

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMA INVESTIMENTI DIRETTRICE SUD

PROGETTAZIONE:



CONTRATTO ISTITUZIONALE DI SVILUPPO PER LA REALIZZAZIONE DELLA DIRETTRICE FERROVIARIA NAPOLI-BARI-LECCE-TARANTO

U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO

SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE.

LOTTO 1 - ELETTRIFICAZIONE

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

SCALA:

-

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

I A O X 0 1 D 1 1 R B C C 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	G. Grimaldi	marzo 2015	L. Utzeri	marzo 2015	G. Lestingi	marzo 2015	F. Sacchi	marzo 2015

ITALFERR S.p.A.
 U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA
 Ing. FRANCESCO SACCHI
 F. Sacchi
 marzo 2015
 A2-72

File:IAOX01D11RBOC0001001A.doc

n. Elab.

L1.27



PROGETTO: AMMODERNAMENTO LINEA POTENZA - FOGGIA
SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE PL E CONSOLIDAMENTO SEDE

LOTTO 1 ELETTRIFICAZIONE

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA0X	01	D 11 RB	OC0001 001	A	2 di 104

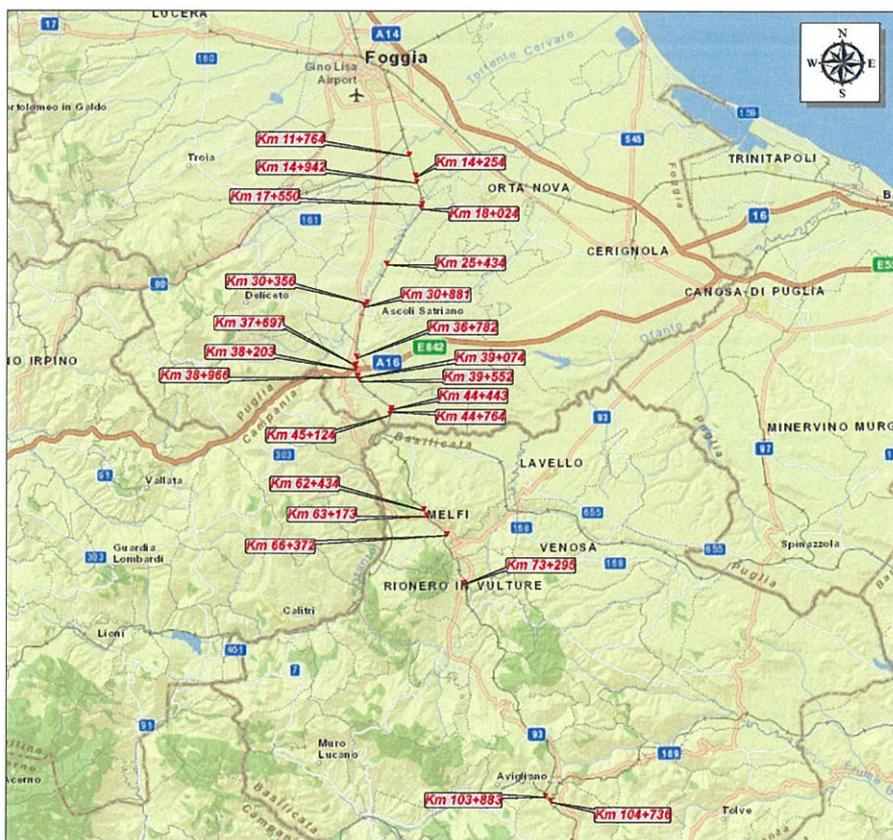
INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	6
4	INDAGINI ESEGUITE.....	10
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	16
5.1	TRATTA CERVARO – ROCCHETTA	16
5.2	TRATTA ROCCHETTA - POTENZA.....	18
5.3	TRATTA ROCCHETTA – SAN NICOLA DI MELFI	19
6	PIEZOMETRIA.....	20
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	22
7.1	TERRENI INCOERENTI	22
7.2	TERRENI COESIVI.....	25
7.3	TRATTA CERVARO – ROCCHETTA	26
7.3.1	Unità LS/LA.....	26
7.3.2	Unità GLS	35
7.3.3	Unità ASP.....	41
7.4	TRATTA ROCCHETTA - POTENZA.....	48
7.4.1	Unità AT.....	48
7.5	TRATTA ROCCHETTA – SAN NICOLA DI MELFI	56
7.5.1	Unità GLS	56
7.5.2	Unità ASP.....	59
8	MODELLO GEOTECNICO	66
9	CABINE ELETTTRIFICAZIONE	68
10	RILEVATO VARIANTE 3	69
10.1	CALCOLO DEI CEDIMENTI.....	69
10.2	CARICO LIMITE	73
10.3	VERIFICA DI STABILITÀ	80
11	TRINCEA VARIANTE 3.....	97
11.1	VERIFICA DI STABILITÀ	98

1 PREMESSA

La presente relazione geotecnica è redatta nell'ambito del progetto definitivo di ammodernamento della linea ferroviaria Foggia – Potenza ed ha come obiettivo la caratterizzazione geotecnica del Lotto 1 comprensiva della variante 3 lungo tratta Rocchetta – San Nicola di Melfi – Planimetria di progetto IAOX01D13P7IF0001001A

In Figura 1 si riporta una foto aerea dell'area in cui si colloca lo studio con individuazione, in colore rosso, delle chilometriche di stretto interesse progettuale e un inquadramento geografico con indicazione dei luoghi interessati dal progetto.



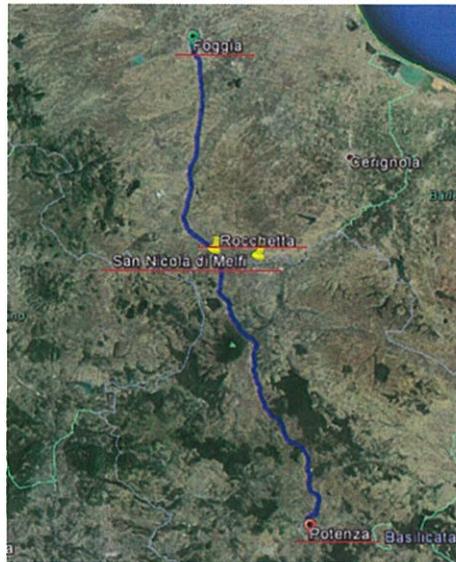


Figura 1 – Corografia in scala 1:600000 dell’area in cui si colloca lo studio con individuazione, in colore rosso, delle chilometriche di stretto interesse progettuale - Inquadramento geografico

L’area di studio si colloca tra le regioni Puglia e Basilicata in corrispondenza della linea ferroviaria Potenza-Foggia e si localizza, attraverso specifiche chilometriche e procedendo da Nord a Sud, nei territori dei comuni di Foggia, Ortona, Ascoli Satriano e Candela in Provincia di Foggia e Melfi, Rionero in Vulture e Potenza in provincia di Potenza.

Di seguito la relazione si articolerà in questo modo:

- inquadramento geologico dell’area in esame;
- elenco delle indagini eseguite;
- inquadramento geotecnico;
- definizione delle modalità di rielaborazione ed interpretazione delle indagini di sito e laboratorio (caratterizzazione geotecnica);
- rappresentazione delle caratteristiche geotecniche dei litotipi investigati;
- definizione del modello geotecnico;

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- 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.

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni F.S. delle quali si è tenuto conto.

- Circolare n. 168 4.5 del 15/01/1969 "impalcature a travi incorporate in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo";
- Istruzione 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 sottobinario";
- Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 A del 21.11.2011 - "Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria";
- Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 A "Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie";
- Specifica tecnica - riclassificazione delle linee e circolabilità delle locomotive sui ponti", DI TC/AR MO IFS 001 A;
- Manuale di progettazione ITALFERR.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono connessi con il locale assetto stratigrafico-strutturale dell'area e con la sismicità attuale della zona appenninica.

Relativamente al lotto in esame, si incontrano prevalentemente le unità di seguito descritte, indicate nella relazione geologica di progetto preliminare IAZU0069RGGE0001001A

Argille Subappennine (ASP)

Sono composte da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, in strati da sottili a molto spessi, generalmente poco evidenti e a laminazione pianoparallela, con sottili intercalazioni di argille marnose, sabbie limose e sabbie medio fini più frequenti verso l'alto stratigrafico. Nella parte alta della successione si

riconosce una litofacies più grossolana (ASPa) costituita da sabbie medio-fini e limi sabbiosi di colore giallastro e grigio-verdastro, in strati da sottili a spessi, passanti verso l'alto a conglomerati poligenici, grossolanamente stratificati e ben selezionati, con locali passaggi di sabbie medio-grossolane laminate. Si tratta di depositi costieri, di scarpata superiore e di piattaforma, con uno spessore massimo di circa 1000 m. Tale successione è ascrivibile al periodo Pliocene medio – Pleistocene inferiore.

Depositi alluvionali terrazzati (at)

Tale unità è riferibile al Pleistocene medio – Pleistocene superiore ed è costituita da due distinte *facies* litologiche. Quella più grossolana è riferibile a depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, mentre quella più fine è costituita da depositi di piana inondabile e lago di meandro.

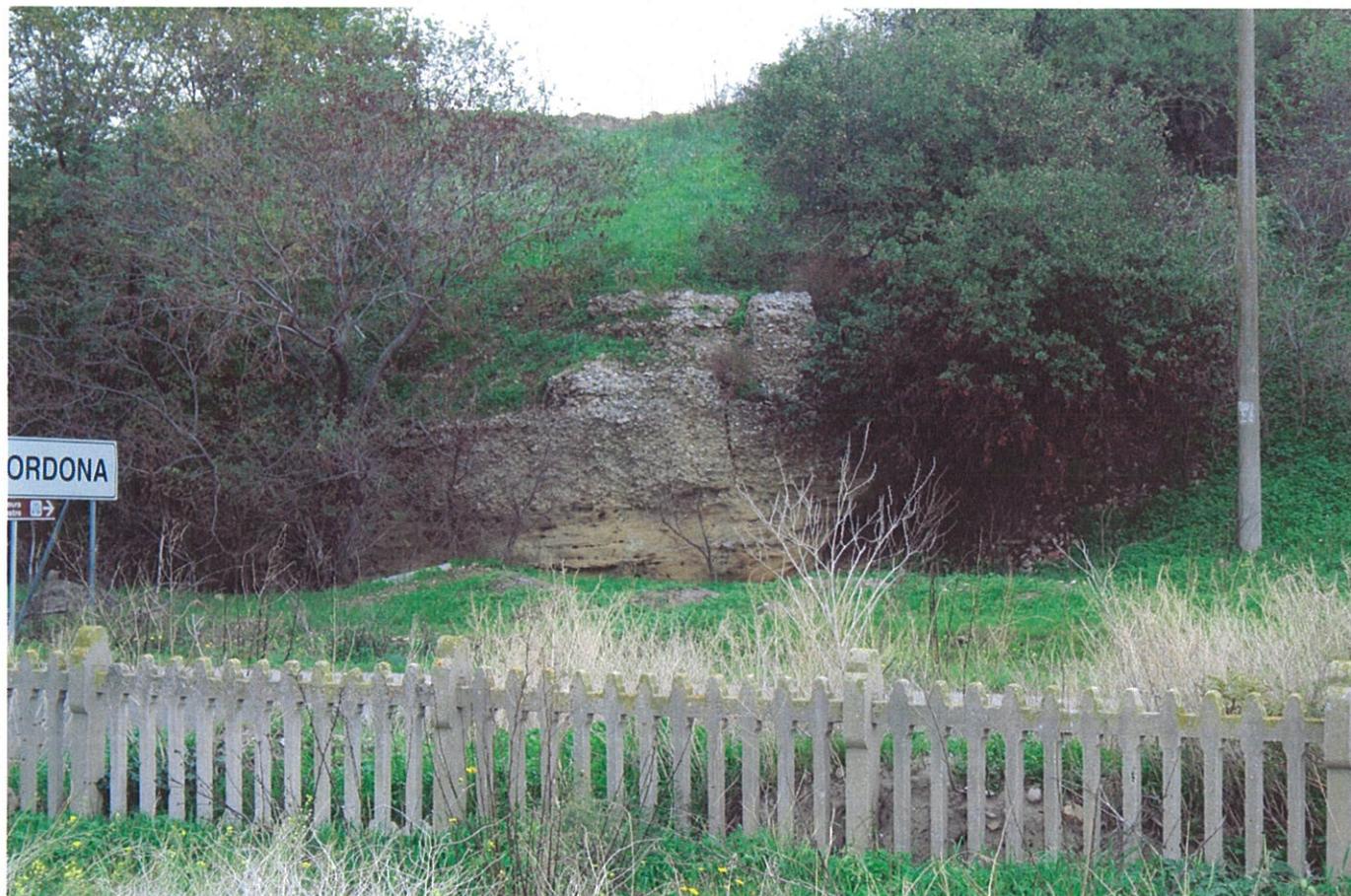


Figura 2 – Affioramento dei depositi alluvionali terrazzati in prossimità della Stazione ferroviaria di Ortona.

