale da portare ad una ricostruzione accettabile del sottosuolo profondo. Va peraltro specificato che quando viene programmata una campagna di indagine si ha solo una prima idea della lunghezza dei pali (basata su un modello geotecnico preliminare e su carichi di progetto di prima analisi). L'esecuzione dell'indagine potrebbe portare a modifiche, anche sostanziali, del modello geotecnico di partenza, producendo una variazione della lunghezza dei pali e quindi del sondaggio. Si tratta di un percorso iterativo che può essere superato con una interazione tra supervisione di indagine e aspetti progettuali, ma che a volte non consente di ottimizzare completamente il percorso.

L'approccio adottato può quindi portare ad adottare coefficienti anche diversi per lo stesso viadotto, soprattutto nel caso di viadotti molti lunghi e/o di viadotti con appoggi che interessano condizioni di sottosuolo anche molto diverse tra loro. È il caso, ad esempio, dei viadotti che attraversano le incisioni vallive con condizioni molto diverse sulle spalle, ubicate sulle sponde (nel caso in esame molto spesso formate da tufi, anche litoidi e direttamente affioranti), e sulle pile, che invece ricadono nelle aree di fondovalle, dove per contro è usuale aspettarsi una forte variabilità del sottosuolo.





ITINERA

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

FOGLIO

135 di 196

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IF1N 01 E ZZ RB GE0005 001 B

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Adottare in questi casi una interpretazione estensiva della norma, che consideri cioè tutte le verticali di indagine disponibili per la definizione del coefficiente ζ , potrebbe portare a ipotesi paradossali. Ad esempio, nel caso prima delineato: con la disponibilità di due sole verticali di indagini sulle spalle e nessuna nell'area di fondovalle si adotterebbe un coefficiente ζ = 1.65 per tutti gli appoggi, anche per le pile, dove invece non si hanno indagini per definire il modello, peraltro da attendersi complesso.

Con tale approccio sono quindi stati definiti, per ogni viadotto o parte di viadotto, i coefficienti ζ adottati nel calcolo dei pali. La scelta del coefficiente ζ viene motivata all'interno dei singoli modelli geotecnici commentati nei paragrafi che seguono.





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	136 di 196

8.3 TRATTA FERROVIARIA CANCELLO – FRASSO TELESINO

ITINERA

8.3.1 Rilevato - da km 0+000 a km 1+700 circa

Lo schema geotecnico è alquanto semplice ed è rappresentato da uno strato superficiale di piroclastiti (che include anche la coltre eluvio-colluviale) di spessore variabile da 2 a 5 m circa, sovrapposto al tufo litoide giallo, anche questo di spessore variabile da 7 a 12 m nei primi 1200m circa di tracciato, per assottigliarsi progressivamente procedendo verso le progressive maggiori. Al di sotto del tufo giallo è presente il tufo grigio campano in facies sciolta per spessori molto potenti (accertato fino a 55 m dal p.c.) e nella sua litofacies classica e omogenea di piroclastiti sabbioso-limose grigie.

I sondaggi di riferimento sono: P8, PE-S09-10-40, PNIF51V03. Sono poi stati utilizzati i risultati dei pozzetti PE-PZ da 01 a 05 e delle prove penetrometriche PE-PC01-02.

I piezometri di riferimento per la misura della falda sono: P8, PE-S10, PNIF51V03. Rispetto alle quote misurata è stato assunto circa un metro superiore per tenere conto di eventuali innalzamenti non indentificati con le misure che si riferiscono a periodi relativamente limitati.

La prova down-hole di riferimento per la definizione della classe di suolo è la PE-S11.

Le caratteristiche geotecniche del TGCs e del TGCl sono quelle tipiche commentate per l'unità poiché gran parte dei dati sono stati acquisiti proprio in questa zona, quindi si può fare riferimento ai valori medi del campo di valori indicato in precedenza.

Lo schema sequente si riferisce all'intervallo di progressive indicate.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione		
1	0.0	2.0 ÷ 5.0	Piroclastiti superficiali (CCU)		
2	2.0 ÷ 5.0	10.0÷15.0	Tufo litoide giallo (TGCl)		
3	10.0÷15.0	55.0	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)		
QUOTA DELLA FALDA: 25 m s.l.m.					
CLASSE	DI SUOLO: B				

Per questo tratto la caratterizzazione può fare riferimento specifico ai profili penetrometrici dei grafici seguenti che confermano la caratterizzazione di base delle varie unità indirizzando verso la seguente caratterizzazione di sito.



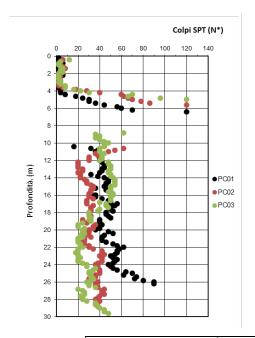


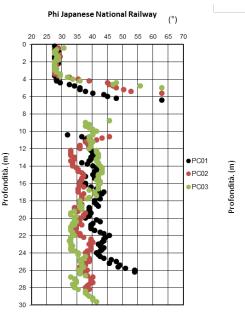
ITINERARIO NAPOLI – BARI

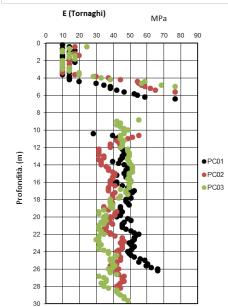
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	137 di 196







Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Parametri	CCU	TGCI	TGCs
γ_t (kN/m ³)	16	12÷14	15÷16
GSI	-	35	-
σ _c (MPa)	-	2	-
φ' (°)	26-28	35	34-36
c' (kPa)	0	20	0
E _{op} (MPa)	10-15	200	40-50
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵

8.3.2 Raso e trincea (TR02) - da km 1+700 circa a km 2+775 circa

Si tratta di una lunga trincea di modesta altezza che aumenta gradualmente verso l'imbocco della galleria dove la trincea è sostanuta da muri (TR02). In questo tratto ricadono anche due cavalcaferrovia (Via Appia e Via Carmignana) per i quali vengono forniti gli schemi specifici nei paragrafi seguenti.

I sondaggi di riferimento sono: PNIF51R04, PE-S13 e 33, la prova penetrometrica PE-PC09 e il pozzetto PE-PZ07.

Lo schema geotecnico è sostanzialmente analogo al tratto precedente tranne per la presenza del tufo litoide che si assottiglia fino a scomparire intorno alla pk 2+000 (progressiva di fine tufo stimata per correlazione tra pozzetto e sondaggio più vicino).

La quota di falda è stata misurata nei piezometri PNIF51R04, PE-S13,

La prova down-hole è stata eseguita nel foro PE-S33.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

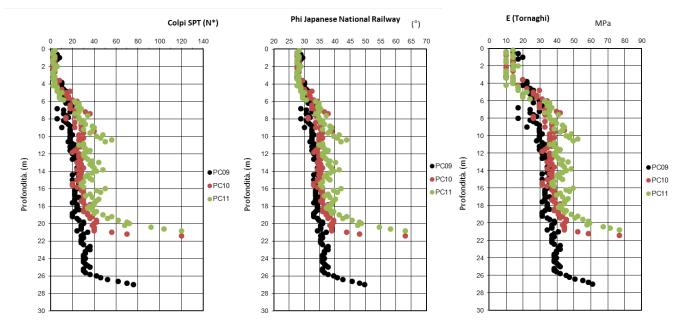
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	138 di 196

Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione
0.0	2.0 ÷ 5.0	Piroclastiti superficiali (CCU)
2.0 ÷ 3.0	3.0÷8.0	Tufo litoide giallo (TGCl) – Assente da pk 2+000
3.0÷8.0	55.0	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)
	(m da p.c.) 0.0 2.0 ÷ 3.0	(m da p.c.) (m da p.c.) 0.0 2.0 ÷ 5.0 2.0 ÷ 3.0 3.0 ÷ 8.0

QUOTA DELLA FALDA: 25÷30 m s.l.m.

CLASSE DI SUOLO: C

Per la caratterizzazione si può fare riferimento anche alle prove penetrometriche continue (estendendo il tratto di riferimento anche al tratto di galleria artificiale di imbocco della galleria Monte Aglio). Dai grafici sottostanti si evidenzia la presenza di uno strato superficiale poco resistente dello spessore di circa 4m, mentre in profondità il TGCs mostra valori di resistenza e deformabilità tipici dell'unità.



Doromotri	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Parametri	CCU	TGCI	TGCs
γ _t (kN/m³)	16	12÷14	15÷16
GSI	-	35	-
σ _c (MPa)	-	2	-
φ' (°)	26-28	35	33÷34
c' (kPa)	0	20	0
E _{op} (MPa)	7 – 10	200	40
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	139 di 196

8.3.2.1 Cavalcaferrovia di via Appia pk 2+114

I sondaggi di riferimento sono: PNIF51R04 e PE-S33, il primo attrezzato a piezometro, il secondo per prova down-hole.

I sondaggi hanno consentito di ricavare il seguente schema stratigrafico specifico con gli stessi parametri geotecnici prima indicati per la tratta generica.

Avendo disponibili due sondaggi adeguatamente profondi, con un modello di sottosuolo relativamente omogeno, è applicabile il coefficiente ζ per due verticali di indagine (1.65).

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione		
1	0.0	3.0÷5.0 Piroclastiti superficiali (CCU)			
3	3.0	55.0 Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)			
QUOTA DELLA FALDA: 25 m s.l.m.					
CLASSE	DI SUOLO: C				

I parametri geotecnici delle unità sono uguali a quelle della tratta di riferimento

8.3.2.2 <u>Cavalcaferrovia di via Carmignana pk 2+225</u>

Il sondaggio di riferimento è il PE-S13, attrezzato a piezometro.

Il sondaggio ha consentito di ricavare il seguente schema stratigrafico specifico con gli stessi parametri geotecnici prima indicati per la tratta generica.

Avendo disponibile un sondaggio, è applicabile il coefficiente ζ per una verticale di indagine (1.7).

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione		
1	0.0	3.0÷5.0	Piroclastiti superficiali (CCU)		
3	3.0	55.0	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)		
QUOTA DELLA FALDA: 25 m s.l.m.					
CLASSE DI SUOLO: C					

I parametri geotecnici delle unità sono uguali a quelli della tratta di riferimento



RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL
COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 140 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

8.3.3 Galleria Artificiale (scatolare e policentrica) - Approccio Monte Aglio Sud - da km 2+775 circa a km 2+990 circa

ITINERARIO NAPOLI - BARI

Il sondaggio di riferimento per questo tratto il PNIF51G05 (attrezzato a piezometro) associato a due prove penetrometriche PE-PC10 e 11 (i cui grafici sono stati riportati nel paragrafo precedente).

Lo schema geotecnico è sostanzialmente analogo al tratto precedente per la presenza di uno strato superficiale di piroclastiti sovrapposto direttamente alle piroclastiti sabbioso-limose del Tufo Grigio Campano in facies sciolta. Le due prove penetrometriche hanno permesso di individuare con maggiore precisione il passaggio tra le piroclastiti superficiali (alle quali si intercalano i depositi eluvio-colluviali di versante) e il sottostante TGCs. Questo passaggio è segnato da un netto aumento di resistenza penetrometrica tra 4 e 5m dal p.c..

Il piezometro è risultato asciutto quindi la quota di falda è stata ricavata per estrapolazione.

Per la caratterizzazione sismica si è fatto riferimento alla più vicina prova down-hole (PE-S33) che indica una classe di suolo B, anche se i valori SPT indicherebbero una classe superiore.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione
1	0.0	4.0 ÷ 5.0	Depositi di versante e piroclastiti di ricaduta (e-c)
2	4.0÷5.0	55.0	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)
QUOTA I	DELLA FALDA: 35 m	n s.l.m.	

CLASSE DI SUOLO: C

Doromotri	Strato 1	Strato 2
Parametri	e-c	TGCs
γ _t (kN/m ³)	16÷18	16
φ' (°)	26÷28	32÷33
c' (kPa)	0÷5 ^(**)	0
E _{op} (MPa)	15÷30	30÷50
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵

^(**) Coesione adottabile se in condizioni di non saturazione ("coesione capillare")

8.3.4 Galleria naturale Monte Aglio

Si rimanda alla relazione geomeccanica per le opere nel sottosuolo.

8.3.5 Galleria Artificiale - Approccio Monte Aglio Nord - da km 6+852 a km 6+970.000

Lo schema stratigrafico e geotecnico è stato ricostruito sulla base dei seguenti sondaggi di riferimento più vicini: PE-S15 e PNIF51G07, entrambi attrezzati a piezometro. Per la ricostruzione del profilo si è



ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	141 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA **DELLE OPERE ALL'APERTO**

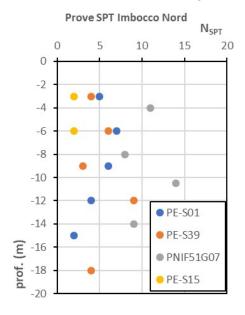
fatto riferimento anche al sondaggio PE-S39 più spostato a monte (quest'ultimo sondaggio sostituisce il PE-S01 la cui stratigrafia non va considerata

Lo schema è rappresentato da una coltre superficiale costituita da piroclastiti di ricaduta frammiste a depositi eluvio-colluviali, sovrapposti alle piroclastiti del Tufo Grigio Campano in facies sciolta.

I sondaggi e le prove SPT indicano che in questo settore le piroclastiti del TGCs, nella porzione più superficiale, sono prevalentemente limose con caratteristiche meccaniche molto più scadenti rispetto a quelle tipiche di altre zone. Questa circostanza si ricava in tutti i sondaggi della zona (anche il PE-S39 più spostato verso la galleria naturale). I valori N_{SPT} della porzione superiore del TGCs sono sempre inferiori a 10 (con valori anche di 2). Di fatto non si riscontrano forti differenze con la coltre superficiale.

Questa porzione è stata attribuita quindi alla litofacies limosa TGCsl del tufo grigio.

I risultati delle prove SPT eseguite in questo tratto di versante sono riassunte nel grafico seguente.



Nelle porzioni più profonde il TGCs ha invece le caratteristiche granulometriche e meccaniche tipiche delle altre zone.

Il substrato è costituito dalle Argille Varicolori, incontrato nel sondaggio PNIF51G07 ma non nel PE-S15 (sondaggio relativamente corto) in quanto il tetto delle argille si approfondisce procedendo verso la piana (le ALV sono state attraversate nuovamente ancora più a valle nel P9).

La quota di falda è stata ricostruita sulla base dei due piezometri.

La classe di suolo è stata valutata sulla base delle prove SPT non essendo disponibili prove down-hole.





ITINERA I

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

1º LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELL

ITINERARIO NAPOLI - BARI

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	142 di 196

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione
1	0.0	8.0	Depositi di versante e piroclastiti di ricaduta (e-c)
2	8.0	16.0	Tufo grigio campano in facies limosa (TGCsI)
3	16.0	22.0÷25.0	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)
4	22.0÷25.0	40.0	Argille Varicolori (ALV)

QUOTA DELLA FALDA: 100 m s.l.m.

CLASSE DI SUOLO: C

Doromotri	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4
Parametri	e-c	TGCsI	TGCs	ALV
γ _t (kN/m³)	16÷18	15.0	16.0 ÷ 17.0	19.0 – 20.0
φ' (°)	26÷28	26÷28	32÷33°	28
c' (kPa)	0÷5 (**)	0	0	30
c _u (kPa)			-	150 – 400 ^(*)
E _{op} (MPa)	15÷30	15÷30	30÷50	50 -100 ^(*)
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁸ – 1 x 10 ⁻⁷

Nota: (1) crescente con la profondità

8.3.6 Trincea TR03 - da km 6+970 a km 7+335 circa

Lo schema geotecnico di questa zona è assai simile a quello precedente avendo fatto riferimento al sondaggio con piezometro PE-S15, ma estenendondo la valutazione delle caratteristiche dei terreni anche al tratto di versante a monte, verso l'imbocco della galleria.

Si può quindi fare riferimento alle considerazioni riportate bel paragrafo precedente e al grafico delle prove SPT ivi riportate.

Procedendo verso la piana compare però uno strato di tufo litoide giallo, appena intercettato nel sondaggio PE-S15, ma di spessore maggiore nel sondaggio P9 ubicato poco oltre la fine della trincea. La trincea si sviluppa essenzialmente nello strato piroclastico con basse resistenze penetrometriche, presente fino a 8 m. Questo strato piroclastico appoggia in profondità sul tufo litoide di spessore gradualmente crescente, a sua volta sovrapposto al tufo grigio sciolto TGCs.

Per semplificazione si è fatto riferimento ad uno schema a quattro strati avendo di fatto unificato i primi due strati dello schema precedente.

^(^^) Coesione adottabile se in condizioni di non saturazione ("coesione capillare") e a breve termine







ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

CODIFICA COMMESSA LOTTO IF1N 01 E ZZ RB

DOCUMENTO GE0005 001

REV. FOGLIO

143 di 196

В

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione
1	0.0	6.0÷8.0	Depositi di versante e piroclastiti di ricaduta (e-c)
2	6.0÷8.0	9.0÷10.0 Tufo grigio campano in facies litoide (TG0	
3	9.0÷10.0	30.0	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)
4	30.0	40.0	Argille Varicolori (ALV)

QUOTA DELLA FALDA: 100 m s.l.m.