La porzione più grossolana è formata da conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati, massivi o a stratificazione incrociata, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, da scarsa ad abbondante, oppure

da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante. Si rinvencono inoltre sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

La parte più fine è costituita, invece, da argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose grigiastre, gradate e laminate, e rari passaggi torbosi nerastri.

Depositi alluvionali recenti (ar)

Questa unità è riferibile all'intervallo Pleistocene superiore? – Olocene e, come la precedente, risulta suddivisibile in due distinte *facies* litologiche. La parte più grossolana è riferibile a depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, mentre quella più fine è costituita da depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono.

La porzione grossolana è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante, oppure da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

La parte più fine, invece, è rappresentata da argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose grigiastre. Localmente si rinvencono, inoltre, torbe e terreni organici di colore nerastro, spesso associati a sedimenti limoso-sabbiosi e limoso-argillosi grigi e nerastri.

Depositi alluvionali attuali (aa)

Tale sequenza è interamente riferibile all'Olocene ed è formata da depositi alluvionali, prevalentemente grossolani, in *facies* di canale fluviale ed argine, attualmente in formazione in alveo. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante, oppure di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

Depositi di versante (dt)

Sono costituiti da ghiaie e ciottoli fortemente eterometrici, da angolosi a sub-angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore bruno e rossastro, da scarsa ad abbondante, oppure da sabbie e sabbie limose di colore marrone, con frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose. Si tratta essenzialmente di depositi di versante e di falda detritica, interamente ascrivibili all'Olocene.

Coltri eluvio colluviali (ec)

Sono formate da argille limose e limi argillosi di colore marrone e nerastro, privi di struttura, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. Sono inoltre presenti limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone e giallastro, prive di struttura, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. Si tratta di depositi di versante e di alterazione del substrato, interamente riferibili all'Olocene.

Flysch Rosso (FYR)

È formato da argille, argille marnose e argilliti di colore rossastro e grigio-verdastro, generalmente laminate, con subordinate intercalazioni di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti di colore rosato e biancastro, in strati da sottili a spessi, e locali passaggi di diaspri di colore rosso e verdastro, in strati da molto sottili a sottili. Verso l'alto si rinvencono breccie calcaree e calcareniti biancastre, con liste e noduli di selce, e sottili strati di argille e diaspri di colore rossastro. Si tratta di depositi di bacino e base scarpata, con uno spessore superiore a 200 m. Dal punto di vista cronologico, tale unità è riferibile all'intervallo Cretacico inferiore – Miocene inferiore.

Flysch Numidico (FYN)

È composto da quarzoareniti medio-grossolane di colore grigio o giallo-arancio a granuli di quarzo perfettamente arrotondati, in strati da medi a molto spessi, con subordinate intercalazioni decimetriche di argille marnose e marne di colore grigiastro. Alla base della formazione si rinvencono alternanze di quarzoareniti di colore giallo-arancio e marne argillose di colore rossastro. La successione è formata da depositi essenzialmente di bacino, con spessore compreso tra 200 e 350 m. L'età è Burdigaliano superiore – Langhiano.

Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVA)

Si tratta di argille limose e limi argillosi di colore grigio, in strati da medi a molto spessi, in alternanza con sabbie medio-fini di colore giallo-bruno e grigio, in strati da sottili a medi, e con sporadiche intercalazioni di lenti ciottolose. Tale successione è formata da depositi essenzialmente di piattaforma, con uno spessore massimo di circa 80 m. L'età dei terreni è ancora una volta Pliocene medio.

4 INDAGINI ESEGUITE

Lo studio geotecnico tiene conto dei sondaggi eseguiti nella fase di progettazione preliminare e definitiva.

Nel corso della progettazione preliminare, per consentire l'identificazione e la caratterizzazione dei terreni lungo il tracciato, sono state condotte tra il 2012 ed 2013 delle indagini geognostiche sia dirette che indirette, consistenti in n. 5 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo strumentati con piezometro, n. 7 prove penetrometriche dinamiche (DPSH), n. 10 prove penetrometriche statiche (CPTU) e n. 18 prospezioni simiche di superficie MASW.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata impiegata una sonda a rotazione. La perforazione è stata eseguita utilizzando un carotiere semplice con avanzamento a secco, ovvero senza l'impiego di fluido di perforazione, per non dilavare le frazioni fini. Il sostegno delle pareti del foro è stato assicurato mediante l'infissione di rivestimenti metallici di diametro 127 mm fino a fondo foro.

Sigla	Tipologia indagine	Progressiva	V ₃₀ (m/s)	Cat. Suolo
M01	MASW	km 11+764	541	B
M02	MASW	km 14+254	724	B
M03	MASW	km 14+942	751	B
M04	MASW	km 17+550	359	C
M05	MASW	km 18+024	388	B
M06	MASW	km 25+434	478	B
M07	MASW	km 30+356	431	B
M08	MASW	km 36+782	456	B
M09	MASW	km 38+203	313	C
M10	MASW	km 39+552	377	B

Sigla	Tipologia indagine	Progressiva	V ₃₀ (m/s)	Cat. Suolo
M11	MASW	km 44+443	295	C
M12	MASW	km 45+124	551	B
M13	MASW	km 62+434	357	C
M14	MASW	km 63+173	487	B
M15	MASW	km 66+372	439	B
M16	MASW	km 73+295	460	B
M17	MASW	km 103+883	405	B
M18	MASW	km 104+736	561	B

Tabella 1 Prove masw realizzate nel corso della progettazione preliminare

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	progressiva	Quota s.l.m.	Profondità	SPT
S1	Sondaggio attrezzato con piezometro	18+200	104.00	30.00	10
S2	Sondaggio attrezzato con piezometro	25+430	153.70	30.00	10
S3	Sondaggio attrezzato con piezometro	37+800	268.00	30.00	10
S4	Sondaggio attrezzato con piezometro	36+730	259.00	30.00	10
S5	Sondaggio attrezzato con piezometro	44+444	238.30	30.00	10

Tabella 2 Riassunto sondaggi e prove in sito eseguite nel corso della progettazione preliminare

A seguito di tali indagini, nella progettazione preliminare è stata effettuata una caratterizzazione geotecnica di massima dei terreni interessati dalle opere, utilizzando i risultati delle prove in sito, oltreché le informazioni desumibili dalla letteratura scientifica differenziando l'area in tre macrozone di interesse, consistenti:

- nel tratto della zona Pugliese compreso tra Cervaro e Rocchetta, tra le pk 8+650 e 49+300,
- nel tratto Lucano da Rocchetta a Potenza 49+300 e km 118+330
- nel tratto Lucano tra Rocchetta e San Nicola di Melfi dallo sviluppo di circa 12,2 km

Nel corso della progettazione definitiva, tra il 31/07/2014 e il 20/10/2014 sono stati realizzati ulteriori sondaggi a carotaggio continuo in varie località della Puglia e della Basilicata, riassunti in Tabella 3, in cui, seguendo la suddivisione per tratte indicata precedentemente, sono indicati i sondaggi suddivisi per le tre tratte.

La Tabella 4 riassume il numero di campioni prelevati e le prove geotecniche eseguite in sito e in laboratorio, in particolare durante le perforazioni dei sondaggi sono state eseguite le seguenti attività:

- riconoscimento stratigrafico e geotecnico;
- prelievi di campioni rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT);
- prove down hole;
- prove di permeabilità Lefranc;
- installazione di piezometri a tubo aperto.

La perforazione è stata condotta con rotazione a carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 101 mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi. La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni realizzata con carotiere semplice, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).

La natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire i fori per il sostegno delle pareti: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5 m e del diametro di 127 mm alla profondità indicata in stratigrafia.

Le prove S.P.T. sono state eseguite attraverso infissione di un campionatore a parete grossa tipo Raymond (diam.51 mm, lunghezza utile 562 mm), collegato alla sonda da una batteria di aste di dimensioni standardizzate (diam. 41 mm, peso 7.5 kg/m), per mezzo di un'apparecchiatura a percussione del peso standard di 63.5 kg dall'altezza prefissata di 760 mm.

SONDAGGIO	UBICAZIONE/OPERA	DATA ESECUZIONE	LIVELLO PROGETTAZIONE	PROFONDITA'
				m
Spk9V	9+000	2014	definitivo	30
S1 cervaro	10+654	2014	definitivo	30
S2	11+766	2014	definitivo	30
S3	11+784	2014	definitivo	30
S5	14+942	2014	definitivo	30
S1 carapelle	16+712	2014	definitivo	30
S9	17+550	2014	definitivo	30
S1	18+024	2013	preliminare	30
S2	25+434	2013	preliminare	30
S13	25+466	2014	definitivo	30
S16	30+356	2014	definitivo	30
SD1	35+536	2014	definitivo	30
S4	36+782	2013	preliminare	30
S3	37+897	2013	preliminare	30
S18	38+023	2014	definitivo	30
S17	39+552	2014	definitivo	30
SD2	41+885	2014	definitivo	30
SD9	43+425	2014	definitivo	30
S21	44+435	2014	definitivo	30
S5	44+435	2013	preliminare	30
S1 OLIVASTRO	46+471	2014	definitivo	30
S1 NOCE	47+796	2014	definitivo	30
			TOT	660

a)

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA0X	01	D 11 RB	OC0001 001	A	14 di 104

SONDAGGIO	UBICAZIONE/OPERA	LIVELLO PROGETTAZIONE	PROFONDITA'
			m
SSE2	49+209	definitivo	30
SD12	50+340	definitivo	30
SD3	51+025	definitivo	30
S4GA	55+200	definitivo	30
S4GABIS	55+200	definitivo	30
S1GA	72+356	definitivo	30
S2GA	72+422	definitivo	30
s12	73+295	definitivo	30
S14	73+295	definitivo	30
SSE3	74+718	definitivo	30
S8	74+760	definitivo	30
SD5	87+090	definitivo	30
SD6	94+350	definitivo	30
S3GABIS	98+251	definitivo	30
S3GA	98+251	definitivo	30
SSE4	98+780	definitivo	30
SD7	108+364	definitivo	30
SD8	114+52	definitivo	30
SSE5	117+775	definitivo	30
TOT			570

b)

SONDAGGIO	UBICAZIONE/OPERA	LIVELLO PROGETTAZIONE	PROFONDITA'
			m
S1 ROCCHETTA	0+389	definitivo	30
CH1 ROCCHETTA	0+389		15
S1 RICOTTA	2+334	definitivo	30
CH1 RICOTTA	2+334		15
SD10	4+000	definitivo	30
SD11	5+000	definitivo	30
S1 CAMARDA NUOVA	7+969	definitivo	30
CH1 CAMARDA NUOVA	7+969		15
S1 CAMARDA VECCHIA	9+573	definitivo	30
CH1 CAMARDA VECCHIA	9+573		15
S1 CATAPANE	11+850	definitivo	30
CH1 CATAPANE	11+850		
S4	12+031	definitivo	30
TOT			300

c).

Tabella 3 Sondaggi - Campagna indagini 2013 e 2014 – a) tratta Cervaro – Rocchetta – b) tratta Rocchetta – Potenza – c) tratta Rocchetta - San Nicola di Melfi

Relazione geotecnica generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA0X 01 D 11 RB OC0001 001 A 15 di 104

SONDAGGIO	LIVELLO PROGETTAZIONE	PROVE DI LABORATORIO							PROVE IN SITO			PIEZOMETRO			
		NUMERO CAMPIONI PRELEVATI	GRANULOMETRIA	EDO	TD	CID	CIU	UU	ELL	SPT	CPT	SISMICA	LEFRANC	TUBO APERTO	
Spk9V	definitivo	3	3		1		1		1	6		1	1		
S1 cervaro	definitivo	2	2		1	2				6			1		
S2	definitivo	4	4							4	1	1	1		
S3	definitivo	4	4							4	1	1			
S5	definitivo	4	4		1	1		2	3	4	1	1			
S1 carapelle	definitivo									8			1		
S9	definitivo	2	2					2	2	4	1	1			
S1	preliminare									10		1	1		
S2	preliminare									10		1	1		
S13	definitivo	3	3		1			1	1	4		1			
S16	definitivo	4	4			3		1	2	4	1	1			
SD1	definitivo	3	3		1	1			1	7		2	1		
S4	preliminare									10		1	1		
S3	preliminare									10		1	1		
S18	definitivo	2	2		1			1	1	4		1	1		
S17	definitivo	3			1			1	1	4		1	1		
SD2	definitivo	3	3		1			1	1	7	1	2	1		
SD9	definitivo	2	2		1	1				7		2	1		
S21	definitivo	3	3			1		1	1	4		1	1		
S5	preliminare									10		1			
S1 OLIVASTRO	definitivo									3			1		
S1 NOCE	definitivo	3	3			3				2			1		
		45	42		8	13	0	11	13	1	132	0	6	21	16
		TOT													TOT

a)

SONDAGGIO	LIVELLO PROGETTAZIONE	PROVE DI LABORATORIO							PROVE IN SITO			PIEZOMETRO			
		NUMERO CAMPIONI PRELEVATI	GRANULOMETRIA	EDO	TD	CID	CIU	UU	ELL	SPT	SISMICA	LEFRANC	TUBO APERTO		
SSE2	definitivo	3	3			1		1	1	7	1	2	1		
SD12	definitivo		2		2				1	7	1	2	1		
SD3	definitivo	3		3	1	1				5		2	1		
S4GA	definitivo	2		2				1	1	7	1	1	1		
S4GABIS	definitivo	2		2				1	1	7		1	1		
S1GA	definitivo	1		1				1	1	4		1	1		
S2GA	definitivo									4	1	1	1		
S12	definitivo	2		2				1		4		1	1		
S14	definitivo	2		2				1	1	4		1	1		
SSE3	definitivo									4	1	1	1		
S8	definitivo	4		4		2		2		4		1	1		
SD5	definitivo									4	1	1	1		
SD6	definitivo	1		1		1				6		2	1		
S3GABIS	definitivo									4		1	1		
S3GA	definitivo	2		2					1	4	1	1	1		
SSE4	definitivo		3		3			1		7		2	1		
SD7	definitivo	3		3					1	7	1	2	1		
SD8	definitivo	1								4	1		1		
SSE5	definitivo	1		1		1				7		2	1		
		32	31		1	6	1	9	9	3	100	9	25	19	
		TOT													TOT

b)

SONDAGGIO	LIVELLO PROGETTAZIONE	PROVE DI LABORATORIO							PROVE IN SITO	PIEZOMETRO	
		NUMERO CAMPIONI PRELEVATI	GRANULOMETRIA	EDO	TD	CID	CIU	UU	ELL	SPT	TUBO APERTO
S1 ROCCHETTA	definitivo	3	3	3	3					3	1
CH1 ROCCHETTA	definitivo									5	
S1 RICOTTA	definitivo	2	2	1			1			3	1
CH1 RICOTTA	definitivo									8	
SD10	definitivo	5	5		2		1	1			
SD11	definitivo	3	3	1	1			1			
S1 CAMARDA NUOVA	definitivo	3	3	1	1		1			3	1
CH1 CAMARDA NUOVA	definitivo									9	
S1 CAMARDA VECCHIA	definitivo	3	3		1		1	1		7	1
CH1 CAMARDA VECCHIA	definitivo									9	
S1 CATAPANE	definitivo	2	2	1			1			5	1
CH1 CATAPANE	definitivo	2	2	1			1			9	
S4	definitivo	4	4				1	1		4	
		27	27	8	8	0	7	3	1	65	5
		TOT							TOT	TOT	

c)

Tabella 4 Prove in sito e in laboratorio eseguite nelle campagne indagini 2013 e 2014 - a) tratta Cervaro – Rocchetta – b) tratta Rocchetta – Potenza – c) tratta Rocchetta – San Nicola di Melfi

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

5.1 Tratta Cervaro – Rocchetta

Il tratto in questione si colloca nella porzione centro - settentrionale della zona di intervento, a quote prossime ai 100-190 m circa s.l.m. per i comuni di Cervaro, Ortona e Ascoli Satriano e tra i 230-270 m circa s.l.m. per il comune di Candela.

L'area ricadente nei comuni di Cervaro, Ortona e Ascoli Satriano è caratterizzata dalla presenza di estesi depositi alluvionali recenti. Tali depositi presentano uno spessore di circa 7÷12 m e risultano poggiati sulle Argille Subappennine.

I principali elementi di criticità geologica sono connessi alla presenza dei suddetti terreni i quali, infatti, presentano un comportamento meccanico generalmente scadente, fortemente eterogeneo e di certa inaffidabilità geotecnica, tale da consigliarne la bonifica preventiva ai fini dell'individuazione del piano di posa di eventuali opere di fondazione.

Durante la campagna indagine 2012/2013 per il progetto preliminare, in cui sono stati realizzati 5 sondaggi compresi tra le progressive S1 – 18+024 e S2 – 44+435, sono stati individuati principalmente:

- la presenza di strati superficiali costituiti da sabbie e ghiaie limose (alluvioni recenti) tra la progressiva 18+024 e la progressiva 31+000;
- la presenza di strati superficiali costituiti da limi argillosi (depositi – eluvio colluviali) tra la progressiva 31+000 e la progressiva 44+435;

dividendo sulla base di tali sondaggi il tracciato in due tratte:

- 8+650 – 31+000 strato superficiale costituito da alluvioni recenti ar, unità SG – sabbie e ghiaie limose;
- 31+000 – 46+000 strato superficiale costituito da deposito eluvio colluviale ec, unità LA – limi argillosi.

Sulla base delle indagini integrative eseguite per il progetto definitivo, risulta lungo il tratto Cervaro – Rocchetta la presenza in quasi tutti i sondaggi (eccetto S1 Cervaro pk 10+654, S1 Carapelle pk 16+712, S18 pk 38+023, S17 pk 39+552, SD2 pk 41+885) di uno strato superficiale di spessore variabile, di natura e luoghi prevalentemente limo argilloso (principalmente nella tratta compresa tra le progressive 8+650 – 18+024) a luoghi prevalentemente limo sabbiosa con intercalazioni ghiaiose, pertanto questo strato è stato individuato come un'unica unità litostratigrafica LS/LA.

Dunque, sulla base dei sondaggi integrativi, l'area oggetto del presente lavoro è caratterizzata dalle seguenti unità litostratigrafiche:

- unità **LS/LA**: limo argilloso e limo sabbioso appartenenti all'unità dei depositi alluvionali recenti e localmente alle coltri eluvio colluviali (dal sondaggio SD1 pk 35+536). Spessori variabili tra 0 – 9 m
- unità **GLS**: ghiaia in matrice sabbiosa appartenente all'unità dei depositi alluvionali recenti e terrazzati. Generalmente alla base degli strati LS/LA, talvolta anche negli strati più superficiali (S1 cervaro pk 10+654, S5 pk 14+492, S1 Carapelle pk 16+712). Spessori variabili tra 5 e 25 m
- unità **ASP**: argilla limose e limi argillosi con sottili intercalazioni di argille marnose, appartenente all'unità delle argille subappennine.

Generalmente si rinviene sempre uno strato di riporto, per spessori massimi di 1 m. Tale strato non viene caratterizzato

La caratterizzazione geotecnica seguirà la stratigrafia su indicata individuando in ogni strato:

- caratteristiche fisico – granulometriche;
- caratteristiche meccaniche di resistenza;
- caratteristiche meccaniche di compressibilità e deformabilità;
- caratteristiche di permeabilità.



LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2: ELETRRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE.

LOTTO 1 - ELETRRIFICAZIONE

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA0X	01	D 11 RB	OC0001 001	A	18 di 104

5.2 Tratta Rocchetta - Potenza

L'area è caratterizzata dalla presenza dei litotipi argilloso-marnosi del Flysch Rosso, parzialmente ricoperti da coltri alterate di esiguo spessore. Il Flysch Rosso è formato da argille, argille marnose e argilliti con intercalazioni di calcari marnosi, in strati da sottili a spessi.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono presenti elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

Nel progetto preliminare non sono stati realizzati sondaggi lungo la tratta Rocchetta – Potenza, pertanto, i sondaggi realizzati durante il progetto definitivo hanno permesso di individuare uno strato di coltre, di natura limo sabbiosa – limo argillosa, poggiante su litotipo argilloso – marnoso del Flysch rosso.

Considerando la complessità del materiale Flysch costituito da argille marnose e argilliti con intercalazioni di calcari marnosi, le scarse prove disponibili per l'unità di coltre peraltro non sempre presente, risulta complesso individuare una stratigrafia differenziata con la profondità, si considera pertanto un'unica unità AT appartenente appunto al Flysch Rosso. In alcuni sondaggi si ritrovano trovanti di roccia talvolta anche per diversi metri, come nel sondaggio S12 o SD6, ma sempre alternati ad argille, pertanto le caratteristiche meccaniche di tali strati non possono essere assimilate a roccia.

Inoltre, sebbene il tratto finale sembra essere caratterizzato talvolta dall'unità Flysch Numidico (da pk 104+736), dal punto di vista geotecnico, granulometrie, SPT e prove di laboratorio, non forniscono caratteristiche meccaniche particolarmente differenti che giustificerebbero l'introduzione di un'ulteriore unità litotecnica lungo tale tratta.

I sondaggi SD8 pk 114+552 e SSE5 pk 117+775 individuano il litotipo geologico afferente all'Unità di Potenza (TLV), dal punto di vista geotecnico le granulometrie disponibili per i due campioni prelevati nei sondaggi SD8 e SSE5 indicano dei limi argillosi, le permeabilità sono dell'ordine di 10^{-8} m/s, le SPT non forniscono caratteristiche meccaniche particolarmente differenti che giustificerebbero l'introduzione di un'ulteriore unità litotecnica lungo tale tratta. Tuttavia, alla progressiva pk 117+775 è collocata la cabina TE Potenza Centrale sondaggio di riferimento, per tale cabina occorre far riferimento al sondaggio SSE5 per valutare le caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità.

Anche la parte di riporto a volte presente è di natura limo argillosa e generalmente non contiene prove in sito o in laboratorio.

Dunque, sulla base dei sondaggi integrativi, l'area oggetto del presente lavoro è caratterizzata dalle seguenti unità litostratigrafiche:

– Unità AT di natura prevalentemente argillosa, avente caratteristiche variabili con la profondità e con le progressive

Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA0X	01	D 11 RB	OC0001 001	A	19 di 104

Generalmente si rinviene sempre uno strato di riporto, per spessori massimi di 1 m. Tale strato non viene caratterizzato

I parametri di resistenza sono stati dedotti dalle prove di laboratorio e prove SPT. È però da sottolineare che le prove SPT sono idonee alla caratterizzazione dei terreni incoerenti, quindi i dati elaborati per i terreni coesivi sono da prendere con cautela. Dalle prove di laboratorio disponibili si evince generalmente un comportamento duttile tipico di un'argilla normalmente consolidata, pertanto lì dove i risultati di laboratorio mostrano un valore di coesione diverso da zero, i risultati sono stati rielaborati considerando una coesione nulla e un angolo d'attrito maggiore. I risultati che mostravano andamenti non corretti sono stati scartati.

La caratterizzazione geotecnica individuerà per lo strato AT:

- caratteristiche fisico – granulometriche;
- caratteristiche meccaniche di resistenza;
- caratteristiche meccaniche di compressibilità e deformabilità;
- caratteristiche di permeabilità.

5.3 Tratta Rocchetta – San Nicola di Melfi

Il tratto compreso tra Rocchetta e San Nicola di Melfi è caratterizzato dalla presenza di terreni limoso argillosi generalmente consistenti che possono essere considerati appartenenti all'unità geologiche delle Argille Subappennine e delle Argille e Sabbie del Vallone Merifiano, talvolta ricoperti da uno strato di terreno sabbio ghiaioso fino a profondità massime di 15 m da p.c. (Camarda Vecchio pk 9+573) talvolta superficiali (Isca della Ricotta pk 2+334) che possono essere considerati appartenenti all'unità dei Depositi alluvionali terrazzati.