CLASSE DI SUOLO: C

Parametri –	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4
	e-c	TGCI	TGCs	ALV
γ _t (kN/m³)	16	13 (***)	16.0 ÷ 17.0	19.0 – 20.0
GSI (-)	-	35	-	-
σ _c (MPa)	-	2	-	-
φ'(°)	25÷26	35	32÷33°	28
c' (kPa)	0÷5 ^(**)	20	0	30
c _u (kPa)	-	-	-	150 – 500 ^(*)
E _{op} (MPa)	15÷20	200	30÷50	50 -100 ^(*)
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁸ – 1 x 10 ⁻⁷

Nota: (*) crescente con la profondità (**) Coesione adottabile se in condizioni di non saturazione ("coesione capillare")

^(***) l'unico campione di tufo lioide della zona (P9 – CL1 a 9.4m) indica γ = 12.9 kN/m³)





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 144 di 196

8.3.7 VI04 Viadotto Valle di Maddaloni e rilevati di approccio - da km 7+335 a km 8+210 circa

ITINERA

Per la ricostruzione stratigrafica e geotecnica di questo lungo tratto si è fatto riferimento ai sondaggi: P9-10-11-12 del PD, PE-S16-17-18-37 (del PE) e inoltre dei sondaggi integrativi eseguiti in una seconda fase della campagna di indagini del progetto esecutivo: PE-S42-43-44. Si fa riferimento inoltre alle prove penetrometriche PE-PC12-13-14-15-16-17-18.

I sondaggi PE-S16-42-43, P9 e P12 sono attrezzati a piezometro, P11 e PE-S17 per prova down-hole.

Lo schema di riferimento è in sostanziale continuità (congruenza) con il precedente tratto in trincea fino alla parte finale del viadotto, dove è stata accertata una forte variazione nel sottosuolo.

Nel rilevato di approccio e per buona parte del viadotto si segue con continuità lo strato piroclastico superficiale che in questa zona, per posizione morfologica, è stato attribuita all'unità di Casoria (CCU) in contatto eteropico con le piroclastititi di ricaduta frammiste alle coltri di versante. Le piroclastititi superficiali hanno uno spessore poco variabile, tra i 4 e 5 m, e sono sovrapposte al tufo litoide giallo (TGCI); anche questo mostra una continuità per un tratto di almeno 600m, dall'inizio del rilevato fino alla zona delle pile 10-11.

Il tetto del tufo litoide è stato ricostruito nel dettaglio dai sondaggi e dalle prove penetrometriche che hanno individuato questo tufo in 11 verticali di indagine su 600 m circa.

Lo spessore del tufo litoide varia tra 3 e 4-5 m circa. Tra le pile 10 e 11 la prova penetrometrica PE-PC17 ha attraversato senza aumenti di resistenza l'intervallo di profondità entro il quale era da attendersi il tufo. Lo stesso risultato si è avuto con l'altra prova PE-PC18.

Anche i sondaggi PE-S43 e 44 non hanno intercettato il tufo litoide. Risulta quindi che, avvicinandosi al versante calcareo, lo strato di tufo litoide si assottiglia fino a scomparire (come già verificato in altre situazioni morfologiche simili).

In questa zona di avvicinamento al versante, lo strato superficiale di piroclastiti (con basse resistenze) sovrapposto al tufo litoide aumenta quindi di spessore fino a 11-13m procedendo verso la spalla B del viadotto e oltre questa. La parte inferiore di questo strato è stato attribuito al TGCs nella facies limosa.

Al di sotto del tufo litoide viene attraversata la successione tipica di piroclastiti sabbioso-limose grigie del TGCs, quindi inizia l'Unità di Maddaloni con la serie che vede, dall'alto verso il basso, prima i depositi piroclastici cineritici a grana limo-argillosa, quindi i depositi lacustri. Il sondaggio profondo PE-S37 ha attraversato tutta la serie vulcanico-lacustre dell'Unità di Maddaloni fino a 58m per entrare poi in un ammasso calcareo completamente fratturato.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	145 di 196

A profondità e quote analoghe è stato incontrato il calcare nei sondaggi PE-S42 e PE-S43 nella zona delle pile 10-11-12.

Nel tratto finale del viadotto, in vicinanza del versante calcareo, i sondaggi PE-S44, PE-S18 e P12 hanno incontrato la formazione calcarea a poca profondità (tra 18 e 23m dal p.c.). Il dislivello in quota del tetto del calcare tra i sondaggi più vicini (PE-S43 e 44) è di circa 40 m su una distanza di meno di 30m. Questa scarpata calcarea sepolta (sotto i depositi vulcanici) è stata attribuita ad una dislocazione per tettonica distensiva (faglia diretta) che ha ribassato il substrato calcareo al di sotto della piana.

Per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche si evidenza la presenza dell'acquifero nel tufo grigio sciolto, permeabile per porosità, sostenuto alla base dall'Unità di Maddaloni nei termini a grana fine che funge da acquiclude.

Il piezometro PE-S16 ha individuato la falda a profondità di circa 18m, quindi a quota circa 95 m.s.l.m.

Procedendo verso la spalla B il calcare sepolto agisce da ammasso drenante in quanto il piezometro P12 nel calcare ha individuato livelli di falda molto più profondi.

In effetti il piezometro a tubo aperto finestrato nei soli tufi del sondaggio PE-S42 individua un livello di falda più basso per effetto appunto del drenaggio dei calcari e il piezometro PE-S43 (sempre a tubo aperto nel tufo) è risultato asciutto fino a 40m. In questo sondaggio è stata installata una cella piezometrica nella fascia di frizione che è stata incontrata in profondità, misurando un livello piezometrico a 48m di profondità.

I rapporti tra la falda del tufo e quella dei calcari non sono ricostruibili nel dettaglio anche per la presenza di questa fascia di frizione che tampona l'acquifero calcareo.

La prova down-hole ha evidenziato la presenza di un suolo di classe B.

Con l'approccio prima esposto, è stato considerato applicabile un coefficiente ζ per 4 verticali di indagine (1.55).





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 146 di 196

SCHEMA PER RILEVATO DI APPROCCIO E VIADOTTO DA SPALLA A A PILA 12

ITINERA

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione			
1	0.0	4÷6 fino a 11	Piroclastiti superficiali e coltre eluvio-colluviale (CCU)			
2	4÷6	8÷11	Tufo grigio campano in facies litoide (TGCl)			
3	8÷11	33÷36	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)			
4	33÷36	45÷49	Piroclastiti cineritiche a grana limo-argillosa (MDLc)			
5	45÷49	55÷58	Depositi lacustri ed epivulcaniti limo-argillose (MDLb)			
6	55÷58		Calcari (CAL)			
QUOTA	QUOTA DELLA FALDA: 95 m s.l.m.					
CLASSE	CLASSE DI SUOLO: B					

CLASSE DI SUOLO: B

SCHEMA PER E VIADOTTO DA PILA 13 A SPALLA B E RILEVATO DI APPROCCIO

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione			
1	0.0	13 (*)	Piroclastiti superficiali e coltre eluvio-colluviale (CCU)			
3	13	20-23	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)			
7 20-23 50 Calcari (CAL)						
QUOTA DELLA FALDA: 95 m s.l.m.						
CLASSE DI SUOLO: B						

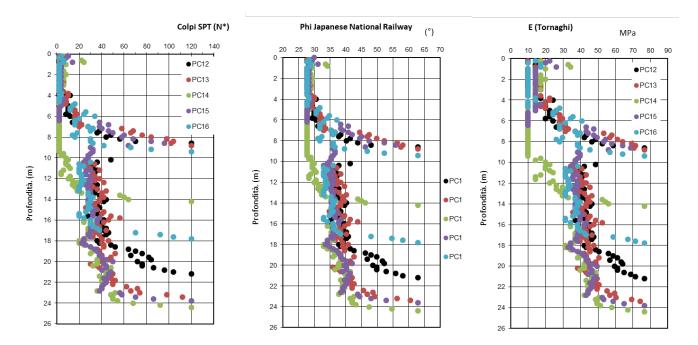
^(*) Per il rilevato di approccio si deve aggiungere lo spessore del materiale di riporto presente in superficie come illustrato nel profilo geotecnico.

Per il modello geotecnico di calcolo si è fatto riferimento alla caratterizzazione generale per le unità superficiali (CCU, TGCs e TGCl) che risulta congruente con i risultati specifici ricavati in questa zona.

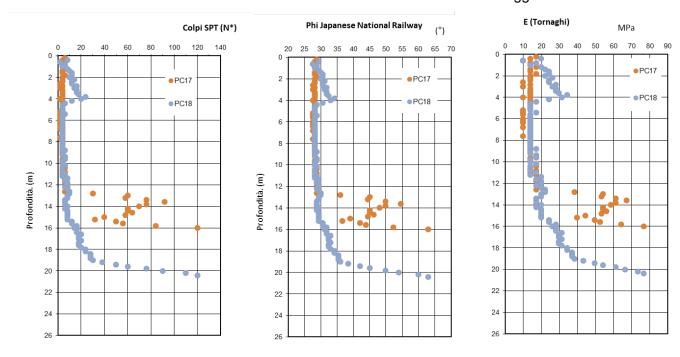
Ulteriori dettagli possono ricavaris dalle prove penetrometriche continue. Nei grafici seguenti sono stati riportati insieme i risultati delle prove che interessano la prima parte del viadotto (dove si riscontra la successione vulcanica tipica (CCU-TGCI-TGCs) da quelli delle prove più vicine al versante.

Nel primo blocco si evidenzia la presenza del tufo litoide (anche se con alcune eccezioni come nella prova PE-PC14) e valori tipici sia per l'unità superficiale CCU sia per quella profonda TGCs.





Nel secondo blocco di grafici (vicini al versante) si evidenzia invece l'assenza del tufo litoide e valori di resistenza e deformabilità decisamente più bassi per il complesso vulcanico che è stato attribuito all'unità CCU e al tufo grigio in facies limosa (TGCsl). I valori elevati di resistenza in profondità del PE-PC17 sono da attribuire a intercalazioni tufacee individuate anche con i sondaggi vicini.









ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

NEA

LOTTO **01 E ZZ** CODIFICA RB DOCUMENTO GE0005 001

REV.

FOGLIO 148 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

Con riferimento al peso di volume del tufo litoide (TGCI), che risulta il parametro più variabile, i risultati sui due campioni prelevati nel sondaggio PE-S37 hanno confermato questa forte variabilità, con il campione CL1 a m 8.60 che indica γ = 15.78 kN/m³ e il campione CL2 a 9.5 m che indica γ =12.65 kN/m³. Si conferma quindi la forte variabilità dei valori e l'opportunità di mantenersi sul campo di valori medi riscontrati per guesta unità.

COMMESSA

Per quanto riguarda l'Unità di Maddaloni si riscontra una certa discrepanza tra i risultati delle prove di laboratorio e quelli ricavati dalle prove dilatometriche in foro.

Per questa unità sono disponibili per il sito di interesse le prove su 4 campioni nel sondaggio PE-S37 (il sondaggio P9 del PD è ubicato a circa 300 m di distanza e il campione prelevato si riferisce ad argille varicolori), dei quali 3 con determinazione della coesione non drenata.

Campione C1 (m 38.5-39.0) $c_u = 149.4 \text{ kPa}$

Campione C3 (m 52.0-52.5) $c_u = 119.3 \text{ kPa}$

Campione C4 (m 58.0-58.5) $c_u = 52.0 \text{ kPa}$

Si riscontrerebbe quindi una tendenza alla diminuzione dei valori di coesione non drenata con la profondità. Il valore molto basso riscontrato nel campione più profondo lascia tuttavia qualche perplessità sullo stato di integrità del campione.

Per avere maggiori informazioni sulla coesione non drenata di queste unità, che risulta dimensionante per i pali di fondazione, sono state eseguite nella fase integrativa di indagine le prove dilatometriche in foro per evitare di ridurre l'effetto di disturbo provocato dal prelievo di campjoni.

La prova è stata eseguita su tratti di 2-3m durante l'avanzamento del sondaggio PE-S42.

I risultati sono riportati nei grafici seguenti da quali si evidenziano valori di coesione non drenata nel campo 150-200 kPa fino a 48m di profondità (che corrisponde con buona approssimazione all'unità MDLc) con una tendenza alla diminuzione dei valori con la profondità. I valori aumentano tra 150 e 220 kPa a profondità maggiori (unità MDLb).

I valori del modulo non confinato rientrano nel campo 20-30 MPa nell'unità MDLc (anche in questo caso con una diminuzione con la profondità) e nel campo 30-60 MPa (aumento con la profondità) nell'unità MDLb.

Su queste basi è stata proposta la caratterizzazione geotecnicaseguente.







ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

LOTTO 01 E ZZ

COMMESSA

IF1N

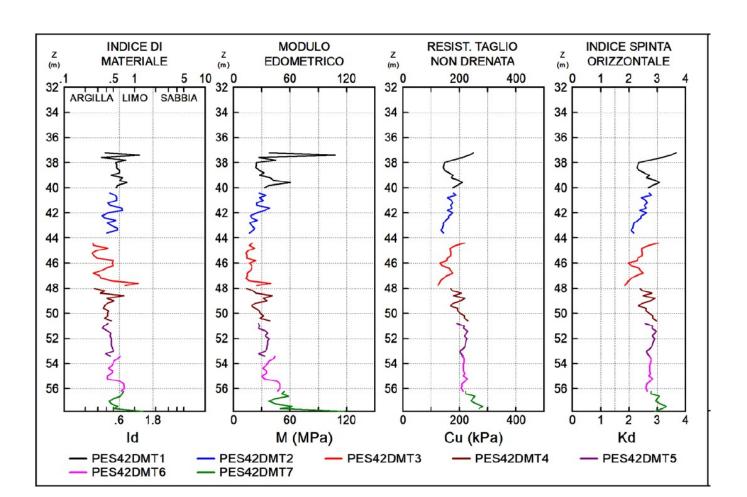
CODIFICA

DOCUMENTO GE0005 001

REV.

FOGLIO 149 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO



Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4	Strato 5	Strato 6
Parametri	CCU/TGCsI	TGCI	TGCs	MDLc	MDLb	CAL
γ_t (kN/m ³)	16	13.0 ÷ 14.0	15.0 ÷ 16.0	16.0 ÷ 18.0	16.0 ÷ 18.0	22.0 – 23.0
GSI (-)	-	35	-	-	-	20
σ _c (MPa)	-	2	-	-	-	50
φ' (°)	26	35	33÷34°	28÷30°	25÷28°	38
c' (kPa)	0	20	0	0÷10	0÷10	50
c _u (kPa)	-	-	-	150	200	-
E _{op} (MPa)	10÷20	200	30÷50	30	40	300
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁷	1 x 10 ⁻⁷	1 x 10 ⁻⁴



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 150 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

8.3.8 Tratto a raso – da km 8+210 a km 8+490 (circa)

Per questo tratto, dove peraltro si presentano problematiche progettuali di scarso rilievo tecnico, si può adottare lo stesso schema descritto per il rilevato di approccio alla spalla B del Viadotto Valle Maddaloni.

8.3.9 Viadotto Rio Secco (VI-05), rilevati e struttura su pali di approccio al viadotto - da km 8+490 (circa) a km 9+180 (circa)

Vista la complessità delle condizioni geologiche e geotecniche, la zona del Rio Secco merita una trattazione particolare che supera, in parte, la trattazione delle unità geotecniche con i criteri formazionali finora utilizzati.

In questa zona sono state eseguite numerose indagini che, sia pur fornendo utili dati per la modellazione del sottosuolo, hanno comunque lasciato alcune incertezze. Si tratta di incertezze legate alla complessità delle condizioni geologiche che saranno descritte nel seguito.

Le indagini eseguite in questa area sono:

- 1) sondaggi S1-M-2015 e S1-2016 della fase di PD (il sondaggio P13 è fuori asse in condizioni geologiche diverse dalla zona di fondovalle);
- 2) prova penetrometrica statica CPT1 del PD;
- 3) sondaggi PE-S19, 20 e 38 del PE;
- 4) prove penetrometriche PE-PC da 19 a 27 del PE (queste prove sono state eseguite sia con metodo statico CPT che con dinamico superpesante DPSH);
- 5) prove dilatometriche continue PE-DTM01-02-03 del PE.

Come si evidenzia dal profilo geologico e dal profilo geotecnico, le condizioni di sottosuolo ricostruibili dai risultati di queste indagini risultano alquanto complesse.

Sulle scarpate dell'incisione del Rio Secco affiora un tufo litoide di colore marrone-avana (affioramenti rilevati direttamente sul fondo dell'incisione). Tale situazione non era considerata negli studi del PD che individuavano per questa zona la presenza di depositi alluvionali. Il tufo qui affiorante è assimilabile, ma non del tutto uguale al tufo campano in facies litoide (TGCI) presente nelle aree circostanti. È possibile che, pur corrispondendo in termini di quote, questo tufo sia relativo ad una diversa colata piroclastica (o ad una facies distale della stessa colata). Dal punto di vista tecnico questa distinzione geologica non ha tuttavia influenze.