Il tratto in questione è stato pertanto diviso in due unità principali:

- Unità **GLS**: ghiaia in matrice sabbiosa alternata a sabbia fine;
- Unità **ASP**: limi argillosi generalmente consistenti

L'unità GLS è stata caratterizzata attraverso prove SPT, l'unità ASP oltre che attraverso prove SPT è stata caratterizzata principalmente attraverso i risultati di prove di laboratorio.

Generalmente si rinviene sempre uno strato di riporto, per spessori massimi di 1 m. Tale strato non viene caratterizzato

La caratterizzazione geotecnica individuerà per entrambi gli strati:

- caratteristiche fisico – granulometriche;
- caratteristiche meccaniche di resistenza;
- caratteristiche meccaniche di compressibilità e deformabilità;
- caratteristiche di permeabilità.

6 PIEZOMETRIA

Per valutare il livello piezometrico sono stati utilizzati piezometri a tubo aperto. Di seguito si riportano le misure di falda effettuate nella campagna di indagini oggetto della presente relazione.

SONDAGGIO	UBICAZIONE/OPERA	PIEZOMETRO	
		TUBO APERTO	PROFONDITA' FALDA DA P.C.
SSE2	49+209	1	6.5
SD12	50+340	1	6.2
SD3	51+025	1	3
S4GA	55+200	1	9.8
S4GABIS	55+200	1	9.8
S1GA	72+356	1	9
S2GA	72+422	1	9
s12	73+295	1	12.5
S14	73+295	1	15.5
SSE3	74+718	1	5
S8	74+760	1	25.5
SD5	87+090	1	3.4
SD6	94+350	1	3.3
S3GABIS	98+251	1	3
S3GA	98+251	1	3
SSE4	98+780	1	4
SD7	108+364	1	3.5
SD8	114+52	1	5.5
a) SSE5	117+775	1	3.8

SONDAGGIO	UBICAZIONE/OPERA	PIEZOMETRO	
		TUBO APERTO	PROFONDITÀ FALDA DA P.C. [m]
Spk9V	9+000	1	8
S1 cervaro	10+654	1	8
S2	11+766	1	8
S1 carapelle	16+712	1	0
S1	18+024	1	7.5
S2	25+434	1	6
SD1	35+536	1	3.5
S4	36+782	1	6
S3	37+897	1	5.5
S18	38+023	1	2
S17	39+552	1	2
SD2	41+885	1	4
SD9	43+425	1	8
S1 OLIVASTRO	46+471	1	7
S1 NOCE	47+796	1	6.5
		16	
		TOT	

b)

SONDAGGIO	UBICAZIONE/OPERA	PIEZOMETRO	
		TUBO APERTO	PROFONDITÀ FALDA AD P.C. [m]
S1 ROCCHETTA	0+389	1	3.5
S1 RICOTTA	2+334	1	p.c.
SD10	4+000		7.1
SD11	5+000		5.5
S1 CAMARDA NUOVA	7+969	1	0.5
S1 CAMARDA VECCHIA	9+573	1	6
S1 CATAPANE	11+850	1	3.5
S4	12+031		20

c)

Tabella 5 Letture piezometriche a) tratta Cervaro – Rocchetta – b) tratta Rocchetta – Potenza – c) tratta Rocchetta - San Nicola di Melfi

I rilievi piezometrici, confermano la presenza di falda freatica a profondità media compresa tra 5 e 6 m da piano campagna nel tratto Cervaro – Rocchetta; circa 7 m da p.c. per il tratto Rocchetta – Potenza; circa 4 m da p.c. per il tratto Rocchetta San Nicola di Melfi escludendo il risultato del piezometro S4.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La definizione dei parametri geotecnici per le unità litotecniche sopra descritte è stata effettuata attraverso correlazioni di comune utilizzo in campo geotecnico, a partire dalle risultanze delle indagini disponibili:

- prove in foro SPT;
- prove down hole;
- prove di laboratorio geotecnico;
- prove Lefranc.

I terreni che caratterizzano la tratta in questione sono di natura incoerente o coesiva. I parametri di resistenza dedotti dalle prove SPT per i terreni coesivi sono da prendere con cautela e per essi si dà maggiore importanza alle prove di laboratorio, lì dove presenti.

Le prove SPT sono state elaborate utilizzando di volta in volta le correlazioni della letteratura che meglio si adattano per ricavare densità relativa, angolo di resistenza al taglio e modulo di Young.

7.1 Terreni incoerenti

Densità relativa

Bazaraa (1967)

Questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo. La correlazione, a differenza delle precedenti che sono definite per mezzo di prove SPT eseguite in laboratorio su campioni ricostituiti, si basa su prove in sito SPT. La critica mossa dall'autore riportava che le prime potevano non essere rappresentative dei valori di N che a parità di densità relativa in laboratorio non tenevano conto di fattori importanti come la cementazione, l'invecchiamento (aging) e la storia tensionale del deposito.

Partendo da tali obiezioni Bazaraa è pervenuto alle seguenti correlazioni:

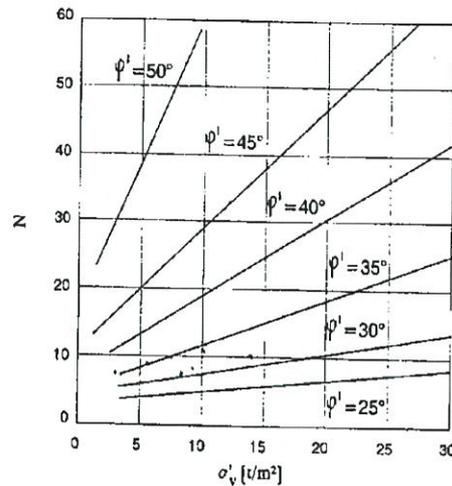
$$\text{per } \sigma'_{v0} \leq 0.732 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad D_r^2 = \frac{N}{20 \cdot (1 + 4.1 \cdot \sigma'_{v0})}$$

$$\text{per } \sigma'_{v0} > 0.732 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad D_r^2 = \frac{N}{20 \cdot (3.24 + 1.024 \cdot \sigma'_{v0})}$$

tensione verticale efficace $\sigma'v$ espressa in kg/cm²

Angolo d'attrito

De Mello (1971):



Modulo E'

D'Apollonia

$$E' = s_1 \cdot N_{SPT} + s_2 \text{ [MPa]}$$

E' [MPa] D'Apollonia			
	s ₁	s ₂	
1	0.756	18.750	Sabbie e ghiaie NC
2	1.043	36.790	Sabbie SC
3	0.478	7.170	Sabbia satura
4	0.316	1.580	Sabbia argillosa
5	1.163	0.029	Terreni coesivi

Modulo G_0

Un criterio generale per correlare le SPT con le V_s è il seguente:

- tutte le misure devono essere eseguite al di sotto del livello piezometrico dove può essere fatta una stima ragionevole dello sforzo verticale effettivo;
- tutte le misure dovrebbero essere eseguite tramite CPT poiché si ottiene una descrizione dettagliata del profilo del suolo ma se questo non è possibile, la quantità di prove SPT deve essere tale da fornire un trend di dati consistente (Andrus e Juang, 2002). Per la valutazione del modulo di taglio dinamico G_0 si potrebbe utilizzare il metodo proposto da Ohta e Goto (1978) che ricava dapprima la velocità delle onde di taglio $V_s = f(N_{spt})$

$$V_s = 54.33 N_{SPT}^{0.173} \cdot \alpha\beta \left(\frac{z}{0.303} \right)^{0.193} \quad [\text{m/s}]$$

$$G_0 = V_s^2 \cdot \frac{\gamma}{g} \quad [\text{kPa}]$$

OHTA & GOTO (1978):					
		fa			fg
1	Olocene (attuale)	1	1	ghiaia	1.45
2	Pleistocene (circa 1.8 Mpa)	1.303	2	sabbie ghiaiose	1.15
			3	sabbie grosse	1.14
			4	sabbie medie	1.09
			5	sabbie fini	1.07
			6	argille	1

Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA0X	01	D 11 RB	OC0001 001	A	25 di 104

7.2 Terreni coesivi

Per i depositi coesivi la caratterizzazione geotecnica è stata fatta oltre che dall'interpretazione delle prove in sito anche dai risultati delle prove di laboratorio sui campioni indisturbati.

Angolo d'attrito

La resistenza al taglio in condizioni drenate è stata valutata sulle risultanze delle prove di laboratorio triassiali consolidate non drenate (CU), delle prove triassiali consolidate drenate (CD) e delle prove di taglio diretto (TD). Inoltre, seppur come indicazione, è possibile utilizzare la correlazione proposta da Peck (1953) per i litotipi di natura incoerente che presentano una forte componente limosa. In questo senso l'angolo d'attrito risulta limitatamente influenzato dalla DR per cui si suppone che quello di picco e quello a volume costante in tale caso coincidano:

$$\varphi'p (\text{°}) = \varphi'cv (\text{°}) = 0.30 N_{SPT} + 20$$

Coesione non drenata

La resistenza al taglio in condizioni non drenate è stata valutata principalmente sulla base delle prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL), sulla base di prove triassiali non consolidate non drenate (UU) e delle prove speditive di Pocket Penetrometer (PP).

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

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

Modulo E

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi coesivi possono essere stimati:

- dalle prove in sito;
- da correlazioni di letteratura.

Stroud correla inoltre il modulo di deformazione operativo ai valori di NSPT secondo la seguente espressione:

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

dove:

- E'_v = modulo di deformazione operativo (kPa)
- c_u = resistenza al taglio non drenata (kPa);

7.3 Tratta Cervaro – Rocchetta

La tratta Cervaro - Rocchetta è caratterizzata dalle seguenti unità litostratigrafiche:

- unità LS/LA: limo argilloso e limo sabbioso appartenenti all'unità dei depositi alluvionali recenti e localmente alle coltri eluvio colluviali (dal sondaggio SD1 pk 35+536). Spessori variabili tra 0 – 9 m
- unità G: ghiaia in matrice sabbiosa appartenente all'unità dei depositi alluvionali recenti e terrazzati. Generalmente alla base degli strati LS/LA, talvolta anche negli strati più superficiali (S1 Cervaro pk 10+654, S5 pk 14+492, S1 Carapelle pk 16+712). Spessori variabili tra 5 e 25 m
- unità ASP: argilla limose e limi argillosi con sottili intercalazioni di argille marnose, appartenente all'unità delle argille subappennine.

La caratterizzazione geotecnica seguirà la stratigrafia su indicata individuando in ogni strato:

- caratteristiche fisico – granulometriche;
- caratteristiche meccaniche di resistenza;
- caratteristiche meccaniche di compressibilità e deformabilità;
- caratteristiche di permeabilità.

7.3.1 Unità LS/LA

Litotipo costituito da limi argillosi e/o sabbiosi.

Sulla base delle indagini integrative eseguite per il progetto definitivo, lungo la tratta Cervaro – Rocchetta si individua la presenza in quasi tutti i sondaggi (eccetto S1 Cervaro pk 10+654, S1 Carapelle pk 16+712, S18 pk 38+023, S17 pk 39+552, SD2 pk 41+885) di uno strato superficiale di spessore variabile, di natura a luoghi prevalentemente limo argilloso (prevalentemente nella tratta compresa tra le progressive 8+650 – 18+024) a luoghi prevalentemente limo sabbioso con intercalazioni ghiaiose. Si tratta di unità appartenenti alle Unità continentali di copertura – depositi alluvionali recenti, attuali, coltri eluvio colluviali.

Spesso tali strati non possono essere caratterizzati per mancanza di prove, generalmente è disponibile qualche prova SPT che permette di valutare le caratteristiche meccaniche, ma difficilmente è possibile rinvenire le caratteristiche granulometriche per mancanza di campioni prelevati.

Pertanto la caratterizzazione di tali strati è stata eseguita sulla base delle prove SPT disponibili, distinguendo le caratteristiche geotecniche lungo la tratta in esame sulla base delle indicazioni reperibili lungo i sondaggi (natura prevalentemente limo sabbioso o limo argilloso).

Sono disponibili due sole prove di laboratorio, una prova di taglio diretto e una prova triassiale consolidata non drenata. In entrambe il materiale mostra un comportamento duttile, pertanto i valori dell'angolo di attrito sono stati ottenuti considerando un coesione nulla.