Il tufo litoide è stato attraversato dal sondaggio S1/2016 fino poco al di sotto dell'incisione torrentizia. Negli altri sondaggi e nelle prove penetrometriche eseguite per il PE questo tufo non è stato incontrato o

Ghella



resistenza in corrispondenza di questo livello tufaceo.

ITINERA

ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA IF1N

CODIFICA RB

LOTTO

01 E ZZ

DOCUMENTO GE0005 001

REV. **FOGLIO** В

151 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

ha caratteristiche scoriacee e tenere che fanno sì che la perforazione del sondaggio ne provochi facilmente la disgregazione. In effetti i sondaggi vicini hanno individuato la presenza di materiale piroclastico disgregato (con pezzetti di tufo frammisto al materiale piroclastico sciolto, perché evidentemente disgregato dalla perforazione); alcune prove penetrometriche indicano aumenti di

Si conferma tuttavia che si tratta di una colata piroclastica di larghezza ristretta perché ad una certa distanza dall'incisione essa non è più stata accertata dai sondaggi. L'eterogeneità e la riduzione di spessore della colata piroclastica nelle vicinanze dei versanti calcarei è già stata verificata in altri siti.

Lateralmente e al di sopra del tufo litoide sono presenti materiali piroclastici, rimaneggiati e alterati nella parte più superficiale. Si tratta di piroclastiti a grana sabbioso-limosa e limo-sabbiosa interessati da intensi processi di alterazione e argillificazione (almeno nei primi metri). Più in profondità le piroclastiti (per posizione) possono essere associate al Tufo Grigio Campano in facies sciolta (TGCs), ma con valori di resistenza molto più bassi rispetto alle altre zone. Questo è evidenziato dai bassi valori di N_{SPT} (quasi sempre inferiori a 10) e di resistenza penetrometrica (statica e dinamica). Sono quindi stati attribuiti alla facies limosa TGCsl. Questa circostanza è illustrata dall'andamento delle prove SPT, DPSH e CPT nell'ambito interessato, riportate nel profilo geotecnico

La particolarità di queste piroclastiti è la presenza di detrito calcareo, anche a grossi blocchi, rinvenuto in grossi accumuli o lenti localizzate a varia profondità (vedi sondaggio PE-S19 da 28.50 e 31.70, PE-S20 da 15.0 a 22.0, S1-2016 da 17.40 a 21.70); la presenza di questi accumuli detritici è probabilmente segnalata anche dal rifiuto di alcune prove penetrometriche.

Si può ipotizzare che si tratti di antiche colate detritiche ("debris flow") provenienti dal versante calcareo lungo l'incisione del Rio Secco che era presente anche all'epoca degli eventi vulcanici; si tratterebbe quindi di colate detritiche coeve alla formazione delle piroclastiti.

Le piroclastiti a grana sabbioso-limosa si rinvengono fino a profondità dell'ordine di 25m dal p.c..

Al di sotto sono stati attraversati i materiali piroclastici a grana fine, limo-argillosa (cineriti), epivulcaniti e depositi lacustri dell'Unità di Maddaloni. Si può riconoscere una porzione superiore in cui prevalgono i materiali di natura vulcanica, sia pur rimaneggiati e/o depositati in acqua (cineriti), da una porzione più profonda in cui prevalgono i terreni a grana fine, con contenuto organico, ma che contengono (in forma sparsa) sempre un discreto contenuto di elementi vulcanici rimaneggiati. Al di là di questa distinzione deposizionale, si tratta di materiali sempre dal comportamento schiettamente coesivo.



Questi materiali sono stati attraversati fino alla massima profondità di indagine (70m nel PE-S38). Si esclude quindi che, fino a questa profondità, sia presente il substrato geologico, indicato invece nel PD a minore profondità e qui rappresentato dalle Argille Varicolori.

Questa circostanza è confermata dai grafici seguenti che mostrano l'andamento della granulometria dei campioni prelevati in questa zona. Si evidenzia la presenza di terreni essenzialmente granulari (sabbie limose e limi sabbiosi) fino a circa 25-30 m e poi materiali coesivi (la componente sabbiosa è sempre inferiore al 20%). Analoghe considerazioni possono ricavarsi dall'andamento in profondità di peso di volume e contenuto d'acqua.

Anche le prove SPT danno indicazioni analoghe: valori relativamente più elevati e dispersi nei primi 30m (legati alla granulometria sabbioso-limosa e alla presenza di strati cementati e tufacei) e valori più bassi nei sottostanti strati coesivi.

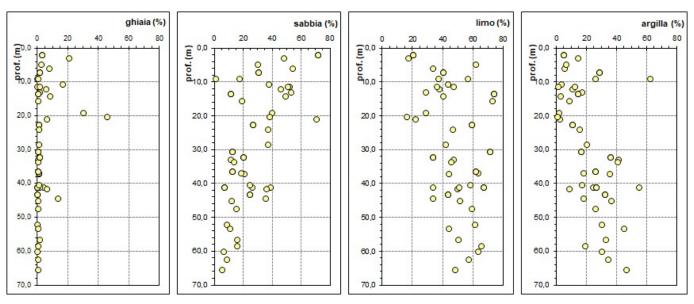


Fig. 59: Granulometria dei terreni nella zona del Rio Secco





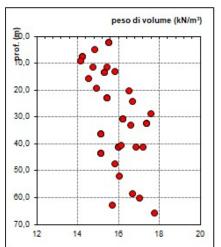
ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 153 di 196



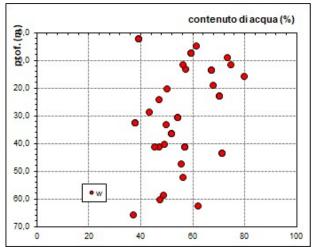
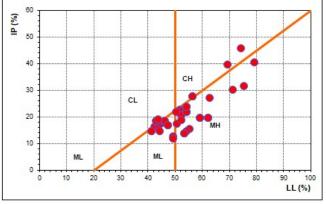


Fig. 60: Peso di volume e contenuto d'acqua dei terreni nella zona del Rio Secco



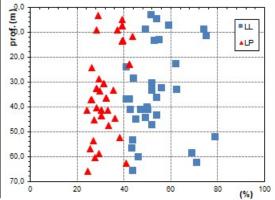


Fig. 61: Plasticità dei terreni nella zona del Rio Secco

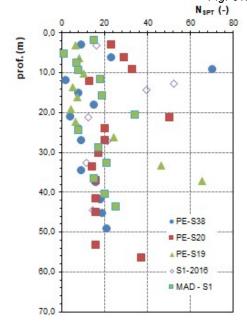




Fig. 62: Prove SPT nella zona del Rio Secco

Una indicazione importante che si ricava da questi grafici è che i valori di resistenza penetrometrica per i terreni piroclastici sono decisamente più bassi di quelli che mediamente si riscontrano in zone vicine (anche da questa considerazione deriva l'attribuzione alla sub-unità TGCsI).

Per le prove SPT, escludendo alcuni picchi di resistenza nei primi 10m (attribuibili a strati tufacei e cementati), i valori di N_{SPT} si mantengono sempre al di sotto di 20, con valori più frequenti tra 10 e 15, ma con molti valori anche inferiori a 10.

Con le correlazioni prima descritte si ricavano valori di angolo di attrito tra 27 e 30° per valori di N_{SPT} tra 10 e 15. Considerando alcuni valori frequenti di N_{SPT} tra 5 e 10 (valore medio 8) si ottengono valori dell'angolo di attrito di 26°.

Considerazioni analoghe si ricavano dai grafici delle prove penetrometriche continue (considerate globalmente per la zona del Rio Secco).

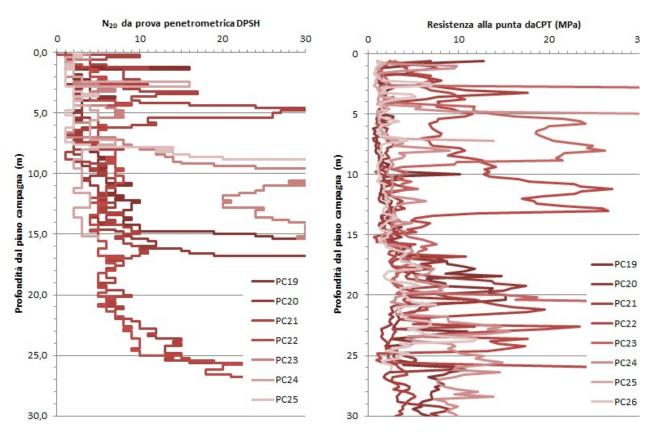


Fig. 63: Prove penetrometriche nella zona del Rio Secco





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA IF1N	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO GE0005 001	REV.	FOGLIO
IL IN	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	155 di 196

Si ricavano valori di N_{20} molto frequenti nel range 3-8 che corrispondono ai valori di N_{SPT} = 6-16 (considerando un rapporto N_{SPT} / N_{20} pari a 2 come indicato nel capitolo precedente).

Le resistenze alla punta CPT sono nel campo 1-2 MPa nei primi 20m, per aumentare in profondità ma con una notevole dispersione. Alcune verticali continuano a misurare resistenze alla punta molto bassa fino a 30m. Si rimanda al profilo geotecnico per la distribuzione delle resistenze lungo il tracciato.

Da questo profilo si evidenzia che le prove penetrometriche con i valori più bassi fino a 30 m dal p.c. sono concentrate nella zona dei rilevati di approccio lato Maddaloni, mentre nella zona centrale della valle e sui rilevati di approccio lato Benevento si evidenziano numerosi picchi di resistenza e rifiuti legati alla presenza di strati tufacei e forse anche alle masse detritiche inglobate nelle piroclastiti.

Una verticale con resistenze molto basse fino a 25m è stata tuttavia misurata anche sui rilevati di approccio lato Benevento (prova PE-PC26).

Nel grafico seguente si riportano, in funzione della profondità, i valori di coesione non drenata per i terreni coesivi (ricavati da prove triassiali UU¹¹) e i valori delle resistenze a compressione ad espansione laterale libera ELL ricavati su terreni piroclastici.¹²

L'aumento di resistenza a profondità maggiori di 25m è verosimilmente da legare all'attrito sulle aste poiché l'attrezzatura utilizzata non è dotata di rivestimento. Questo è confermato dalle prove CPT eseguite sulla stessa verticale che hanno raggiunto i 30m senza sostanziali aumenti di resistenza alla punta.

¹¹ Per le prove UU del PD non si è a disposizione dei certificati delle prove, ma solo di una tabella riassuntiva. In questo caso sono stati riportati i 3 valori di c_u indicati in questa tabella per ognuno dei tre provini (in alcuni casi anche molto diversi tra loro). Non avendo a disposizione i certificati non si può valutare l'affidabilità di questi valori.

 $^{^{12}}$ Nella Relazione geotecnica del PD le prove ELL sono state utilizzate per ricavare i corrispondenti valori di coesione non drenata ($c_u = \sigma_r/2$), ma in effetti tale relazione è applicabile solo per terreni argillosi e saturi; nel caso in esame nessuna delle due condizioni è applicabile nei primi 20m. Si è preferito quindi prendere a riferimento il valore di resistenza a rottura uniassiale. Questo risulta molto basso se riferito a terreni parzialmente cementati.



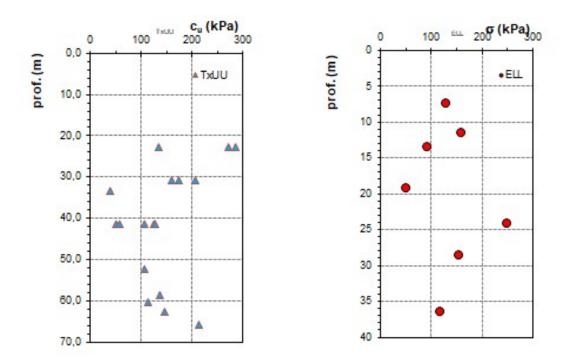


Fig. 64: Prove triassiali UU ed ELL nella zona del Rio Secco

Da questi grafici si ricavano valori di coesione non drenata molto dispersi nelle cineriti (tra 20 e 40m circa). Escludendo i valori più elevati attribuibili ancora alle piroclastiti superiori o a livelli cementati, a partire da 30 m si ricava una drastica riduzione della coesione non drenata, con valori anche inferiori a 100 kPa. Valori bassi si ricavano anche dalle prove ELL su terreni coesivi tra 25 e 40m. Analoghe considerazioni possono trarsi dalle resistenze penetrometriche CPT tra 20 e 30m che spesso non superano valori di 1-2 MPa.

Un valore di coesione non drenata di 80-100 kPa può ritenersi rappresentativo per questi terreni.

Nei terreni più schiettamente argillosi lacustri al di sotto dei 50m la coesione non drenata aumenta progressivamente da 100 a 200 kPa.

Ulteriori dati si ricavano dai profili dilatometrici eseguiti nella zona del Rio Secco (DTM 1 e 2 in sponda destra – rilevati di approccio lato Maddaloni, DTM3 in sponda sinistra – rilevati di approccio lato Benevento).



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 157 di 196

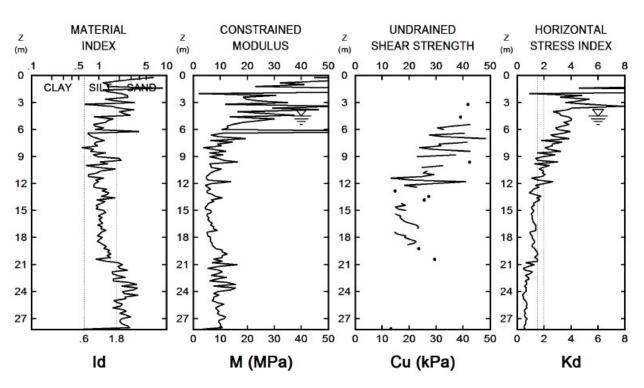


Fig. 65: Prova dilatometrica PE-DTM1

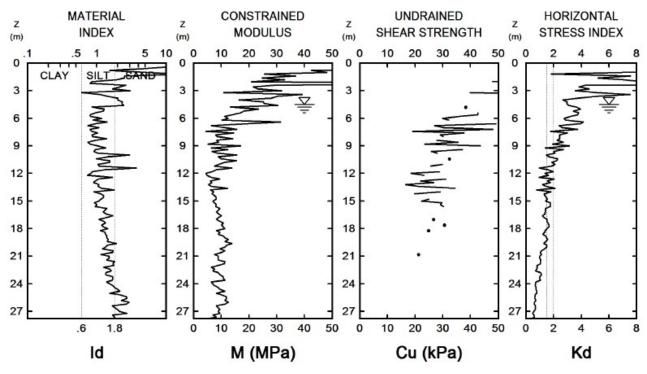


Fig. 66: Prova dilatometrica PE-DTM2



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	158 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

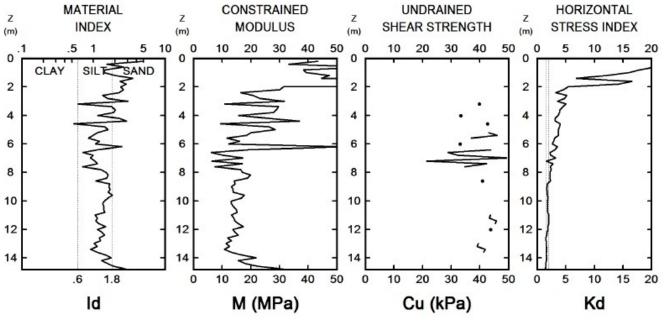


Fig. 67: Prova dilatometrica PE-DTM3

Da questi grafici si evidenzia una tendenza alla diminuzione dei valori di resistenza e deformabilità con la profondità.¹³

La stima del modulo non confinato di circa10 MPa fino a 25-30m sembrerebbe assai gravosa, ma in realtà è compatibile con i valori che si otterrebbero con la relazione [29] applicata ai valori di resistenza alla punta di 1-2 MPa misurati nella stessa zona fino a 25-30m di profondità.

Valori del modulo del tutto analoghi (M tra 8 e 11 MPa) sono stati misurati nelle due prove edometriche eseguite per il progetto esecutivo.¹⁴

Ragionando in termini di moduli di deformazione (di Young) la relazione tra i moduli è la seguente.

$$E_{ed} = (1-v) \cdot E/(1-2v)(1+v)$$

Quindi, con un coefficiente di Poisson v=0.25, si ha la relazione $E_{ed}=1.2$ E.

Tenuto conto dell'approssimazione delle stime dei moduli si preferisce ragionare in termini di similitudine dei due moduli. Nel seguito si fornirà quindi un valore del modulo di deformazione analogo per le condizioni confinate o meno.

¹³ Si considerano in preferenza i valori del modulo non confinato, per i quali la prova dilatometrica è stata studiata in maniera specifica. La stima degli altri parametri è da ritenere meno affidabile considerato che si basa su correlazioni che non sempre si rivelano congruenti.