Nella Tabella 6 sono indicati i diversi sondaggi con le profondità degli strati relativi all'unità LS/LA.

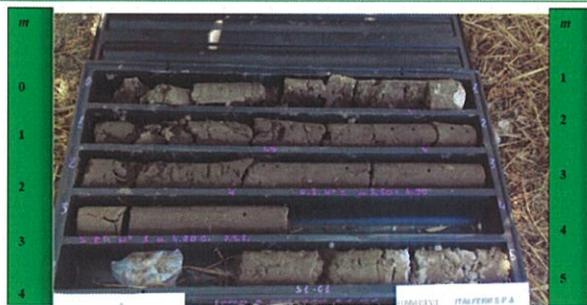
STRATO LS/LA		
sondaggio	pk	profondità [m]
SPK9	9+000	0-5
S2	11+764	0-4
S3	11+784	0-2.5
S9	17+550	0-4.3
S1 - 2013	18+024	0-5.5
S2 - 2013	25+434	0-9.6
S13	25+466	0-9.5
S16	30+356	0-15
SD1	35+536	0-8
S4 - 2013	36+782	0-6
S3 - 2013	37+897	0-4
S21	44+435	0-3
S5 - 2013	44+435	0-9
S1 OLIVASTRO	46+471	0-6
S1 NOCE	47+796	0-5.5
CHE NOCE	47+796	0-4.5

Tabella 6 Unità LS/LA lungo i sondaggi

L'alternanza di strati a prevalenza limo argillosa e strati a prevalenza limo sabbiosa si individua anche attraverso le carote prelevate durante i sondaggi, in particolare, in progressione lungo la tratta si osserva:

- un primo tratto da 9+000 (spk9) a 17+550 (S9) di terreno superficiale di natura prevalentemente limo argilloso;

Linea Foggia-Potenza – Indagini delle aree adiacenti alla linea ferroviaria
Sondaggio Spk9V' (L=30,00m)



Comitente: ITALFERR S.p.A. Sondaggio: S9
Riferimento: Indagini geognostiche linea ferroviaria Foggia-Potenza Data esecuzione: 21-22/11/14
Fotografia - Pagina 1/5 Pagina 1



- un secondo tratto da 17+550 (S9) a 36+782 (S4 2013) di terreno superficiale di natura prevalentemente limo sabbiosa talvolta con intercalazioni di ghiaia;

Linea RFI Potenza-Foggia – Ascoli Satriano (FG) - Sondaggio S2 (L=30,00m)



- un terzo tratto da 36+782 (S4 2013) a 44+435 (S21) terreni di natura prevalentemente limo argillosa;

Linea RFI Potenza-Foggia – Candela (FG) - Sondaggio S3 (L=30,00m)



- un quarto tratto da 44+435 (S21) a 47+796 (CH1 Noce) terreni di natura prevalentemente limo sabbiosa



Olivastro: Cassetta SI/1 - da m0.00 a m5.00

Si riporta di seguito la caratterizzazione suddivisa per sondaggi in modo da valutare la variazione delle caratteristiche meccaniche dell'unità lungo la tratta in esame.

7.3.1.1 Caratteristiche fisico – granulometriche

Le granulometrie mostrano la prevalenza di limo a cui si aggiunge una percentuale variabile di argilla e sabbia. Si conferma la natura limo sabbiosa e limo argillosa dell'unità. L'indice di consistenza varia tra bassa e alta consistenza, pertanto la consistenza dell'unità è molto variabile lungo la tratta. La carta di Casagrande in Figura 4 indica che si tratta di argille a media plasticità