¹⁴ Non sono disponibili i certificati delle prove edometriche del progetto definitivo.





ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	159 di 196

Dai dati disponibili emerge quindi che i primi strati del sottosuolo, almeno fino a 20-25m, sono a granulometria prevalentemente sabbioso-limosa e limo-sabbiosa (vedi grafico delle granulometrie).

I bassi valori di resistenza penetrometrica sono compatibili con la presenza di materiali piroclastici sciolti e rimaneggiati e/o a struttura "fragile", anche per la presenza di livelli scoriacei e pomicei alterati e saturi. Non si tratta quindi di materiali coesivi, a grana fine, quindi le deformabilità molto elevate di questi terreni possono dare origine a cedimenti anche rilevanti, ma verosimilmente non associabili a fenomeni di consolidazione classici, tipici di materiali argillosi di bassa permeabilità.

Il modello geotecnico proposto nel Progetto Definitivo indicava valori del coefficiente di compressibilità Cc tra 0.48 e 0.55. Si tratta di valori ai quali, applicando la relazione Cc = 1.35 lp, dovrebbero corrispondere terreni con indice di plasticità del 35-40%, valori mai ottenuti e comunque poco compatibili con la granulometria sabbioso-limosa di questi terreni.

In realtà, dalla tabella riepilogativa allegata alla Relazione Geotecnica PD vengono indicati valori di Cc per questa zona compresi tra 0.26 e 0.78 e si confermano che, a parte sparuti casi, la granulometria dei primi 20-25m è a prevalenza sabbiosa.

Tuttavia, poiché non si è a disposizione di tutti i dati di base (certificati di laboratorio) sui quali è stata sviluppata la caratterizzazione geotecnica dei terreni in sede di PD, è da ritenere che vi siano elementi per giustificare i valori di Cc adottati in sede di PD, che quindi sono stati confermati, soprattutto per il dimensionamento degli interventi di consolidamento sotto i rilevati.

Dall'insieme di questi dati, in realtà molto complessi e difficili da interpretare, è stato ricavato un "modello" di sottosuolo semplificato che tende ad omogeneizzare alcune variabilità difficilmente ricostruibili con la frequenza di indagini disponibili. Ad esempio, la corretta e dettagliata ricostruzione degli accumuli detritici all'interno delle piroclastiti richiederebbe una frequenza di sondaggi irrealistica: analoga difficoltà si ha per la ricostruzione dell'effettivo andamento del tufo litoide o semilitoide (in questo caso la ricostruzione è ulteriormente complicata dalla variabilità della cementazione del tufo e dagli effetti di disturbo della perforazione).

Il modello termina a 70m, senza incontrare il substrato geologico (e geotecnico) della zona. Questi substrato (che potrebbe essere costituito dalle formazioni calcaree, è a profondità superiori a 70m.

Per i livelli di falda si fa riferimento ai piezometri PE-S20 e 38 che hanno indicato una quota di falda congruente tra le due misure a circa 88 m s.l.m..

Per la classe di suolo si fa riferimento ai risultati della prova down-hole PE-S19.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	160 di 196

Vista la complessità del sottosuolo (in termini geologici e geotecnici), con l'approccio già commentato il coefficiente ζ è stato assunto pari a 1.55 per il Viadotto Rio Secco, corrispondente a 4 verticali di indagine, cioè quelli che hanno raggiunto le profondità della base dei pali. Per ciò che riguarda invece le strutture di approccio al viadotto, sia lato Cencello che lato Benevento, è stato assunto un valore di ζ pari a 1.7, relativo ad una sola verticale.

Si propone quindi il seguente modello di sottosuolo per l'ampia zona del vallone Rio Secco.

Strato	Prof. da (m da p.c.)	Profond. a (m da p.c.)	Descrizione	Note		
1	0.0	12.0 ÷ 14.0	Piroclastiti superficiali a grana limo- sabbiosa passanti in superficie alla coltre eluvio-colluviale (CCU-TGCsI)			
2	12.0 ÷ 14.0	20.0 ÷ 25.0	Piroclastiti sabbioso-limose e limo sabbiose (TGCs)	Localmente contengono accumuli di detrito calcareo		
2a	3	11	Tufo litoide e semi-litoide (TGCI)	Presente solo a cavallo dell'incisione del Rio		
3	20.0 ÷ 25.0	35.0 ÷ 40.0	Piroclastiti cineritiche ed epivulcaniti limo- argillose sabbiose (MDLc)			
4	35.0 ÷ 40.0	70 m	Epivulcaniti e depositi lacustri limo-argillosi (MDLb)			
Quota de	Quota della falda: 88 m s.l.m.					
CLASSE	CLASSE DI SUOLO: C					

Per le diverse zone del vallone del Rio Secco si stabiliscono i seguenti modelli:

RILEVATI DI ACCESSO LATO MADDALONI

Strato	Prof. da (m da p.c.)	Profond. a (m da p.c.)	Descrizione	Note
1	0.0	13.0	Piroclastiti superficiali a grana limo- sabbiosa passanti in superficie alla coltre eluvio-colluviale (CCU-TGCsI)	
2	13.0	22.0	Piroclastiti sabbioso-limose e limo sabbiose (TGCs)	
3	22.0	40.0	Piroclastiti cineritiche ed epivulcaniti limo- argillose sabbiose (MDLc)	
4	40.0	70 m	Epivulcaniti e depositi lacustri limo-argillosi (MDLb)	
Quota de	∣ ella falda: 88 r	n s.l.m.	(MDLS)	







ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL

VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 161 di 196

VIADOTTO RIO SECCO

Strato	Prof. da (m da p.c.)	Profond. a (m da p.c.)	Descrizione	Note		
1	0.0	14.0	Piroclastiti superficiali a grana limo- sabbiosa passanti in superficie alla coltre eluvio-colluviale (CCU-TGCsI)			
2	14.0	22.0	Piroclastiti sabbioso-limose e limo sabbiose (TGCs)			
2a	3	11	Tufo litoide e semi-litoide (TGCI)	Presente solo a cavallo dell'incisione del Rio		
3	22.0	40.0	Piroclastiti cineritiche ed epivulcaniti limo- argillose sabbiose (MDLc)	Localmente contengono accumuli di detrito calcareo		
4	40.0	70 m	Epivulcaniti e depositi lacustri limo-argillosi (MDLb)			
Quota de	Quota della falda: 88 m s.l.m.					

RILEVATI DI ACCESSO LATO BENEVENTO

Strato	Prof. da (m da p.c.)	Profond. a (m da p.c.)	Descrizione	Note
1	0.0	12.0	Piroclastiti superficiali a grana limo- sabbiosa passanti in superficie alla coltre eluvio-colluviale (CCU-TGCsI)	
2	12.0	23.0	Piroclastiti sabbioso-limose e limo sabbiose (TGCs)	Localmente contengono accumuli di detrito calcareo
3	23.0	40.0	Piroclastiti cineritiche ed epivulcaniti limo- argillose sabbiose (MDLc)	
4	40.0	70 m	Epivulcaniti e depositi lacustri limo-argillosi (MDLb)	
Quota de	ella falda: 88 r	n s.l.m.	•	

Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 2a	Strato 3	Strato 4
Parametri	CCU/TGCsI	TGCs	TGCI	MDLc	MDLb
$\gamma_{\rm t}$ (kN/m ³)	15.0 ÷ 16.0	16.0 ÷ 17.0	12.0 ÷ 14	16.0÷ 17.0	17.0÷18.0
φ' (°)	26-28	30-32	35	28	28
c' (kPa)	0	0	20	10	10
c _u (kPa)	-	-	-	50-100	100-200
E (MPa)	10-20	20-40	200	20-30	30-70
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁷	÷ 1 x 10 ⁻⁶





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	162 di 196
LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	200			

8.3.10 Tratto a raso o debole rilevato - da km 9+180 a km 9+950 (circa)

Per questo tratto si hanno a disposizione i risultati del sondaggio P14 e della penetrometrica PE-PC28. Lo schema di sottosuolo è sostanzialmente simile a quello delle aree precedenti al vallone del Rio Secco. Si individua uno strato di piroclastiti superficiali dello spessore di circa 4-5m, sovrapposto alle piroclastiti sabbioso-limose tipiche del TGCs. Le prove SPT forniscono valori associabili a questa unità $(N_{SPT} > 30)$.

A profondità maggiori di 15 m si attraversa una potente serie di cineriti a grana fine, epivulcaniti e depositi lacustri alternati senza che si possa distinguere facilmente una facies dall'altra. La serie arriva almeno fino a 50 m.

La misura piezometrica sul P14 (relativa alla fase del PD) indica una quota di falda a circa 72 m s.l.m. Non vi sono prove down-hole disponibili ed è stata stimata una classe di suolo C.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione
1	0.0	4÷5	Piroclastiti superficiali e coltre eluvio-colluviale (CCU)
2	4÷5	15	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)
3	15	50	Cineriti, epivulcaniti e depositi lacustri a grana limo-argillosa (MDLb+c)

QUOTA DELLA FALDA: 72 m s.l.m.

CLASSE DI SUOLO: C

Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Parametri	CCU/TGCsI	TGCs	MDLb+c
γ_t (kN/m ³)	16	16.0 ÷ 17.0	16.0 ÷ 17.0
φ' (°)	25÷26	32÷33°	28÷30°
c' (kPa)	0	0	0÷10
c _u (kPa)	-	-	80÷150
E _{op} (MPa)	15÷20	30÷50	20÷30
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁵	$1 \times 10^{-7} \div 1 \times 10^{-6}$





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	163 di 196

8.3.11 VI06 Viadotto San Michele e rilevati di approccio alla spalla A - da km 9+950 (circa) a km 11+737 (circa)

Il Viadotto San Michele ha una lunghezza di 1411m ed è formato da 51 campate da 25 m e 4 campate da 34m. Si tratta quindi di un lungo viadotto che interessa condizioni di sottosuolo variabili.

Nelle grandi linee, dal punto di vista geologico-tecnico, il viadotto può suddividersi un due sub-tratte:

- ✓ dalla spalla A alla pila 25 il sottosuolo è costituito da una potente copertura vulcanica, epivulcanica e lacustre sovrapposto al substrato calcareo individuato a profondità tra i 40 e i 50 m dal p.c.;
- ✓ dalla pila 25 alla spalla B la stessa (o analoga copertura) è sovrapposta ad un deposito prevalentemente ghiaioso, attribuito ad una formazione fluvio-lacustre antica (precedente alla fase lacustre-vulcanica), verosimilmente sovrapposta al substrato calcareo che in questo tratto però non è stato intercettato almeno fino alla massima profondità di indagine di 60 m.

Non avendo intercettato il contatto tra ghiaie e calcari il passaggio tra i due modelli è solo ipotizzato sulla base di sondaggi relativamente vicini tra loro.

All'interno delle due tratte vi sono poi condizioni particolari quali l'attraversamento dell'area di fondovalle del Torrente Capitone (tra le pile 34 e 39) e due aree di ex cava abbandonate e parzialmente riempite tra le pile 14 e 18 e tra le pile 42 e 45 (su questa è stato accertato il parziale riempimento con rifiuti).

Lo schema stratigrafico illustrato nel profilo geotecnico viene quindi riassunto in alcuni schemi semplificativi rimandando al profilo geotecnico per la lettura di dettaglio dell'andamento delle varie unità geotecniche nel sottosuolo.

In linea generale, tenuto conto che sull'intero viadotto di oltre 1400 m di lunghezza si hanno a disposizione 10 sondaggi (tenendo conto anche i sondaggi relativamente vicini alle spalle e altri fuori asse), quindi un sondaggio ogni 150m circa, il coefficiente ζ dovrà necessariamente essere preso pari al valore di 1.7. Nella scelta di questo coefficiente si deve tenere conto della variabilità dell'andamento del tetto della formazione calcarea e di quella ghiaiosa, dell'incertezza del contatto tra calcari e ghiaie e delle varie condizioni geologiche (aree di fondovalle, ex-cave) che si incontrano lungo il tracciato.

Per la ricostruzione dell'andamento del tetto del calcare si è cercato di utilizzare i risultati dell'indagini sismica a rifrazione che ha fornito indicazioni utili dal punto di vista qualitativo, ma non con il dettaglio tale da consentire una applicazione diretta dei risultati nella definizione della profondità del substrato.

Per la ricostruzione della superficie di falda sono stati utilizzati i piezometri PE-S21-23-24-26.

Le prove down-hole nei sondaggi PE-S22-25-27 hanno accertato sempre una classe di suolo B.





RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	164 di 196

Tra la spalla A e la pila 13 il modello di sottosuolo è abbastanza regolare, con 4 unità vulcaniche di spessore variabile sovrapposte al substrato calcareo.

Il piezometro PE-S21 indica una falda a quota 59 circa ma si riferisce ad un periodo estivo. Si considera la possibilità di innalzamento di un metro nei periodi invernali.

VIADOTTO SAN MICHELE: SPALLA A – PILA 13							
Strato	Profondità da (m da p.c.)	Descrizione					
1	0.0	4÷8	Piroclastiti superficiali e coltre eluvio-colluviale (CCU)				
2	4÷8	7÷14	Tufo grigio campano in facies litoide (TGCl)				
3	7÷14	28÷18	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)				
4	28÷18	45÷47	Cineriti, epivulcaniti e depositi lacustri a grana limo-argillosa (MDLb+c)				
5	Calcari (CAL)						
QUOTA	QUOTA DELLA FALDA: 60 m s.l.m.						
CLASS	E DI SUOLO: B						

PLASSE DI SUULU: B

DELLE OPERE ALL'APERTO

Tra le pile 14 e 18 il modello di sottosuolo è sostanzialmente simile al precedente ma si attraversa una area delimitata da fronti tufacei che potrebbero essere i residui di una vecchia cava. Il fondo è attualmente pianeggiante e potrebbe essere stato soggetto a riempimento. Le stratigrafie dei sondaggi indicano tuttavia che il tufo litoide dovrebbe approfondirsi di qualche metro solamente al di sotto della attuale superficie.

Poiché in una adiacente area, di cui si riferirà oltre, sono stati accertati rifiuti a riempimento di una cava abbandonata, non è da escludere che anche in questa zona possano rinvenirsi analoghi materiali. Non è stato possibile eseguire accertamenti.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione
-	0.0	1÷2	Materiali di riporto
3	1÷2	9÷13	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)
4	9÷13	38÷42	Cineriti, epivulcaniti e depositi lacustri a grana limo-argillosa (MDLb+c)
5	38÷42	60	Calcari (Cal)

CLASSE DI SUOLO: B





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	165 di 196

Tra la **pila 19 e la pila 35** il modello di sottosuolo torna ad essere analogo al tratto iniziale del viadotto, ma lo spessore del tufo litoide aumenta progressivamente fino a raggiungere gli spessori maggiori riscontrati in tutto il lotto (13.5 m nel sondaggio PE-S24).

In questo tratto viene inclusa anche la pila 35 che ricade proprio sulla scarpata tufacea che delimita la valle del Torrente Capitone. In corrispondenza di questa pila la copertura piroclastica superficiale è assente (v. profilo geotecnico).

La falda viene considerata alla quota del Torrente Capitone, che costituisce il livello di base.

0.0 4÷5	Profondità a (m da p.c.) 4÷5 (*) 11÷23	Descrizione Piroclastiti superficiali e coltre eluvio-colluviale (CCU) Tufo grigio campano in facies litoide (TGCI)			
4÷5	11÷23	Tufo grigio campano in facies litoide (TGCI)			
	=	. , ,			
11÷23	40.07				
	13÷27	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)			
13÷27	44÷63	Cineriti, epivulcaniti e depositi lacustri a grana limo-argillosa (MDLb+c)			
44÷63	70	Calcari (Cal) (**)			
QUOTA DELLA FALDA: 55 m s.l.m.					
ΞΙ	44÷63	44÷63 70 LLA FALDA: 55 m s.l.m.			

^(*) Da considerare 0 per la pila 35, ubicata sulla scarpata tufacea

(**) Tra le pile 19 e 34 si verifica l'approfondimento del substrato calcareo, verosimilmente coperto da depositi ghiaiosi fluvio-lacustri antichi. In questo tratto l'affidabilità del modello geotecnico diminuisce in quanto vi sono incertezze sia sulla profondità del substrato sia sulla natura del materiale sul quale si dovranno intestare i pali (calcari o ghiaie). Il sondaggio PE-S24 ubicato in questo tratto non ha intercettato il substrato (calcari o ghiaie) fino a 55m.

Le **pile da 36 a 39** ricadono nell'area di fondovalle del Torrente Capitone; il sondaggio PE-S25 ha attraversato uno spessore di circa 9 m di depositi alluvionali sabbioso-limosi poco addensati, per poi attraversare la successione piroclastica e lacustre presente anche nei tratti precedenti (in questo tratto manca il tufo litoide perché eroso dall'incisione valliva).

Il "substrato" è costituito dalle ghiaie della formazione fluvio-lacustre antica (parte basale dell'Unità di Maddaloni) alle quali si intercalano però materiali a grana fine per spessori anche di alcuni metri. La presenza di queste intercalazioni ha portato ad adottare i valori inferiori dell'angolo di attrito stimato per questa unità.





ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	166 di 196

1-a	0.0	7.40 (*)						
2		7÷10 (*)	Depositi alluvionali (al-s)					
3	7÷10	14	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)					
4	14	48 (*)	Cineriti, epivulcaniti e depositi lacustri a grana limo-argillosa (MDLb+c)					
5	48(*)	60 (**)	Ghiaie (MDLa)					
QUOTA DELLA FALDA: 55 m s.l.m.								

Tra la pila 40 e la spalla B si torna al modello analogo al tratto prima dell'attraversamento della Valle del Capitone. Le piroclastiti superficiali di copertura del tufo litoide sono molto esigue o assenti nel primo tratto e poi aumentano progressivamente di spessore.

Tra le pile 43 e 46 si attraversa una zona pianeggiante delimitata da scarpate di tufo di una cava abbandonata. Gli scavi esplorativi eseguiti in questa zona hanno accertato la presenza di rifiuti a parziale colmamento della cava. Questi rifiuti dovranno essere asportati per lo scavo dei plinti e non si è a conoscenza del loro spessore (che potrebbe anche essere molto elevato considerando lo spessore di tufo presente al di sotto della zona riempita).

La falda viene considerata alla quota del Torrente Capitone, che costituisce il livello di base.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione				
1	0.0	9	Piroclastiti superficiali e coltre eluvio-colluviale (CCU) (*)				
2	0÷9	18÷20	Tufo grigio campano in facies litoide (TGCl)				
3	18÷20	26÷35	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)				
4	26÷35	48÷57	Cineriti, epivulcaniti e depositi lacustri a grana limo-argillosa (MDLb+c)				
5	48÷57	76	Ghiaie (MDLa)				
QUOTA DELLA FALDA: 55-48 m s.l.m.							

^(*) Per le pile 44 e 45 si è considerata la presenza di 5 m di riporto (rifiuti) in assenza di piroclastiti; i riporti sono sovrapposti al tufo litoide

^(*) stimato da un solo sondaggio

^(**) possibile il contatto con i calcari a profondità maggiori di 60m.





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	167 di 196

Nella definizione delle caratteristiche del complesso indistinto cineritico-epivulcanico-lacustre dell'Unità di Maddaloni (MDLb+c) si è tenuto conto della forte dispersione della coesione non drenata che, a parte singoli valori di circa 300 kPa, nella grande maggioranza dei casi ricade nel campo tra 50 e 150 kPa, senza una evidente correlazione con la profondità (valore medio 120 kPa, ma con elevata standard deviation).

Il peso di volume è anch'esso molto disperso, ma si apprezza una tendenza alla diminuzione die valori con la profondità (da circa 20 a 17 kN/m³, con valore medio 18.4 kN/m³).

I parametri geotecnici adottati per tutte le unità prima descritte sono i seguenti.

Dovomotri	Strato 1	Strato 1-a	Strato 2	Strato 3	Strato 5	Strato 6	Strato 7
Parametri	CCU/TGCsI	Al-s	TGCI	TGCs	MDLb+c	CAL	MDLa
γ _t (kN/m³)	16	16	13-14	15.0 ÷ 16.0	18.5	22.0 – 23.0	20.0
GSI (-)	-	-	35	-	-	20	-
σ _c (MPa)	-	-	2	-	-	50	-
φ' (°)	26	25÷26	35	33÷34°	25÷28°	38	32-35°
c' (kPa)	0	0	20	0	0÷10	50	0
c _u (kPa)	-	-	-	-	50÷200	-	-
E _{op} (MPa)	10÷20	10÷20	200	30÷50	30-50	300	100
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁷	1 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁻⁴

8.3.12 Rilevato - da km 11+737 a km 12+251

Nelle linee generali il modello è sostanzialmente simile al tratto finale del viadotto San Michele ma con una progressiva diminuzione dello spessore di tufo litoide.

Le piroclastiti superficiali sono state indagate con le prove penetrometriche PE-PC31-32-33-34; queste prove, oltre a delineare il tetto del tufo litoide (a rifiuto) ha individuato uno strato superficiale di piroclastiti (spessore tra 4 e 5m) con valori di resistenza molto bassi; più in profondità i valori aumentano progressivamente fino ad andare a rifiuto sul tufo. Nello schema seguente sono quindi state considerate due sub-unità per le piroclastiti superficiali (CCU).





ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	168 di 196

Al di sotto del tufo la successione piroclastica è costituita quasi esclusivamente dalle piroclastiti sabbioso-limose grigie tipiche del Tufo Grigio Campano in facies sciolta TGCs; le sottostanti cineriti dell'Unità di Maddaloni si assottigliano fino a scomparire.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione					
1-a	0.0	4÷5	Piroclastiti superficiali e coltre eluvio-colluviale (CCU*)					
1	4÷5	9÷10	Piroclastiti superficiali (CCU)					
2	9÷10	14÷20	Tufo grigio campano in facies litoide (TGCl)					
3	14÷20	34÷39	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)					
4	34÷39	43÷48 (*)	Cineriti, epivulcaniti e depositi lacustri a grana limo-argillosa (MDLb+c)					
5	39÷49	60	Ghiaie (MDLa)					
QUOTA DELLA FALDA: 43 m s.l.m.								
CLASS	E DI SLIOI O: B							

CLASSE DI SUOLO: B

(*) Lo strato si assottiglia fino a scomparire

Parametri	Strato 1-a	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 5	Strato 7
Parametri	CCU*	CCU	TGCI	TGCs	MDLb+c	MDLa
γ _t (kN/m ³)	16	16	13	16.0 ÷ 17.0	18.5	18.0 – 19.0
GSI (-)	-	-	35	-	-	-
σ _c (MPa)	-	-	2	-	-	-
φ' (°)	25÷26	25÷26	35	32÷33°	25÷28°	32-35°
c' (kPa)	0	0	20	0	0÷10	0
c _u (kPa)	-	-	-	-	50÷150	-
E _{op} (MPa)	15÷20	15÷20	200	30÷50	30	100
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁵	5 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁷	1 x 10 ⁻⁴



ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	169 di 196
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO

8.3.13 VI03 Viadotto ad archi Cantinella - da km 12+251a km 12+393

Tenuto conto della tipologia di fondazione (diretta) decisa per questa opera, è necessaria una trattazione specifica dello schema geotecnico e dei parametri dei terreni superficiali).

Non avendo eseguito indagini nelle precedenti fasi, per questo sito la campagna di indagini del progetto esecutivo ha previsto (v. planimetria con ubicazione delle indagini):

- ✓ 1 sondaggio a carotaggio continuo (PE-S28) della lunghezza di 40m, con 7 prove SPT, prelievo di un campione indisturbato e 3 spezzoni di carote di tufo litoide;
- ✓ 1 sondaggio a carotaggio continuo (PE-S41) della lunghezza di 20 m con 7 prove SPT, prelievo di 3 campioni indisturbati e 2 prove pressiometriche nel tufo litoide;
- ✓ 4 prove penetrometriche statiche continue (PE-PC35-36-38-39) della lunghezza da 8 a 30m circa, con attrezzatura che consente il cambio della modalità di avanzamento da statica a dinamica;
- ✓ allestimento del foro PE-S24 (40m) per prova down hole;
- ✓ allestimento del foro PE-S41 (20m) con piezometro a tubo aperto.

I sondaggi, nelle grandi linee, hanno confermato la successione stratigrafica delineata nel progetto definitivo, ma con alcune differenze nell'ambito degli strati più superficiali. In particolare entrambi i sondaggi hanno attraversato uno strato superficiale di piroclastiti sciolte, a granulometria variabile da limo-argillosa a limo-sabbiosa e sabbiosa, interessate da un elevato grado di pedogenizzazione e argillificazione almeno fino alla profondità di 5m. Lo spessore di queste piroclastiti varia da 8m nel sondaggio PE-S28 a 9.8m nel sondaggio PE-S41.

Tale strato è stato attraversato anche dalle prove penetrometriche che hanno accertato spessori variabili tra 8 e 9m prima di incontrare il tufo litoide (una delle prove penetrometriche ha attraversato con metodo dinamico il tifo litoide e poi è proseguita con metodo statico nelle piroclastiti sottostanti fino a 30m).

Al di sotto è presente uno strato di tufo litoide (Tufo Grigio Campano in facies litoide) di spessore variabile da 3.1m (PE-S28) a 4.2m. Questo tufo presenta sempre uno strato di alterazione superficiale ("cappellaccio"), di circa un metro di spessore, nel quale il materiale si presenta friabile e disgregato.

Al di sotto del tufo litoide i sondaggi hanno attraversato una potente successione di piroclastiti a grana sabbioso-limosa, di colore grigio, attribuibile al classico Tufo Grigio Campano in "facies sciolta". Nel sondaggio più profondo PE-S28 le piroclastiti grigie sono state attraversate fino a 36.5m e appoggiano su uno strato di sabbie e ghiaie (calcaree) alluvionali, appartenenti alla formazione fluvio-lacustre precedente alla fase vulcanica.



ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. **FOGLIO** IF1N 01 E ZZ RB GE0005 001 В 170 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA **DELLE OPERE ALL'APERTO**

Si delinea quindi uno schema geotecnico a 4 strati:

0÷7-10 m Piroclastiti superficiali (CCU) 7-10÷11-14 m Tufo giallo litoide (TGCI)

11-14÷36.5m Tufo grigio campano in "facies sciolta" (TGCs)

>36.5m Sabbie e ghiaie alluvionali (MDLa)

La profondità della falda è stata misurata nel piezometro PE-S41 a circa 15m dal p.c..

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni piroclastici superficiali si hanno a disposizione i risultati delle prove geotecniche su 3 campioni indisturbati e su uno disturbato (da SPT), i cui risultati sono riportati nella tabella seguente, e i dati delle prove penetrometriche statiche continue.

Sond.	Prof.	γ	W	LL	LP	IP	G (%)	S (%)	L (%)	Α	c'	φ (°)	Cu	М
Camp.	(m)	(kN/m^3)	(%)	(%)	(%)	(%)				(%)	(kPa)		(kPa)	(MPa)
PE-S41	1.60	12.91	101				5.6	28.0	57.6	8.8			55.1	2.7
CI1	2.10													
PE-S41	4.20	16.38	41				6.6	39.9	30.3	23.2			79.6	6.5
CI2	4.70													
PE-S41	6.20	14.55	16				22.7	69.0	8	.3	0	38.1		
CI3	6.70													
PE-S41	5.00	16.38	41	37.7	21.3	16.3	1.3	60.0	28.1	10.7				
SPT1	5.45													

γ: peso di volume

w: contenuto naturale d'acqua

LL: limite liquido LP: limite plastico

IP: indice di plasticità

G: frazione ghiaiosa

S: frazione sabbiosa

L: frazione limosa

A: frazione argillosa

c': coesione drenata

φ: angolo di attrito

cu: coesione non drenata

M: modulo edometrico

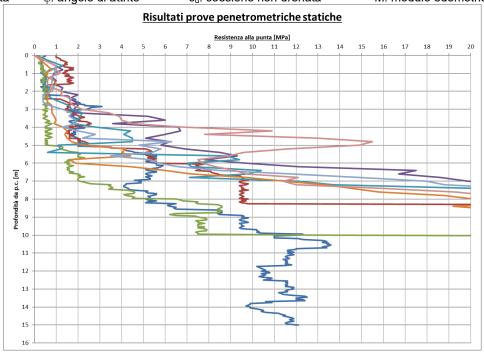


Fig. 68. Risultati delle prove penetrometriche statiche continue

Ghella



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 171 di 196

Dai risultati delle prove di laboratorio, associati alla descrizione stratigrafica dei sondaggi e alle diagrafie delle prove penetrometriche, si delinea la presenza, nell'ambito dello strato di piroclastiti superficiali, di una prima porzione superficiale a granulometria limo-argillosa-sabbiosa, con un mediocre stato di addensamento, e uno strato più profondo, di passaggio al sottostante tufo litoide, in cui la granulometria diventa più sabbiosa e lo stato di addensamento progressivamente maggiore. Questa suddivisione è evidente dal profilo geotecnico. Le prove SPT confermano la suddetta distinzione con valori di N_{SPT} molto bassi nel primo strato limo-argilloso (N_{SPT} pari a 2 e 9) e progressivamente maggiori nello strato piroclastico sabbioso più profondo (N_{SPT} pari a 14, 18 e 25).

ITINERA

In questi terreni il peso di volume è risultato molto basso (tra 13 e 16.5 kN/m³ circa) con valori tipici di materiali piroclastici molto porosi (quindi a struttura fragile e soggetta a "schiacciamento).

Caratteristiche di resistenza

La coesione non drenata nelle piroclastiti limo-argillose è risultata, dalle prove di laboratorio, mediamente bassa (circa 50 e 80 kPa).

Ulteriori dati possono essere ricavati dalle prove penetrometriche statiche che hanno evidenziato valori di resistenza alla punta molto bassi, generalmente nel campo tra 1 e 2 MPa negli strati superficiali limo-argillosi (ma anche con tratti inferiori a 1 MPa) e gradualmente crescenti con la profondità. Nella figura 3 sono riportati i grafici di tutte le prove eseguite. Per avere maggiore contezza degli effettivi valori riscontrati, per questa zona le prove sono state ripetute anche con una diversa macchina; i grafici riportano quindi l'insieme delle prove.

Dai valori di resistenza penetrometrica si possono ricavare, tramite opportune correlazioni, alcuni parametri geotecnici (in particolare coesione non drenata e modulo di deformabilità confinato). I risultati di queste correlazioni sono riportati nei grafici seguenti (evidenziati per gli strati più soffici fino a 5-6 m dal p.c).

Dalla relazione [28] riportata in precedenza risultano valori di coesione non drenata molto variabili in relazione alla variabilità della resistenza alla punta nell'ambito della stessa verticale, ma anche delle diverse verticali di indagine. In ogni caso i valori più frequenti ricadono nel campo tra 50 e 80 MPa, analogo quindi a quello misurato con le prove di laboratorio. Le penetrometriche individuano però valori anche molto inferiori a 50 kPa (tra 20 e 30 kPa) che devono essere tenute in considerazione nel modello generale che superi la puntualità delle due prove di laboratorio eseguite.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL
COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	172 di 196

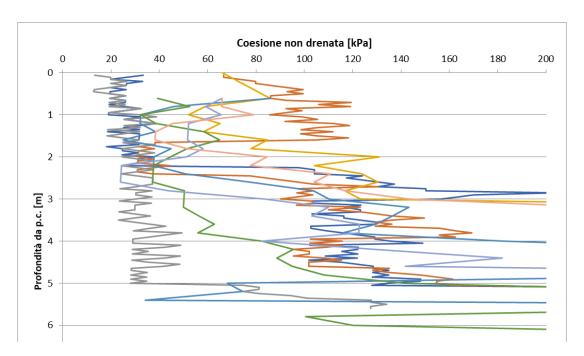


Fig. 69 Valori di coesione non drenata ricavati delle prove penetrometriche statiche continue

In tensioni efficaci, considerando la correlazione tra N_{SPT} e angolo di attrito [5], con un valore rappresentativo di N_{SPT} pari a 9, si ottiene un valore di angolo di attrito di circa 26°, da considerare rappresentativo per materiali di siffatta natura.

Nelle piroclastiti sabbiose sottostanti la prova di taglio diretto ha fornito un valore di angolo di attrito elevato (ϕ =38°), congruente con i valori di angolo di attrito ricavabili dalla stessa correlazione citata con le prove SPT (assumendo il più elevato dei valori misurati).

Valori inferiori (tra 30 e 35°) si ricavano con gli altri valori di N_{SPT} misurati e possono considerarsi rappresentativi di materiali a granulometria meno grossolana nell'ambito dello stesso strato.

Caratteristiche di deformabilità

Le prove edometriche hanno fornito valori del modulo M di 2.7 e 6.5 MPa. Dalla relazione [23] di Sanglerat (con valori di α = 3) si avrebbe, con un range di valori di resistenza alla punta Qc 1÷2 MPa, un campo di valori del modulo M tra 3 e 6 MPa, quindi in linea con i risultati delle prove di laboratorio.

Nel grafico seguente si riportano i valori di M ricavati con la suddetta correlazione utilizzando tutte le verticali di indagine. Da questo grafico si evidenziano valori del modulo confinato molto bassi (fino a 1 MPa) nei primi 2m di profondità e quindi valori più elevati (spesso nel campo M = 3÷6 MPa) fino a 5-6m, dove sono presente le piroclastiti sabbiose.



RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E
VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL
COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 173 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

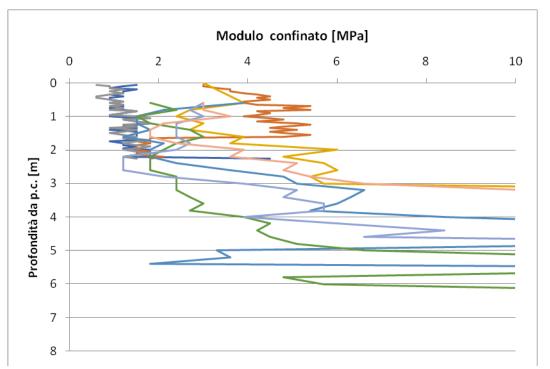


Fig. 70. Valori del modulo confinato ricavati delle prove penetrometriche statiche continue

Il valore del modulo E operativo ricavo dalla prova down-hole PE-S28 (vedi tabella riportata nel paragrafo relativo all'unità CCU) risulta pari a 4 MPa, quindi in linea con i valori ricavati con altri metodi.

Per le piroclastiti sabbiose una stima del modulo di deformabilità si può ricavare dalle correlazioni con le prove SPT [19] e [22] commentate in precedenza.

Da queste correlazioni, considerando un campo rappresentativo di N_{SPT} tra 15 e 25, risulta un campo di valori del modulo di elasticità E tra 30 e 35 MPa.

Per il **tufo litoide** (**TGCI**) si hanno a disposizione le prove di laboratorio su tre carote: si sono ottenuti valori del peso di volume molto basso (11.75, 11.8 e 12.2 kN/m³) tipici di tufi vulcanici molto vacuolari.

Il valore della resistenza a compressione è risultato 2.97, 3.41 e 3.54 MPa, in linea con i dati di letteratura.

I valori del modulo secante e tangente sulle carote sono risultati simili (come avviene su rocce fragili) e nel campo tra 2.19 e 2.87 GPa.

Le prove pressiometriche indicano valori del modulo di 106-113 MPa.



Per i terreni **piroclastici sabbiosi dell'unità TGCs** i dati di indagini sono congruenti con i valori ottenuti per questa unità tipica nelle altre zone indagate.

Nella tabella seguente si riassumono i risultati delle prove di laboratorio

Sond.	Prof. (m)	γ	W	LL	LP	ΙP	G	S (%)	L (%)	Α	c'	φ (°)
Camp.		(kN/m ³)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)			(%)	(kPa)	
PE-S28 CI1	14.00-14.50	16.41	38.6	nd	nd	np	12.0	57.2	27.9	2.8	31	38
PE-S28 SPT2	11.50-11.95			nd	nd	np	15.2	56.6	28	3.1		
PE-S41 SPT4	17.50-17.95			nd	nd	np	9.5	55.1	31.1	4.2		

N.B. Stesso significato dei simboli della tabella precedente

Considerata la natura prevalentemente incoerente di questi terreni, una stima dei parametri geotecnici può essere ricavata dalle prove SPT. Queste hanno fornito valori variabili tra 20 e 46 con una chiara tendenza all'aumento dei valori con la profondità (vedi grafico successivo). I valori nell'ambito di profondità di maggiore interesse variano comunque tra 20 e 30.

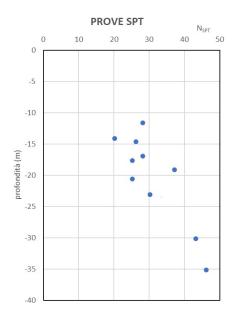


Fig. 71. Risultati delle prove SPT nel tufo grigio campano in facies sciolta (zona Viadotto Cantinelle)

Utilizzando le correlazioni prima citate si otterrebbe un valore di angolo di attrito tra 32° e 36° e un valore del modulo E tra 30 e 50 MPa.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	175 di 196

Dall'insieme dei dati prima commentati, le varie unità geotecniche possono essere caratterizzate dal seguente campo di valori.

	Strato 1a	Strato 1b	Strato 2	Strato 3	Strato 4
Parametri	Piroclastiti limo-argillose CCU*	Piroclastiti sabbiose CCU	Tufo litoide TGCI	Tufo grigio sciolto TGCs	Sabbie e ghiaie MDLa
γ _t (kN/m³)	16.0	15.0	12.0	16.0 – 17.0	19.0
GSI	-	-	35	-	-
σ _c (MPa)	-	-	3	-	-
m _i (-)	-	-	13	-	-
φ' (°)	26	30-35	35	32 - 35	35
c' (kPa)	0	0	20	0	0
c _u (kPa)	30 – 80	-	-	-	-
E' (MPa)		30-35	1000	30-50	50-100
M (MPa)	2-6	-	-	-	-

8.3.14 Rilevato - da km 12+393 a km 12+564

Il modello geotecnico è sostanzialmente analogo al viadotto Cantinella. Non essendo state eseguite indagini per questo tratto si assume lo stesso modello precedente.

8.3.15 VI07 Viadotto Isclero - da km 12+564 a km 12+820

Per la ricostruzione del modello geotecnico sono stati considerati i sondaggi S3/2016, PE-S29-35-30 in asse al viadotto e i sondaggi P19 e S4/2016 furi asse. Sono disponibili tre piezometri (S3/2016, PE-S35-30) e gli altri tre fori sono stati allestiti per prova down-hole.

Sulle scarpate della valle sono affioranti i tufi litoidi, mentre nell'area di fondovalle sono presenti depositi alluvionali. Si delineano quindi tre diversi modelli geotecnici, uno per ognuna delle spalle e un modello geotecnico per l'area di fondovalle.

Il sottosuolo profondo presenta una notevole variabilità poiché nella zona della spalla A il sondaggio S3/2016 si è intestato in un potente pacco di depositi ghiaiosi (depositi fluvio-lacustri antichi presenti anche nei tratti precedenti), mentre nell'area di fondovalle e sulla spalla B i sondaggi sono arrivati nelle





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	176 di 196

Argille Varicolori. Queste presentano uno speso strato di materiali argillosi di colore avana-grigiastro, poco scagliosi, che sono stati interpretati come la porzione alterata della formazione.

Nel sottosuolo della sponda sinistra, tra la pila 1 e 3 i pali dovrebbero quindi intercettare il passaggio tra le ghiaie e le sottostanti argille varicolori.

Alla luce del suddetto modello di sottosuolo, alquanto variabile e non ricostruito in maniera precisa, il coefficiente ζ viene assunto pari a 1.7.

I piezometri disponibili indicano il livello di falda corrispondente a quello del fiume.

Tutte le prove down-hole hanno fornito una classe di suolo C.

	VIADOTTO ISCLERO: SPALLA A					
Strato	Profondità da (m da p.c.) Profondità a (m da p.c.)		Descrizione			
1	0	6	Piroclastiti superficiali e depositi eluvio-colluviali (CCU)			
2	6	11.5	Tufo grigio campano in facies litoide (TGCI)			
3	11.5	35.5	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)			
4	35.5	50	Ghiaie (MDLa)			
QUOTA DELLA FALDA: 44 m s.l.m.						
CLASS	E DI SUOLO: C					

	VIADOTTO ISCLERO: PILA 1-PILA 8					
Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione			
1-a	0	16 (*)	Depositi alluvionali (al-s)			
3	0÷16	18÷26	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)			
4/5	18÷26	60	Ghiaie (MDLa) / Argille Varicolori (ALV) (**)			
QUOTA DELLA FALDA: 44 m s.l.m.						
CLASSE DI SUOLO: C						

- (*) Variabile, da nullo al piede delle scarpate, fino al massimo nella zona del corso d'acqua attuale.
- (**) Tra le pile 1 e 3 si dovrebbe intercettare il contatto sepolto tra le ghiaie e la Argille Varicolori

	VIADOTTO ISCLERO: SPALLA B				
Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione		
1	0	7	Piroclastiti superficiali e depositi eluvio-colluviali (CCU)		
2	7	15	Tufo grigio campano in facies litoide (TGCl)		
3	15	27	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)		
5	27	60	Argille Varicolori (AV)		





TINERA

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

FOGLIO

CODIFICA DOCUMENTO COMMESSA LOTTO RFV 177 di 196 IF1N 01 E ZZ RB GE0005 001 В

ITINERARIO NAPOLI - BARI

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA **DELLE OPERE ALL'APERTO**

QUOTA DELLA FALDA: 44 m s.l.m.

CLASSE DI SUOLO: C

Doromotri	Strato 1	Strato 1-a	Strato 2	Strato 3	Strato 4	Strato 5
Parametri -	CCU	Al-s	TGCI	TGCs	MDL-a	ALV
γ _t (kN/m³)	16	16	13	15.0 ÷ 16.0	18.0 – 19.0	20.0 – 21.0
GSI (-)	-	-	35	-	-	-
σ _c (MPa)	-	-	2	-	-	-
φ' (°)	25÷26	25÷26	35	32÷33°	32-35°	28
c' (kPa)	0	0	20	0	0	30
c _u (kPa)	-	-	-	-	-	100-300
E _{op} (MPa)	15÷20	15÷20	200	30÷50	100	30-90
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁻⁷

8.3.16 Tratto a raso/rilevato e cavalcaferrovia IV-04 - da km 12+820 a km 14+778

In questo lungo tratto a raso o debole rilevato si inserisce il cavalcaferrovia IV-04 alla pk 13+285.

Per la ricostruzione del modello geotecnico sono stati considerati i sondaggi P20, P21, P22 e PE-S31 e la prova penetrometrica PE-PC37. I 4 sondaggi sono allestiti a piezometro ma il P21 non più misurabile. Il modello di sottosuolo è sostanzialmente analogo e in continuità con quello della spalla B del viadotto Isclero tranne per l'assenza del tufo liotide. Il tufo grigio sciolto è da attribuire alla sub-facies limsa.

Al di sotto della copertura piroclastica si trova il substrato delle Argille varicolori a profondità che gradualmente diminuisce da 27m nei pressi della spalla B del viadotto Isclero a circa 13m nella zona centrale della tratta per poi riapprofondirsi fino a 29m procedendo verso il torrente San Giorgio.

In corrispondenza del cavalcaferrovia IV-04 il sondaggio PE-S31 ha incontrato il substrato alla profondità di 17m. Tra 22 e 28m il sondaggio ha attraversato un grosso trovante di calcare inglobato nelle argille varicolori. Al di sotto del trovante il carotaggio ha attraversato ancora le argille varicolori fino alla profondità di 58m, dove si incontrano le arenarie.

Essendo disponibile un solo sondaggio in corrispondenza del cavalcaferrovia il coefficiente ζ viene assunto pari a 1.7.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TEL

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	178 di 196

Il piezometro P20 vicino alla sponda dell'Isclero misura una falda prossima a quella del fiume mentre negli altri piezometri la falda risulta molto più superficiale. Il piezometro PE-S31 in corrispondenza del cavalcaferrovia indica la falda a profondità di circa 7m, cioè a quota 46 m s.l.m..

Sulla base delle prove SPT si stima una classe di suolo B.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione	
1	0	6÷8 (6) (*)	Piroclastiti superficiali e depositi eluvio-colluviali (CCU)	
3	6÷8 (6) (*)	13÷27 (18) (*)	Tufo grigio campano in facies sciolta limosa (TGCs)	
4	13÷27 (18) (*)	60	Argille Varicolori (ALV)	
QUOTA DELLA FALDA: 46.5 m s.l.m.				
CLASSE DI SUOLO: B				

(*) Tra parentesi la profondità in corrispondenza del cavalcaferrovia IV-04

Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Parameur	CCU	TGCs	ALV
γ _t (kN/m³)	16	15.0 ÷ 16.0	19.0 – 20.0
GSI (-)	-	-	
σ _c (MPa)	-	-	-
φ' (°)	25÷26	25÷30°	28
c' (kPa)	0	0	30
c _u (kPa)	-	-	200-250
E _{op} (MPa)	E _{op} (MPa) 15÷20		150
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁵	5 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁷

8.3.17 Viadotto San Giorgio - da km 14+778 a km 14+920

Per la ricostruzione del modello geotecnico sono stati considerati i sondaggi S10, S5, S11, PE-S36-32 in asse al viadotto e i sondaggi P23 e P24 fuori asse. Sono disponibili due piezometri (P23, PE-S36) e tre down-hole (P12, P24 e PE-S32).





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	179 di 196

Sulle scarpate della valle sono affioranti i tufi litoidi, mentre nell'area di fondovalle sono presenti depositi alluvionali. Sulla spalla B sono presenti alcune grossa cavità nel tufo che dovrebbero lambire lo scavo per la spalla. In fase esecutiva dovrà essere eseguito un rilievo topografico di dettaglio delle cavità.

Si delineano quindi tre diversi modelli geotecnici, uno per ognuna delle spalle e un modello geotecnico per l'area di fondovalle.

Sulla spalla A il sondaggio P23 (peraltro non in asse) ha attraversato la serie vulcanica (con uno strato di tufo litoide molto potente); lo spesso strato di tufo (20m) è confermato da vecchio sondaggio S10, ubicato in asse al tracciato; la serie vulcanica è sovrapposta ad una successione prevalentemente limo-argilloso-sabbiosa assimilabile all'Unità di Maddaloni (MDLb+c); nell'ultimo tratto del sondaggio sono stati prelevati calcari e arenarie in pezzi e frammenti che potrebbero essere attribuiti alla porzione ghiaiosa dell'Unità di Maddaloni (MDLa), ma che non essendo stata intercettata da altri sondaggi risulta di difficile interpolazione.

Nella zona di fondovalle sono stati incontrati i depositi alluvionali che arrivano fino a circa 15 m di spessore, sovrapposti ai terreni epivulcanici e fluvio-lacustri dell'Unità di Maddaloni (MDLb+c) a loro volta sovrapposti alla formazione sabbioso-argillosa sottostante (Qsa). Questa si sovrappone al substrato arenaceo intercettato nei sondaggi S5/2016, PE-S32 e 36.

Nella spalla B la successione stratigrafica sostanzialmente simile a quella della spalla A, ma lo spessore di tufo litoide è molto ridotto e peraltro molto scoriaceo e poco cementato. Il sondaggio PE-S32 ha raggiunto le arenarie al di sotto della formazione sabbioso-argillosa.

Alla luce della complessità del suddetto modello di sottosuolo il coefficiente ζ viene assunto pari a 1.7 per le spalle e pari a 1.65 nel fondovalle, in quanti due soli sondaggi hanno attraversato l'intera successione stratigrafica fino alla punta dei pali.

I piezometri disponibili indicano un livello di falda corrispondente a quello del fiume.

Tutte le prove down-hole hanno fornito una classe di suolo C.

VIADOTTO SAN GIORGIO: SPALLA A					
Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione		
1	0	4	Piroclastiti superficiali e depositi eluvio-colluviali (CCU)		
2	4	14	Tufo grigio campano in facies litoide (TGCl)		
3	14	29	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)		
4	29	50	Epivulcaniti e depositi lacustri a grana limo-argillosa (MDLb+c)		
QUOTA DELLA FALDA: 44 m s.l.m.					
CLASS	E DI SUOLO: C				





ITINERA

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 180 di 196

	VIADOTTO SAN GIORGIO: PILA 1-PILA 3					
Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione			
1-a	0	10 (*)	Depositi alluvionali (al-s)			
3	0÷10-13	12-15	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)			
4	12-15	32-35	Epivulcaniti e depositi lacustri a grana limo-argillosa (MDLb+c)			
5	32-35	39÷46	Formazione sabbioso-argillosa (Qsa)			
6	36÷52	60	Arenarie (ARC)			
QUOTA DELLA FALDA: 44 m s.l.m.						
CLASS	CLASSE DI SUOLO: C					

(*) Variabile, da nullo al piede delle scarpate, fino al massimo nella zona del corso d'acqua attuale.

VIADOTTO SAN GIORGIO: SPALLA B							
Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione					
0	3	Piroclastiti superficiali e depositi eluvio-colluviali (CCU)					
3	7	Tufo grigio campano in facies litoide (TGCI)					
17	26	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)					
26	42	Epivulcaniti e depositi lacustri a grana limo-argillosa (MDLb+c)					
42	52	Formazione sabbioso-argillosa (Qsa)					
52	60	Arenarie (ARC)					
	(m da p.c.) 0 3 17 26 42	Profondità da (m da p.c.) Profondità a (m da p.c.) 0 3 3 7 17 26 26 42 42 52					

QUOTA DELLA FALDA: 44 m s.l.m.

CLASSE DI SUOLO: C

Parametri	Strato 1	Strato 1-a	Strato 2	Strato 3	Strato 4	Strato 4	Strato 5
	CCU/TGCsI	al	TGCI	TGCs	MDLb+c	Qsa	ARC
γ _t (kN/m ³)	16	16	13	15.0 ÷ 16.0	17.0 ÷ 18.0	19.0 – 20.0	22.0 – 24.0
GSI (-)	-	-	35	-	-	-	35
σ _c (MPa)	-	-	2	-	-	-	10
φ' (°)	25÷26	25÷26	35	32÷33°	28	28÷32°	40
c' (kPa)	0	0	20	0	10	10÷20	50
c _u (kPa)	-	-	-	-	100-150	150÷200	-
E _{op} (MPa)	15÷20	15÷20	200	30÷50	40-80	50÷200	500
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁸	1 x 10 ⁻⁸	1 x 10 ⁻⁷



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

1º LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – EPASSO TE

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

RFV

В

FOGLIO

181 di 196

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO

IF1N 01 E ZZ RB GE0005 001

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

8.3.18 Tratto a raso, Stazione di Dugenta e sottopasso SL-07 - da km 14+920 a fine lotto

In questo tratto la linea si sposta attraverso un tratto a raso fino a congiungersi alla linea esistente, che viene percorsa sulla sede attuale fino alla Stazione di Dugenta.