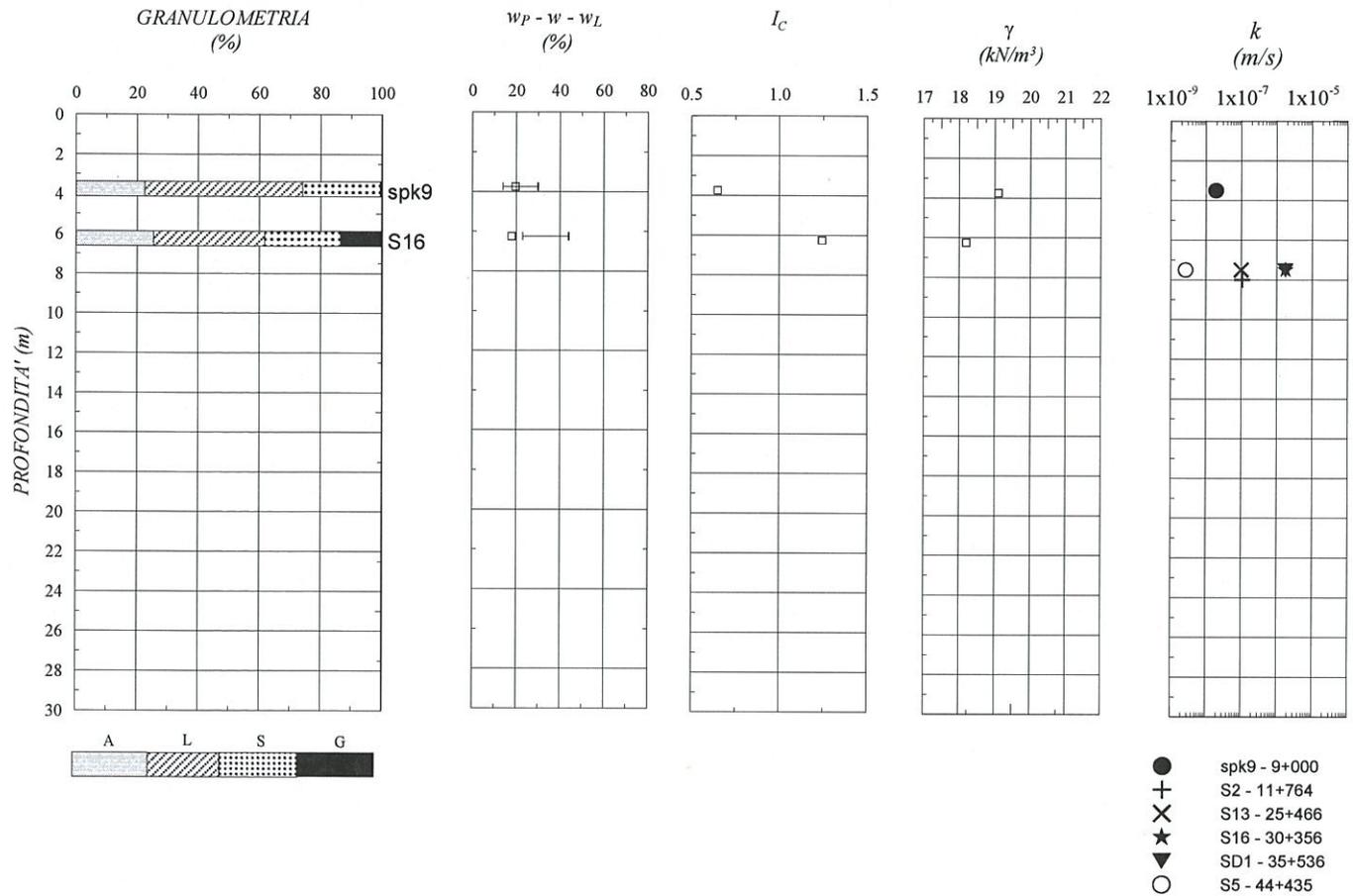


Figura 3 Caratteristiche fisico – granulometriche unità LS/LA

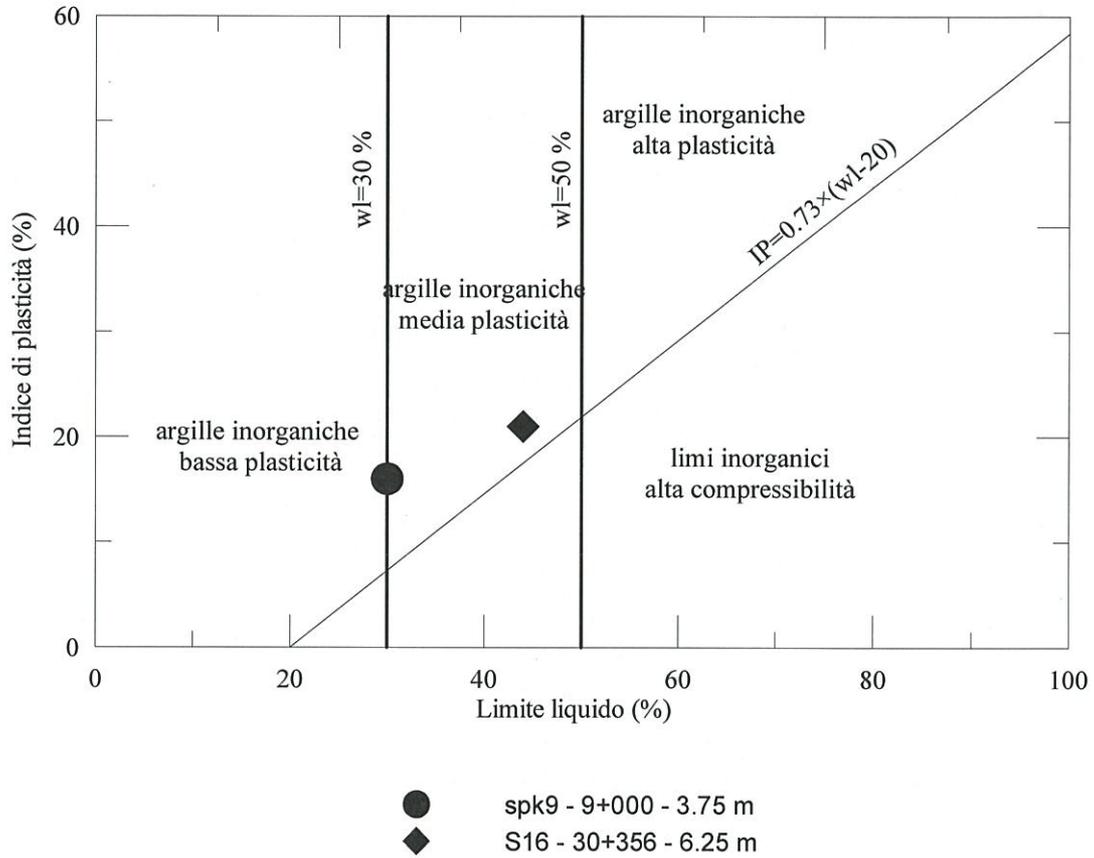


Figura 4 Carta di plasticità di Casagrande unità LS/LA

7.3.1.2 Caratteristiche meccaniche di resistenza

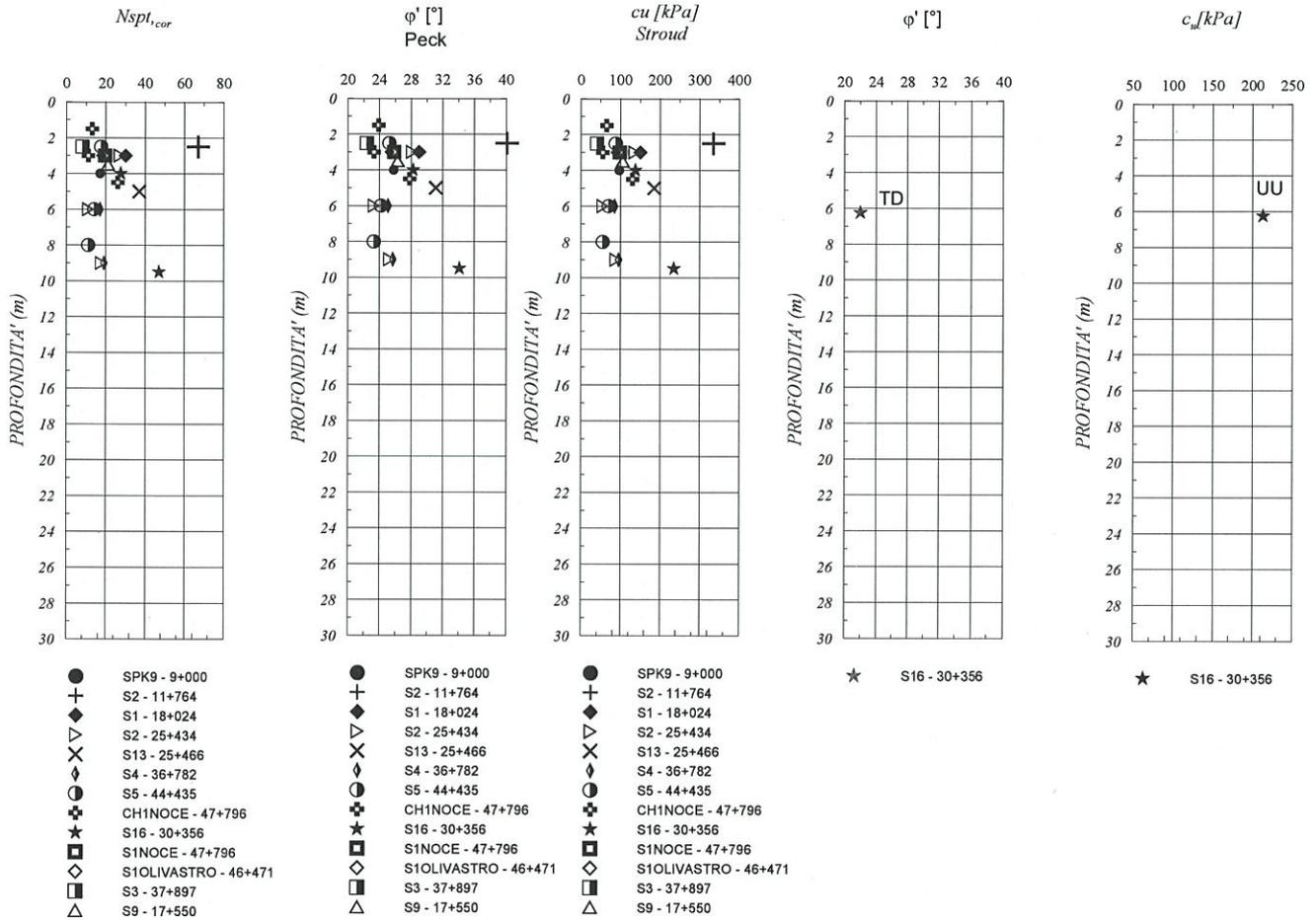


Figura 5 Caratteristiche meccaniche di resistenza unità LS/LA

7.3.1.3 Caratteristiche meccaniche di deformabilità

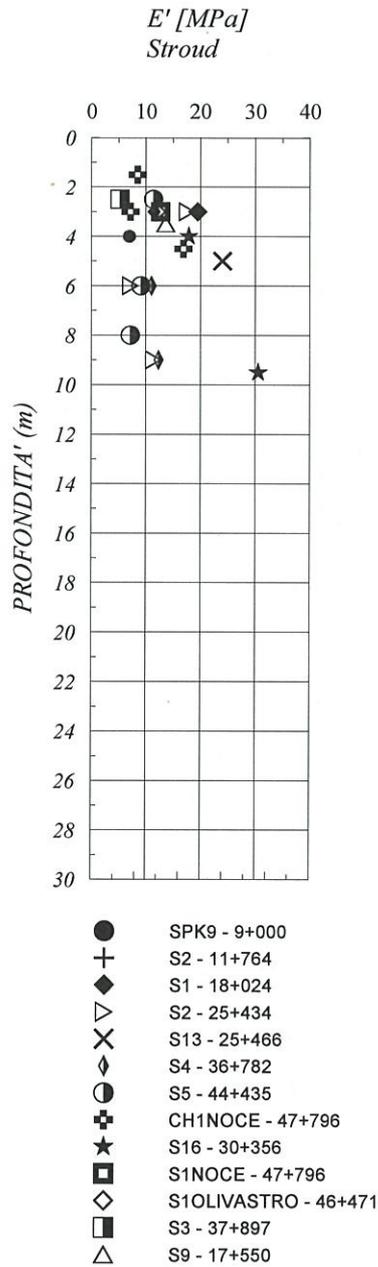
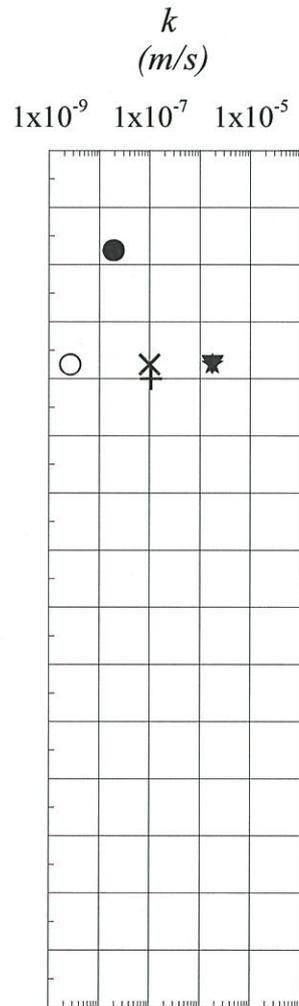


Figura 6 Caratteristiche meccaniche di deformabilità e Vs unità LS/LA

7.3.1.4 Caratteristiche di permeabilità



- spk9 - 9+000
- + S2 - 11+764
- X S13 - 25+466
- ★ S16 - 30+356
- ▼ SD1 - 35+536
- S5 - 44+435

Figura 7 Permeabilità unità LS/LA

7.3.2 Unità GLS

L'unità G è costituita prevalentemente da ghiaia in matrice sabbiosa, Figura 8, generalmente posta alla base degli strati LS/LA, talvolta anche negli strati più superficiali (sondaggi S1 cervaro pk 10+654, S5 pk 14+492, S1 carapelle pk 16+712). Nella campagna indagine 2012/2013 per il progetto preliminare, tale strato non era stato intercettato, se non nei sondaggi S1 pk 18+024 tra 5.5 m e 10 m da p.c. e S2 pk 25+434 come piccola intercalazione all'interno dello strato più superficiale LS/LA.

Sulla base della campagna indagine relativa al progetto definitivo è stato possibile individuare la presenza dello strato ghiaioso in diversi sondaggi e a differenti profondità, indicate nella successiva Tabella 7.

STRATO GLS		
sondaggio	pk	profondità [m]
SPK9	9+000	5 - .25
S1 CERVARO	10+654	0 - 20
S2 2014	11+764	4 - .30
S3 2014	11+784	2.5 - 30
S5 2014	14+492	0 - 9
S1 CARAPELLE	16+712	0 - 15
S9 2014	17+550	4.3 - 12.5
S1 2013	18+024	5.5 - 10

Tabella 7 Unità GLS lungo i sondaggi

Lo strato viene caratterizzato prevalentemente attraverso le prove SPT, molte delle quali restituiscono valori a rifiuto. Pertanto i valori a rifiuto non forniscono alcuna indicazione sullo strato, poiché dipendenti dalla presenza di ciottoli. Ad esempio le cassette indicate nella figura seguente sono relative al sondaggio Spk9 che restituisce tutti valori di SPT a rifiuto, e al sondaggio S1 che restituisce valori di SPT compresi tra 18 a profondità 16 m e 61 a profondità 9m, valori molto differenti sebbene osservando le carote non si noti un'evidente differenza. Pertanto i valori a rifiuto vanno presi con cautela e non possono essere considerati come valori indicativi di uno strato molto addensato e resistente.

*Linea Foggia-Potenza – Indagini delle aree adiacenti alla linea ferroviaria
Sondaggio Spk9V (L=30.00m)*



Carapelle: Cassetta S1/2 – da m5.00 a m10.00

Figura 8 Cassetta strato GLS

7.3.2.1 Caratteristiche granulometriche

GRANULOMETRIA
(%)