In questo tratto è previsto il sottopasso di Dugenta da realizzare con trincee su diaframmi, anche coperte da solettone (metodo Milano); il sottopasso della linea ferroviaria avviene per mezzo uno scatolare spinto al di sotto della linea previo sostegno dei binari con metodo Essen.

I sondaggi di riferimento sono il P25 e il PS S34. Entrambi sono attrezzati a piezometro. Poiché il sottopasso prevede importanti scavi sotto falda, questo tratto merita una trattazione specifica con particolare riguardo alle condizioni idrogeologiche.

I risultati dell'indagine integrativa non hanno modificato sostanzialmente i modelli geologici e geotecnici utilizzati nel PD, in termini di stratigrafia e parametri geotecnici.

Alcune differenze sono emerse dalle misure piezometriche i cui risultati sono commentati di seguito.

Nella tabella seguente si riassume la stratigrafia presa come riferimento per la progettazione.

Strato	Prof.da (m da p.c.)	Prof. A (m da p.c.)	Descrizione		
1	0.0	3.0	Limi sabbiosi (riporti e prioclastiti superficiali)		
2	3.0	25.0	Sabbie limose piroclastiche (tufo grigio campano in facies sciolta)		

Nella tabella seguente si riassumono i parametri geotecnici come desunti dalla caratterizzazione geotecnica generale.

Parametri	Strato 1	Strato 2
i arametii	CCU	TGCs
γ_t (kN/m ³)	17	17
φ' (°)	30	32
c' (kPa)	0	0
E _{op} (MPa)	6 – 10 ^(*)	30 - 40 ^(*)
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁵	5 x 10 ⁻⁵

La classe di suolo, stabilita sulla base delle prove SPT è stata assunta pari alla C.

Per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche, la tabella riportata nel documento sul censimento dei punti d'acqua riassume i risultati delle misure piezometriche eseguite nei due piezometri disponibili, il

Ghella



RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	182 di 196

piezometro P25 del progetto definitivo e il piezometro PE-S34 del progetto esecutivo. Per il P25 si hanno a disposizione le misure del periodo compreso tra settembre 2014 e aprile 2015 e poi quelle più recenti della campagna di indagini del PE (marzo-settembre 2018). Per il PE-S34 si dispone delle misure dall'aprile a settembre 2018.

Dai dati finora disponibili emerge che l'andamento dei livelli piezometrici è congruente con i regimi tipici dell'idrogeologia delle falde freatiche superficiali. Si evidenzia, infatti, un minimo piezometrico alla fine dell'estate (quota di falda a 49.72 m s.l.m. nel settembre 2014), una risalita invernale con il picco tra febbraio e marzo (51.75 m s.l.m. nel febbraio 2015) e una tendenza alla discesa nella primavera. Questo trend è confermato dalle misure eseguite recentemente che hanno evidenziato una quota di picco (51.70 m s.l.m. nel marzo 2018) sostanzialmente analogo a quello del febbraio 2015 e un abbassamento a partire da aprile; a giugno 2018 la quota piezometrica ha raggiunto q. di 49.5 nel PE-S34 e 50.5 nel P25; e sonom scese ulteriormente fino a settembre 2018 (q. 49.7 nel P25 e 48.8 nel PE-S34).

Le misure nei due piezometri sono sostanzialmente analoghe (in termini di profondità), ma la quota del PE-S34 è inferiore di 80-100 cm rispetto a quella del P25 (in relazione alla diversa quota del boccaforo). Si può supporre che esista una lieve cadente della falda verso sud e cioè verso la valle del torrente San Giorgio (dal P25 verso il PE-S34).

Pur essendo consapevoli che per una corretta analisi del regime idrogeologico di una falda sarebbero necessarie misure estese su vari cicli stagionali e disponendo di una rete piezometrica sicuramente più fitta di quella considerata, i dati finora acquisiti possono indicare che il picco raggiunto nel marzo 2015 (e poi nel 2018) non costituisca, con molte probabilità, un evento isolato, ma che invece rappresenti un normale trend della falda. Non si può stabilire se questo picco rappresenti il massimo assoluto raggiunto in passato (e raggiungibile in futuro) dalla falda, ma è verosimile che esso sia un valore prossimo al massimo. Sulle quote della falda nel periodo estivo servirebbero misure durante i periodi più siccitosi; questi livelli hanno però influenze relativamente meno importanti sugli aspetti progettuali.

Poiché non è possibile stimare l'esatto periodo delle lavorazioni e considerato che il progetto prevede di mantenere per lunghi periodi gli scavi aperti e sotto falda (per la realizzazione e la spinta del monolite), è lecito assumere che la falda possa raggiungere, durante i lavori, la quota 51.75 m s.l.m nella zona poco a nord del sottopasso. Assumendo la stessa cadente piezometrica verificata durante le ultime letture, si assume come quota di falda di progetto in corrispondenza del sottopasso e delle relative trincee di imbocco (per le analisi in fase di costruzione e poi di esercizio) una quota massima leggermente inferiore, pari a +51.10 m s.l.m..





TINERA

ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA IF1N

LOTTO CODIFICA 01 E ZZ RB

DOCUMENTO GE0005 001

REV. **FOGLIO**

183 di 196

В

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

VARIANTE ALLA LINEA STORICA ROMA NAPOLI VIA CASSINO 8.4

8.4.1 Rilevato - da km 0+000 a km 1+030 circa

Il tratto è in affiancamento alla nuova linea, per cui si riprende integralmente quanto esposto per la relativa tratta.

Lo schema geotecnico è rappresentato da uno strato superficiale di piroclastiti (che include anche la coltre eluvio-colluviale) di spessore variabile da 2 a 5 m circa, sovrapposto al tufo litoide giallo, di spessore che sembrerebbe costante in questo tratto, intorno ai 12 m. Al di sotto del tufo giallo è presente il tufo grigio campano in facies sciolta per spessori molto potenti (accertato fino a 55 m dal p.c. in sondaggi vicini) e nella sua litofacies classica e omogenea di piroclastiti sabbioso-limose grigie.

I sondaggi di riferimento sono S202 e P8. Sono poi stati utilizzati i risultati dei pozzetti PE-PZ01- e 15. Il piezometro di riferimento per la misura della falda è il ma si fa riferimento anche ai vicini PE-S10, PNIF51V03. Rispetto alle quote misurata è stato assunto circa un metro superiore per tenere conto di eventuali innalzamenti non indentificati con le misure che si riferiscono a periodi relativamente limitati. La prova down-hole di riferimento per la definizione della classe di suolo è la PE-S11.

Le caratteristiche geotecniche del TGCs e del TGCl sono quelle tipiche commentate per l'unità poiché gran parte dei dati sono stati acquisiti proprio in questa zona, quindi si può fare riferimento ai valori medi del campo di valori indicato in precedenza.

Lo schema seguente si riferisce all'intervallo di progressive indicate.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione	
1	0.0	2 ÷ 5	Piroclastiti superficiali (CCU)	
2	2 ÷ 5	14÷18	Tufo litoide giallo (TGCl)	
3	14÷18	55	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)	
QUOTA DELLA FALDA: 25 m s.l.m.				
CLASSE	CLASSE DI SUOLO: B			





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	184 di 196

Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Parametri	CCU	TGCI	TGCs
γ _t (kN/m³)	16	13	14
GSI	-	35	-
σ _c (MPa)	-	2	-
φ' (°)	26	35	34
c' (kPa)	0	20	0
E _{op} (MPa)	E _{op} (MPa) 10		40
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵

8.4.2 VI-01 – Viadotto ad archi – da km 1+030 circa a km 1+830 circa

TINERA

Lo schema geotecnico è analogo a quello precedente, ma con i seguenti sondaggi di riferimento: I P8, PE-S09-10-40, PNIF51V03. Sono poi stati utilizzati i risultati dei pozzetti PE-PZ da 01 a 05 e delle prove penetrometriche PE-PC01-02.

I piezometri di riferimento per la misura della falda sono: P8, PE-S10, PNIF51V03. Rispetto alle quote misurata è stato assunto circa un metro superiore per tenere conto di eventuali innalzamenti non indentificati con le misure che si riferiscono a periodi relativamente limitati.

La prova down-hole di riferimento per la definizione della classe di suolo è la PE-S11.

Lo strato superficiale di piroclastiti (che include anche la coltre eluvio-colluviale) è di spessore variabile da 2 a 5 m circa, sovrapposto al tufo litoide giallo, di spessore variabile da 7 a 12 m circa. Al di sotto del tufo giallo è presente il tufo grigio campano in facies sciolta per spessori molto potenti (accertato fino a 55 m dal p.c. in sondaggi vicini) e nella sua litofacies classica di piroclastiti sabbioso-limose grigie.

Lo schema seguente è riferito all'intero viadotto ad archi VI-01 rimandando al profilo geotecnico per una lettura di dettaglio dell'andamento degli strati, in particolare delle piroclastiti superficiali e del tufo litoide, sul quale appoggiano le fondazioni dirette del viadotto.

Per la ricostruzione dell'andamento del tetto del tufo litoide sono stati utilizzati anche i risultati della prospezione sismica a rifrazione che ha confermato l'andamento sub-parallelo al piano di campagna con ondulazioni di ordine metrico.

Le condizioni di sottosuolo prima descritte sono ben evidenti anche dai profili penetrometrici che hanno iteressato questa zona







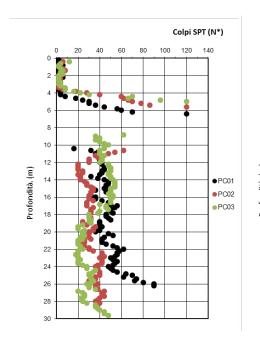
ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

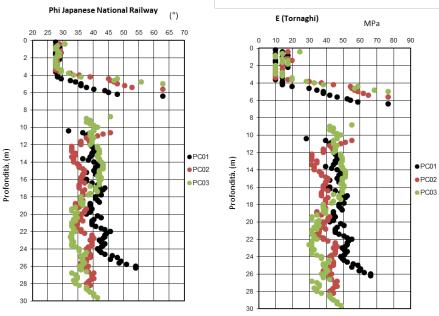
I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

 COMMESSA
 LOTTO
 CODIFICA
 DOCUMENTO
 REV.
 FOGLIO

 IF1N
 01 E ZZ
 RB
 GE0005 001
 B
 185 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO





Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione	
1	0.0	2 ÷ 5	Piroclastiti superficiali (CCU)	
2	2 ÷ 5	10÷15	Tufo litoide giallo (TGCl)	
3	10÷15	55	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)	

QUOTA DELLA FALDA: 25 m s.l.m.

CLASSE DI SUOLO: B

Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Parametri	CCU	TGCI	TGCs
γ _t (kN/m³)	16	12÷14	14÷15
GSI	-	35	-
σ _c (MPa)	-	2	-
φ'(°)	26	35	32÷36
c' (kPa)	0	20	0
E _{op} (MPa)	E _{op} (MPa) 10÷20 100÷150		40÷70
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵



RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	186 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA **DELLE OPERE ALL'APERTO**

8.4.3 VI-02 - Viadotto Cancello - da km 1+830 circa a km 2+205 circa

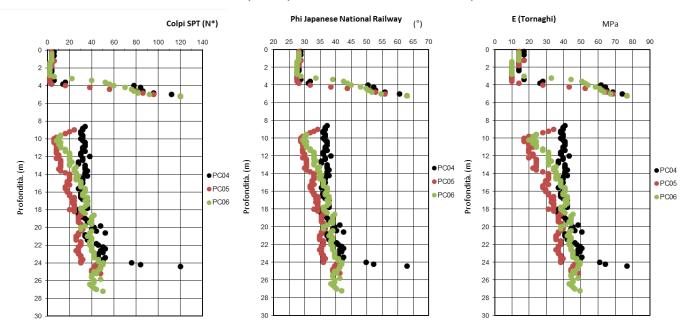
Lo schema geotecnico è analogo a quello precedente, ma con i seguenti sondaggi di riferimento: PE-S10-11 e S5/2016 fuori asse. Sono poi stati utilizzati i risultati dei pozzetti PE-PZ 13 e 14 e delle prove penetrometriche PE-PC03-4-5-6.

I piezometri di riferimento per la misura della falda sono: PE-S10, PNIF51V03. Rispetto alle quote misurata è stato assunto circa un metro superiore per tenere conto di eventuali innalzamenti non indentificati con le misure che si riferiscono a periodi relativamente limitati.

La prova down-hole di riferimento per la definizione della classe di suolo è la PE-S11.

Lo strato superficiale di piroclastiti (che include anche la coltre eluvio-colluviale) è di spessore variabile da 3 a 4 m circa, sovrapposto al tufo litoide giallo, di spessore variabile da 5 a 8 m circa. Al di sotto del tufo giallo è presente il tufo grigio campano in facies sciolta per spessori molto potenti (accertato fino a 55 m dal p.c.) e nella sua litofacies classica e omogenea di piroclastiti sabbioso-limose grigie.

Per la ricostruzione dell'andamento del tetto del tufo litoide sono stati utilizzati anche i risultati della prospezione sismica a rifrazione che ha confermato l'andamento sub-parallelo al piano di campagna con ondulazioni di ordine metrico. Anche i profili penetrometrici confermano questo schema.



In considerazione della sostanziale omogeneità dello schema di sottosuolo, è stato adottato un coefficiente ζ corrispondente a tre verticali di indagine.





ITINERA

ITINERARIO NAPOLI - BARI **RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO**

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

LOTTO 01 E ZZ

DOCUMENTO CODIFICA RB GE0005 001

RFV В

FOGLIO 187 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA **DELLE OPERE ALL'APERTO**

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione	
1	0.0	3 ÷ 4	Piroclastiti superficiali (CCU)	
2	3 ÷ 4	8.5÷15.5	Tufo litoide giallo (TGCI)	
3	8.5÷15.5	55	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)	

COMMESSA

IF1N

QUOTA DELLA FALDA: 26 m s.l.m.

CLASSE DI SUOLO: B

Doromotri	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Parametri	CCU	TGCI	TGCs
$\gamma_{\rm t}$ (kN/m 3)	16	16 12÷14	
GSI	-	35	-
σ _c (MPa)	-	2	-
φ' (°)	26	35	32÷36
c' (kPa)	0	20	0
E _{op} (MPa)	10÷20	100÷150	40÷70
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵

8.4.4 Tratto in rilevato - da km 2+205 circa a fine tratta

Lo schema geotecnico è analogo a quello precedente, ma con i sequenti sondaggi di riferimento: PE-S12 e S5/2016 fuori asse. Sono poi stati utilizzati i risultati del pozzetto PE-PZ14 e delle prove penetrometriche PE-PC06-7-8. Si chiarisce che anche il PE-S12 è leggermente fuori asse e a quote molto diverse rispetto al piano di campagna poiché è stato realizzato su una strada in rilevato. I primi metri del sondaggio si riferiscono quindi ai materiali di riporto di questa strada.

I piezometri di riferimento per la misura della falda sono: PE-S10, PNIF51V03. Rispetto alle quote misurata è stato assunto circa un metro superiore per tenere conto di eventuali innalzamenti non indentificati con le misure che si riferiscono a periodi relativamente limitati.

La prova down-hole di riferimento per la definizione della classe di suolo è la PE-S11.

Lo strato superficiale di piroclastiti (che include anche la coltre eluvio-colluviale) è di spessore variabile da 2 a 3 m circa, sovrapposto al tufo litoide giallo, di spessore variabile da 5 a 9 m circa. Al di sotto del tufo giallo è presente il tufo grigio campano in facies sciolta per spessori molto potenti (accertato fino a 55 m dal p.c.) e nella sua litofacies classica e omogenea di piroclastiti sabbioso-limose grigie.



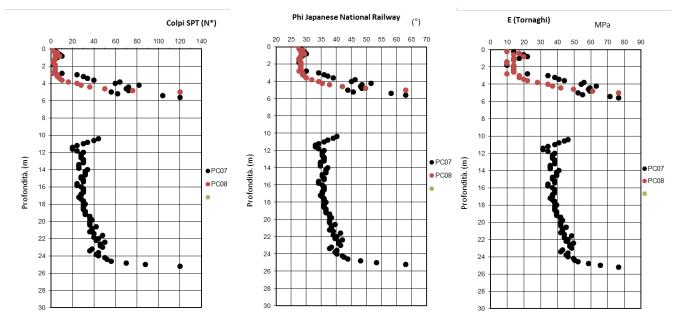


ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	188 di 196

Per la ricostruzione dell'andamento del tetto del tufo litoide sono stati utilizzati anche i risultati della prospezione sismica a rifrazione che ha confermato l'andamento sub-parallelo al piano di campagna con ondulazioni di ordine metrico. I profili penetrometrici di questa zona confermano l'omogeneità del modello si sottosuolo.



Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione	
1	0.0	2 ÷ 3	Piroclastiti superficiali (CCU)	
2	2 ÷ 3	9÷12	Tufo litoide giallo (TGCl)	
3	9÷12	55	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)	
QUOTA I	DELLA FALDA: 25 m	s.l.m.		
CLASSE DI SUOLO: B				

Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 3	
Farametri	CCU	TGCI	TGCs	
γ _t (kN/m³)	16	12÷14	14	
GSI	-	35	-	
σ _c (MPa)	-	2	-	
φ' (°)	26	35	32÷36	
c' (kPa)	0	20	0	
E _{op} (MPa)	10÷20	100÷150	40÷70	
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	189 di 196

8.5 COLLEGAMENTO PER MARCIANISE

Il tracciato è sostanzialmente a raso.

Lo schema di sottosuolo è del tutto analogo al primo tratto di linea al quale il tracciato è affiancato ed è rappresentato da uno strato superficiale di piroclastiti di spessore variabile da 2 a 5 m circa, sovrapposto al tufo litoide giallo, anche questo di spessore variabile; nel senso delle progressive di questo tracciato il tufo litoide è assente nel primissimo tratto e poi aumenta gradulamente di spessore da 7 a 12m.

Al di sotto del tufo litoide è presente il tufo grigio campano in facies sciolta per spessori molto potenti (fino a 55 m dal p.c.) e nella sua litofacies classica e omogenea di piroclastiti sabbioso-limose grigie.

I sondaggi di riferimento sono: PNIF51R04, PE-S13 e 33, P8, PE-S09-10-40, PNIF51V03. Sono poi stati utilizzati i risultati dei pozzetti PE-PZ da 01 a 05 e 07 e delle prove penetrometriche PE-PC01-02-03.

I piezometri di riferimento per la misura della falda sono: P8, PE-S10, PNIF51V03, PNIF51R04, PE-S13, La prova down-hole è stata eseguita nel foro PE-S33.

Le caratteristiche geotecniche del TGCs e del TGCl sono quelle tipiche commentate per l'unità poiché gran parte dei dati sono stati acquisiti proprio in questa zona, quindi si può fare riferimento ai valori medi del campo di valori indicato in precedenza.

Lo schema seguente si riferisce all'intervallo di progressive indicate.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione		
1	0.0	2.0 ÷ 5.0	Piroclastiti superficiali (CCU)		
2	2.0 ÷ 5.0	10.0÷15.0	Tufo litoide giallo (TGCI)		
3	10.0÷15.0	55.0	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)		
QUOTA I	DELLA FALDA: 25 m	n s.l.m.			
CLASSE DI SUOLO: B					

Davamatu:	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Parametri	CCU	TGCI	TGCs
γ _t (kN/m³)	16	12÷14	15÷16
GSI	-	35	-
γ_t (kN/m ³)	16	12÷14	15÷16
GSI	-	35	-
σ _c (MPa)	-	2	-
φ' (°)	26-28	35	33÷34
c' (kPa)	0	20	0
E _{op} (MPa)	7 – 10	200	40
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	190 di 196

8.6 INTERCONNESSIONE NORD BINARIO PARI

Il tracciato è in gran parte affiancato al tracciato descritto in precedenza per poi affiancarsi alla linea storica. Di conseguenza le indagini di riferimento sono le stesse già commentate e lo schema geotecnico è del tutto analogo essendo rappresentato da uno strato superficiale di piroclastiti di spessore variabile da 2 a 5 m circa, sovrapposto al tufo litoide giallo, anche questo di spessore variabile; nel senso delle progressive di questo tracciato, il tufo litoide è assente nel primissimo tratto e poi aumenta gradulamente di spessore da 7 a 12 m.

Al di sotto del tufo litoide è presente il tufo grigio campano in facies sciolta per spessori molto potenti (fino a 55 m dal p.c.) e nella sua litofacies classica e omogenea di piroclastiti sabbioso-limose grigie.

Lo schema seguente si riferisce al tracciato in esame.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione
1	0.0	2.0 ÷ 5.0	Piroclastiti superficiali (CCU)
2	2.0 ÷ 5.0	10.0÷15.0	Tufo litoide giallo (TGCI)
3	10.0÷15.0	55.0	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)
QUOTA I	DELLA FALDA: 25 m	ı s.l.m.	
CLASSE	DI SUOLO: B		

Doromotri	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Parametri	CCU	TGCI	TGCs
γ _t (kN/m³)	16	12÷14	15÷16
GSI	-	35	-
γ_t (kN/m ³)	16	12÷14	15÷16
GSI	-	35	-
σ _c (MPa)	-	2	-
φ' (°)	26-28	35	33÷34
c' (kPa)	0	20	0
E _{op} (MPa)	7 – 10	200	40
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵

8.7 INTERCONNESSIONE NORD BINARIO DISPARI

Le condizioni sono analoghe a quelle descritte nel precedente paragrafo.

Il modello di sottosuolo è rappresentato da uno strato superficiale di piroclastiti (e-c che si interdigitano con CCU) di spessore variabile da 2 a 5 m circa, sovrapposto al tufo litoide giallo, anche questo di





ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	191 di 196

spessore variabile; nel senso delle progressive di questo tracciato, il tufo litoide è assente nel primo tratto e poi aumenta gradulamente di spessore da 7 a 12 m.

Al di sotto del tufo litoide è presente il tufo grigio campano in facies sciolta per spessori molto potenti (fino a 55 m dal p.c.) e nella sua litofacies classica e omogenea di piroclastiti sabbioso-limose grigie.

Lo schema seguente si riferisce al tracciato in esame.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione
1	0.0	2.0 ÷ 5.0	Piroclastiti superficiali (e-c e CCU)
2	2.0 ÷ 5.0	10.0÷15.0	Tufo litoide giallo (TGCI)
3	10.0÷15.0	55.0	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)
QUOTA [DELLA FALDA: 25 m	n s.l.m.	
CLASSE	DI SUOLO: B		

Downwatui	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Parametri	CCU	TGCI	TGCs
γ_t (kN/m ³)	16	12÷14	15÷16
GSI	-	35	-
γ_t (kN/m ³)	16	12÷14	15÷16
GSI	-	35	=
σ _c (MPa)	-	2	-
φ' (°)	26-28	35	33÷34
c' (kPa)	0	20	0
E _{op} (MPa)	7 – 10	200	40
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵

8.8 ASSE PRINCIPALE BINARIO PARI DAPK 0+000 A PK 2+000

Il tracciato è affiancato all'asse principale già commentato nei precedenti paragrafi.

Lo schema geotecnico è rappresentato da uno strato superficiale di piroclastiti (che include anche la coltre eluvio-colluviale) di spessore variabile da 2 a 5 m circa, sovrapposto al tufo litoide giallo, anche questo di spessore variabile da 7 a 12 m nei primi 1200m circa di tracciato, per assottigliarsi progressivamente procedendo verso le progressive maggiori. Al di sotto del tufo giallo è presente il tufo grigio campano in facies sciolta per spessori molto potenti (accertato fino a 55 m dal p.c.) e nella sua litofacies classica e omogenea di piroclastiti sabbioso-limose grigie.

I sondaggi di riferimento sono: P8, PE-S09-10-40, PNIF51V03. Sono poi stati utilizzati i risultati dei pozzetti PE-PZ da 01 a 05 e 07 e delle prove penetrometriche PE-PC01-02.





ITINERA

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI - PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	192 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

I piezometri di riferimento per la misura della falda sono: P8, PE-S10, PNIF51V03.

Le caratteristiche geotecniche del TGCs e del TGCl sono quelle tipiche commentate per l'unità poiché gran parte dei dati sono stati acquisiti proprio in questa zona, quindi si può fare riferimento ai valori medi del campo di valori indicato in precedenza.

Lo schema seguente si riferisce all'intervallo di progressive indicate.

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione		
1	0.0	2.0 ÷ 5.0	Piroclastiti superficiali (CCU)		
2	2.0 ÷ 5.0	10.0÷15.0	Tufo litoide giallo (TGCI)		
3	10.0÷15.0	55.0	Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)		
QUOTA DELLA FALDA: 25 m s.l.m.					

CLASSE DI SUOLO: B

Per questo tratto la caratterizzazione può fare riferimento specifico ai profili penetrometrici dei grafici seguenti che confermano la caratterizzazione di base delle varie unità indirizzando verso la seguente caratterizzazione di sito.

Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 3	
Parametri	CCU	TGCI	TGCs	
γ _t (kN/m³)	16	12÷14	15÷16	
GSI	-	35	-	
σ _c (MPa)	-	2	•	
φ' (°)	26-28	35	34-36	
c' (kPa)	0	20	0	
E _{op} (MPa)	10-15	200	40-50	
k (m/s)	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	193 di 196

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] Baldi G., Jamiolkowski M., Lo Presti D.C.F., Manfredini G., Rix G.J. (1989) "Italian experiences in assessing shear wave velocity from CPT and SPT" Earthquake Geotechnical Engineering, Proc. of Discussion Session on Influence of Local Conditions on Seismic Response, 12th Int. Conf. on S.M.F.E., Rio de Janeiro, Brasil, pp. 157-168.
- [2] Balmer G. (1952) "A general analytical solution for Mohr's envelope" ASTM, 52.

ITINERA

- [3] Berardi R. (1999) "Non linear elastic approaches in foundation design" Pre-failure Deformation Characteristics of Geomaterials, Torino, Balkema.
- [4] Berardi R., Bellingeri P. (1998). "Deformabilità degli ammassi rocciosi da approcci empirici: influenza della qualità del materiale roccioso e dello stato di sforzo in sito" Rivista Italiana di Geotecnica, Vol. 32 (1), Patron Ed., 39-62.
- [5] Bieniawski Z.T. (1978) "Determining rock mass deformability Experience from case histories!" Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 15:237-248.
- [6] Bieniawski Z.T. (1989) "Engineering Rock Mass Classifications" New York, John Wiley & Sons.
- [7] Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" Geotechnique 36, n° 1.
- [8] Brown E.T., Hoek E. (1988) "Discussion on paper n° 20431 by R. Ucae entitled "Determination of shear failure envelope in rock masses" Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, vol. 114, n° 3.
- [9] Burland, J.B. (1990). On the compressibility and shear strength of natural clays. Géotechnique 40, n° 3, 329-378.
- [10] Byrne P.M., Salgado F.M., Howie J.A. (1990) "Relationship between the unload shear modulus from pressuremeter tests and the maximum shear modulus for sand" Proc. III International Symposium on pressuremeter (ISP3), Oxford, Thomas Teldford, London.
- [11] Chandler R.J., de Freitas M.H., Marinos P. (2004) "Geotechnical characterisation of soils and rocks: a geological perspective" Advances in Geotechnical Engineering, The Skempton Conference, 2004, Thomas Telford, London.
- [12] Clayton C.R.I. (1995) "The Standard Penetration Test (SPT): Methods and use" CIRIA Report n° 143, 1995.
- [13] Cubrinowski M., Ishihara K. (1999) "Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils" Soils and Foundations, vol. 39, n° 5, pp. 61-71.
- [14] Durgunoglu H.T., Mitchell J.K. (1975) "Static penetration resistance of soils, I -Analyses, II Evaluation of the theory and interpretation for practice" aSCE Specialty Conference on in Situ Measurements of Soil Properties, Raleigh NC, V.I..
- [15] Elson W.K. (1984) "Design of laterally-loaded piles" CIRIA Report 103.





ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

NEA

TINERA

LOTTO **01 E ZZ** CODIFICA RB DOCUMENTO
GE0005 001

FOGLIO 194 di 196

REV.

В

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LINEA DELLE OPERE ALL'APERTO

[16] Fahey M. (1992) "Shear modulus of cohesionless soil: variation with stress and strain level" Canadian Geotechnical Journal, n°30.

COMMESSA

IF1N

- [17] Fahey M., Carter J.P. (1993) "A finite element study of the pressuremeter test in sand using a nonlinear elastic plastic model" Canadian Geotechnical Journal, n°29.
- [18] Fourmaintraux D. (1976) "Characterization of rocks: laboratory tests". Chapter 4 in "Mècanique des roches appliquée aux ouvrages du génie civil" by M. Panet et al. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- [19] Goodman R.E. (1989) "Introduction to rock mechanics". Second edition, John Wiley & Sons.
- [20] Hoek E., Brown E.T. (1980) "Underground excavations in rock" London, Institution of Mining and Metallurgy.
- [21] Hoek E. (1983) "Strength of jointed rock masses" Géotechnique, 33, n° 3.
- [22] Hoek E., Brown E.T. (1988) "The Hoek-Brown failure criterion A 1988 update" Proc. of 15th Canadian Rock Mechanics Symposium, Toronto, Canada.
- [23] Hoek E. (1990) "Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from the Hoek-Brown failure criterion" Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 27.
- [24] Hoek E., Wood D., Shah S. (1992) "A modified Hoek-Brown failure criterions for jointed rock masses" Proc. Int. ISRM Symposium on Rock Characterisation, EUROCK'92, Chester, United Kingdom.
- [25] Hoek.E., Kaiser P.K., Bawden W.F. (1997) "Support of underground excavations in hard rock" Rotterdam, A.A. Balkema.
- [26] Hoek E., Marinos P., Benissi M. (1998) "Applicability of the Geological Strenght Index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses" The Case of Athens Schist Formation, Bull. Engg, Geol, Env. 57(2), 151-160.
- [27] Hoek E., Carranza-Torres C.T., Corkum B. (2002) "Hoek-Brown failure criterion- 2002 edition" Proc. North American Rock Mechanics Society Meeting in Toronto, July.
- [28] Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" Proceedings In-situ 2001, Bali.
- [29] Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) "New correlations of penetration tests for design practice" Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando.
- [30] Ladd C.C., Foot R. (1974) "A new design procedure for stability of soft clays" Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, vol.100, n° 7.
- [31] Ladd C.C., Foot R., Ishihara K., Schlosser F., Poulos H.G. (1977) "Stress deformation and strength characteristics" S.O.A. Report, Proc. IX Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Tokyo, Vol. 2.





ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	RB	GE0005 001	В	195 di 196

- [32] Londe P. (1988) "Discussion on paper n° 20431 by R. Ucae entitled "Determination of shear failure envelope in rock masses" Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, vol. 114, n° 3.
- [33] Lo Presti D.C.F. (1989) "Proprietà dinamiche dei terreni" Atti delle Conferenze di Geotecnica di Torino, 14th Ciclo, Comportamento dei terreni e delle fondazioni in campo dinamico.
- [34] Marchetti S. (1985) "On the field determination of ko in sand" Discussion Session 2A, 11th ICSMFE, S. Francisco.
- [35] Marinos P., Hoek E. (2000) "GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation" GEO-ENG.
- [36] Matlock, H., Reese, L.C. (1960). "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles". Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, V.86, No.SM5, pp.63-91.
- [37] Morgenstern N.R. (1990) "Instability mechanismsin stiff soils and weak rocks" Proc. X Southeast Asian Geotechnical Conference, Taipei, vol.2, pag.27.
- [38] Ohta Y., Goto N. (1978) "Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes" Earthquake Engineering anf Structural Dynamics, vol.6.
- [39] Reese L.C., Cox W.R., Koop F.D. (1974) "Analysis of laterally loaded piles in sand" Proc. VI Offshore Technology Conference, OTC 2080, Houston, Texas.
- [40] Rocchi G.F. (2003) "Correlazione empirica tra coefficiente di permeabilità, indice dei vuoti e caratteristiche di plasticità in argille e limi" Documento interno Studio Geotecnico Italiano.
- [41] Serafim J.L., Pereira J.P. (1983) "Considerations of the geomechanic classification of Bieniawski" Proc. Int. Symp. On Engg, Geol. And Underground Constr. (L.N.E.C., Lisb. Portugal), Vol.1, Section 2, pp.33-42.
- [42] Simpson B., Calabresi G., Sommer H., Wallays M. (1979) "Design parameters for stiff clays" General Report, Proc. 7th ECSMFE, Brighton.
- [43] Sjoberg J. (1997) "Estimating rock mass strength using the Hoek-Brown failure criterion and rock mass classification A review and application to the Aznalcollar Open Pit" Internal Report, Division of Rock Mechanics, Lulea University of Technology.
- [44] Skempton A.W. (1986) "Standard Penetration Test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation" Geotechnique 36, n° 3.
- [45] Somerville S.H. (1986) "Control of groundwater for temporary works" CIRIA Report 113.
- [46] Stroud M.A. (1974) "The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks" Proceedings ESOPT I.
- [47] Stroud M.A. (1988) "The Standard Penetration Test Its application and interpretation" Penetration Testing in UK, Proceedings of the Geotechnical Conference organized by ICE, Birmingham.







ITINERARIO NAPOLI - BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO

I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL **COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO**

LOTTO 01 E ZZ CODIFICA RB

DOCUMENTO GE0005 001

REV. В

FOGLIO 196 di 196

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE DI LI **DELLE OPERE ALL'APERTO**

[48] Tokimatsu K., Yoshimi Y. (1983) "Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT Nvalueand fines content" Soils and Foundations 23, n° 4.

COMMESSA

IF1N

- [49] Vucetic M., Dobry R. (1991) "Effect of soil plasticity on cyclic response" Journal of Geotechnical Engineering, vol. 117, n° 1, pp. 89-107.
- [50] Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" Proceedings of Symposium on Eval. Dens., ASTM STP 523.