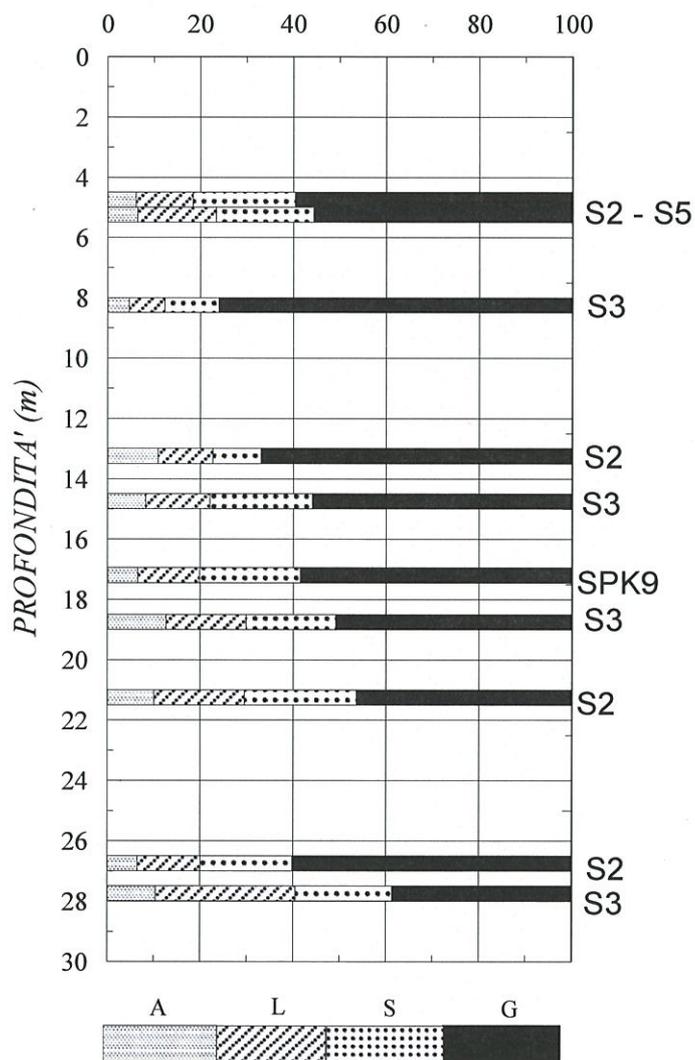


Figura 9 Granulometrie unità GLS

7.3.2.2 Caratteristiche meccaniche di resistenza

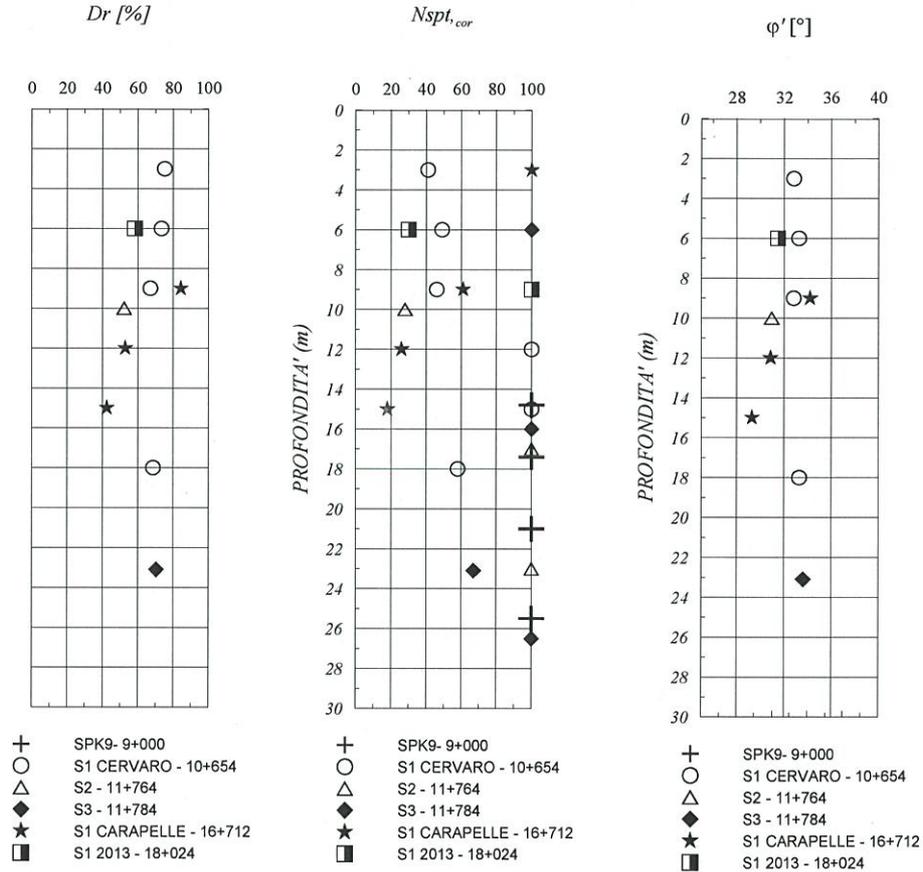


Figura 10 Caratteristiche meccaniche di resistenza unità GLS

7.3.2.3 Caratteristiche meccaniche di deformabilità

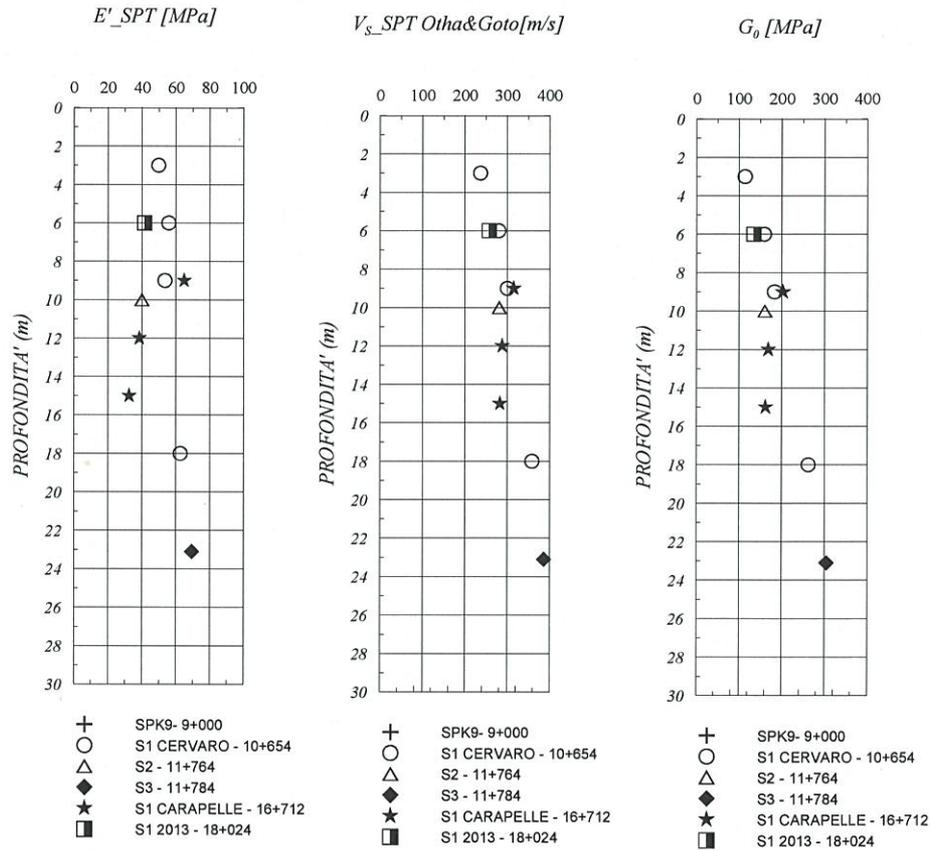


Figura 11 Caratteristiche meccaniche di deformabilità unità GLS

7.3.2.4 Caratteristiche di permeabilità

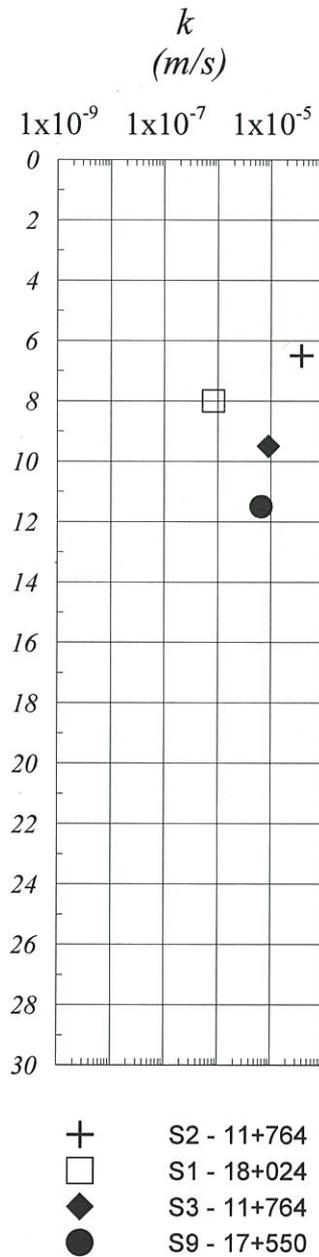


Figura 12 Permeabilità unità GLS

7.3.3 Unità ASP

L'unità ASP è costituita prevalentemente da argille limose appartenenti all'unità delle argille subappenniniche. Sulla base dei sondaggi realizzati nel corso del progetto preliminare l'unità AS era stata intercettata da tutti i sondaggi S1 – S5.

Sulla base della campagna indagine relativa al progetto definitivo è stato possibile individuare nel tratto iniziale l'unità AS costituita prevalentemente da limi sabbiosi - argillosi (da SPK9 pk 9+000 a S9 pk 17+550) e localizzati alla base degli strati ghiaiosi (Unità GLS), tendenti nel tratto centrale (da S1 2013 pk 25+434 a S5 2013 pk 44+435) prevalentemente ad argilla siltosa o limosa con una consistenza variabile sia con la profondità che con le progressive, come si evidenzierà successivamente attraverso le elaborazioni, e nel tratto finale (da S1 Olivastro pk 46+471 a CH1 Noce pk 47+796) costituita prevalentemente da limi sabbiosi – argillosi.

I sondaggi e le profondità a cui viene intercettata l'unità AS sono indicati nella successiva tabella

STRATO ASP		
sondaggio	pk	profondità [m]
SPK9	9+000	25-30
S1 CERVARO	10+654	20-30
S5 2014	14+492	9-23.
S9	17+550	13-30
S1 2013	18+024	10-30.
S2 2013	25+434	12-30.
S13	25+466	9.5-30
S16	30+356	15-30
SD1	35+536	8-30.
S4 2013	36+782	6-30.
S3 2013	37+897	4-30.
S18	38+023	4-30.
S17	39+552	0-30
SD2	41+885	0-30
SD9	43+425	0-30
S21	44+435	3-30.
S5 2013	44+435	9-30.
S1 OLIVASTRO	46+471	6-30.
S1 NOCE	47+796	5.5-30
CH1 NOCE	47+796	4.5-30

Tabella 8 Unità ASP lungo i sondaggi

Lo strato è stato caratterizzato attraverso prove di laboratorio e prove SPT, considerando però che le prove SPT sono idonee alla caratterizzazione dei terreni incoerenti, quindi i dati elaborati per i terreni coesivi sono da prendere con cautela, tuttavia i range dei parametri geotecnici sono stati presi a partire dalle prove di laboratorio.

7.3.3.1 Caratteristiche fisico granulometriche

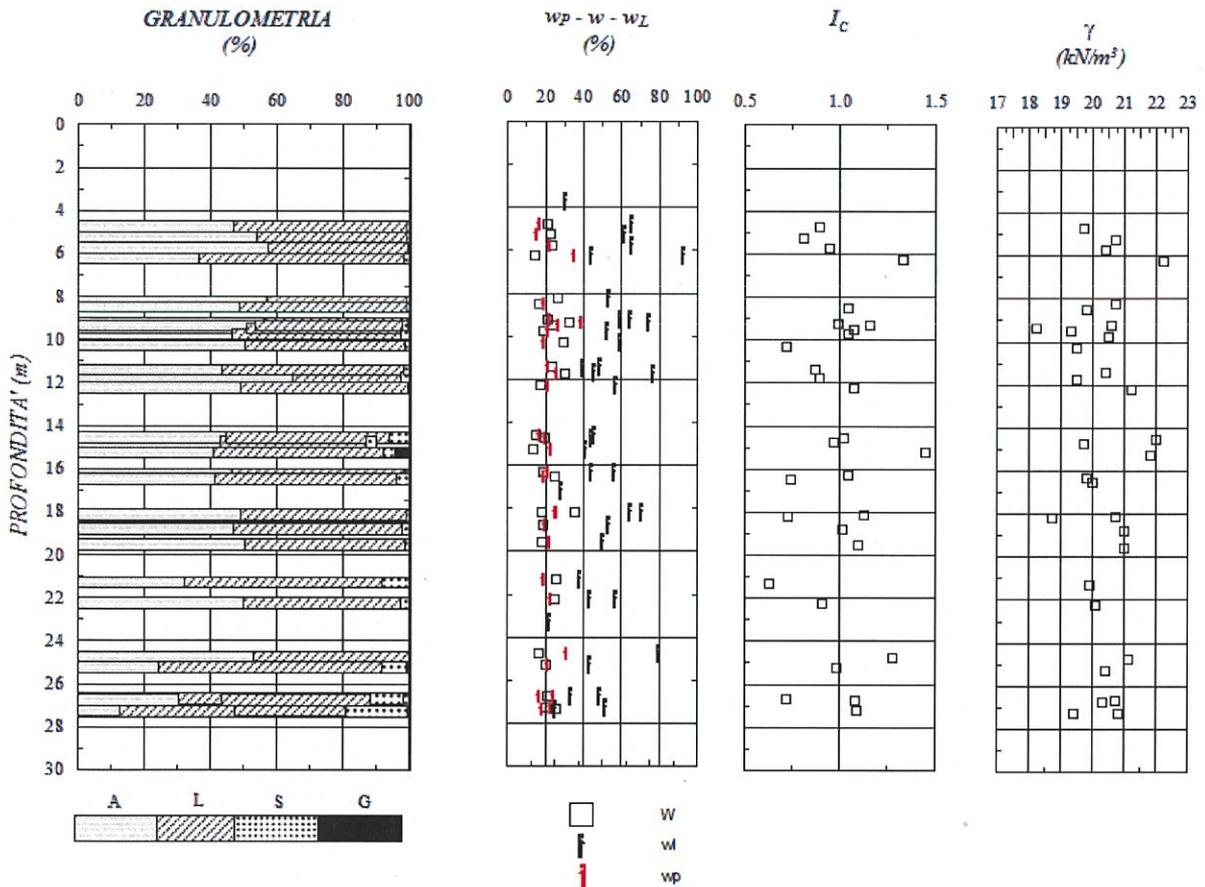


Figura 13 Caratteristiche fisico granulometriche unità ASP

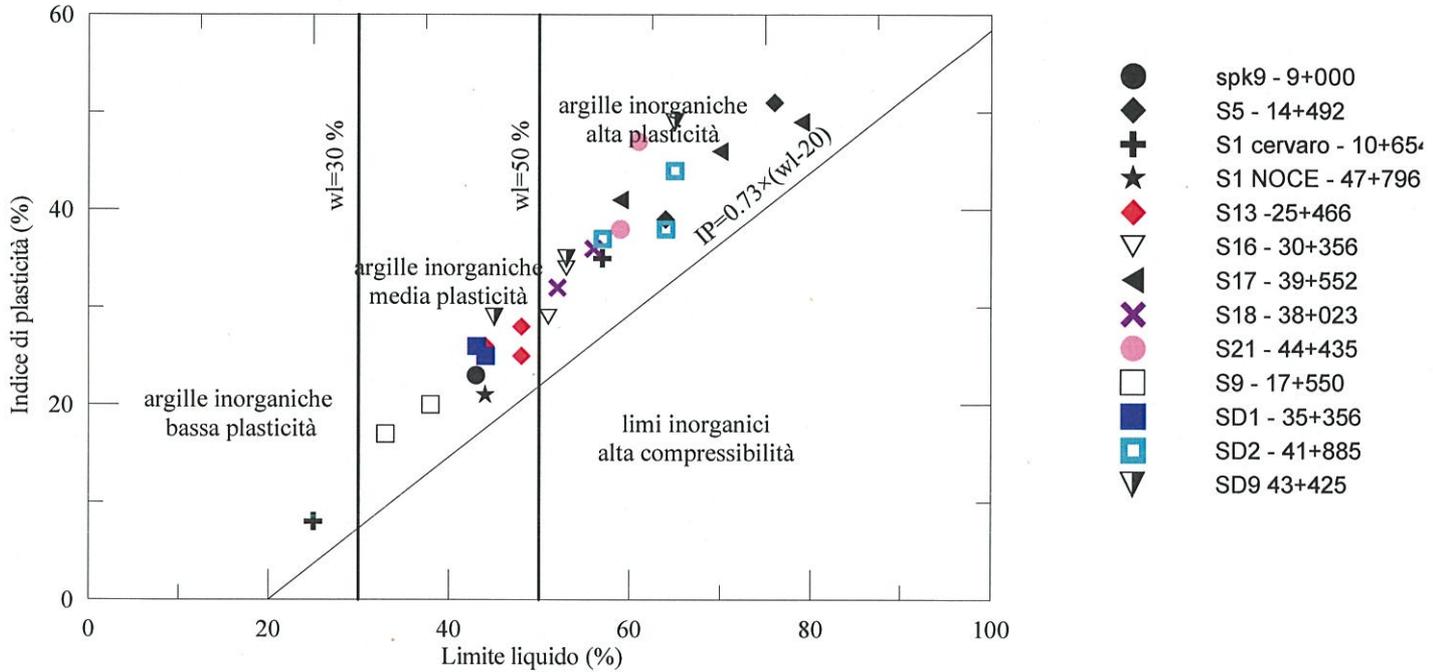


Figura 14 Carta di plasticità di Casagrande unità ASP

7.3.3.2 Caratteristiche meccaniche di resistenza

$N_{spt,cor}$

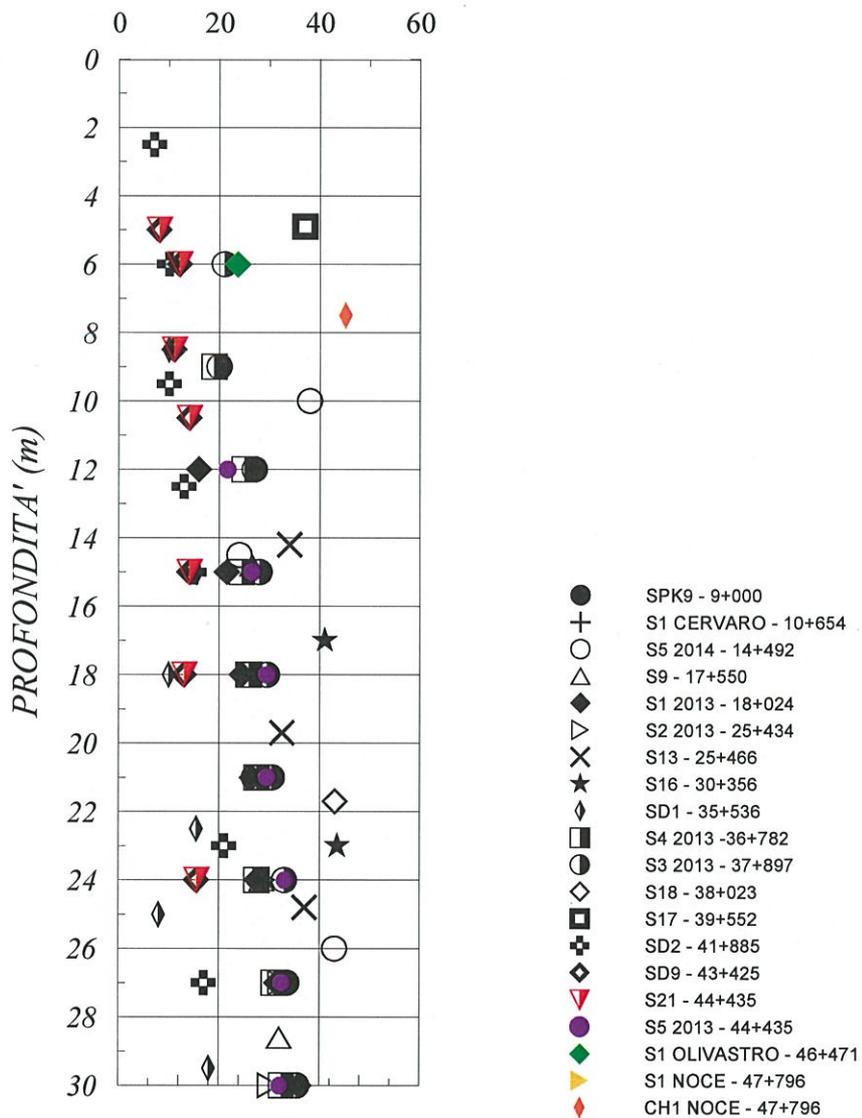


Figura 15 Valori di N_{spt}

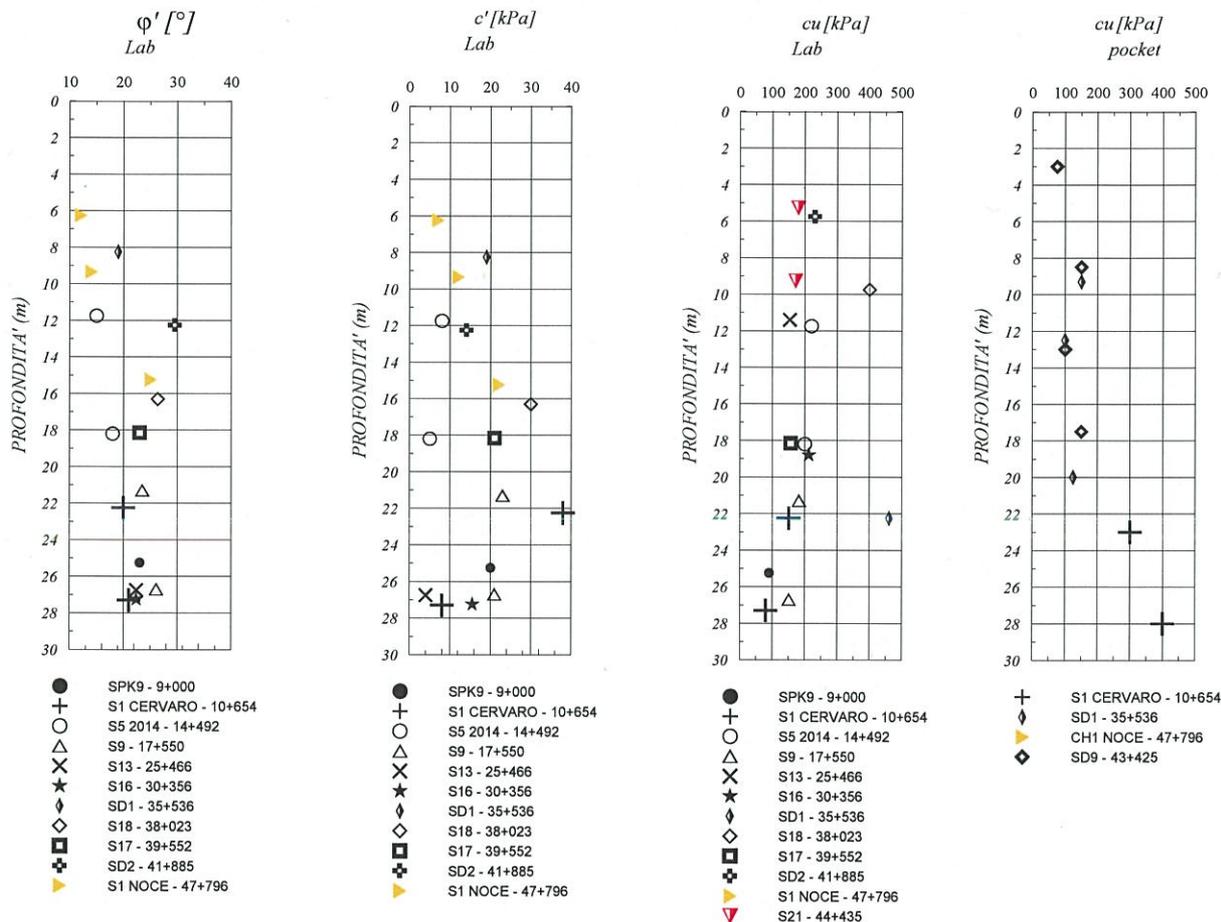


Figura 16 Caratteristiche meccaniche di resistenza unità ASP da prove di laboratorio

7.3.3.3 Caratteristiche meccaniche di deformabilità

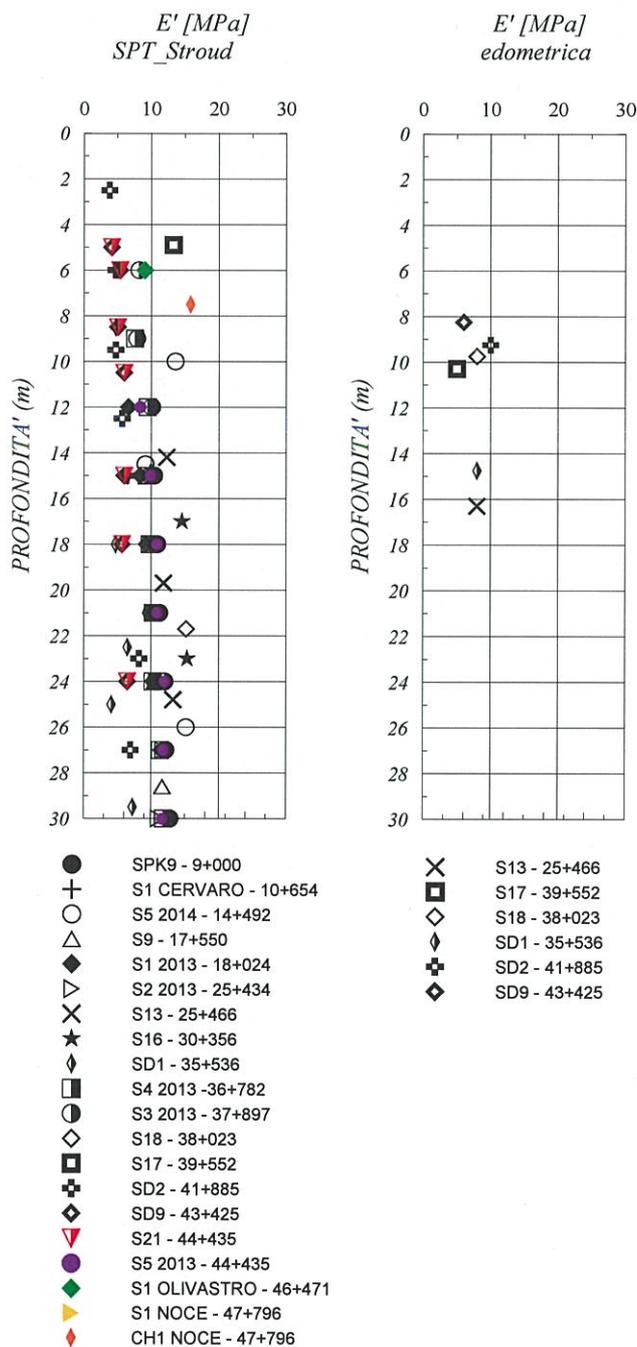


Figura 17 Caratteristiche meccaniche di deformabilità unità ASP

7.3.3.4 Caratteristiche di permeabilità

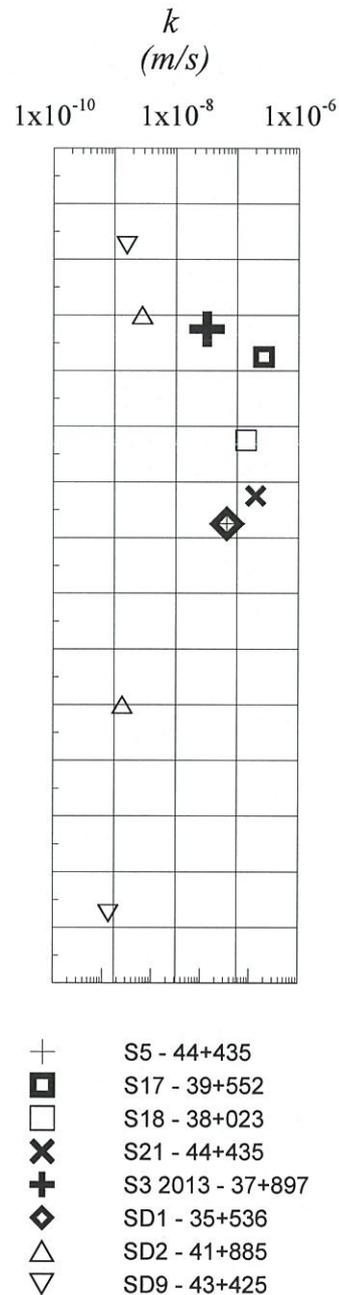


Figura 18 Permeabilità unità ASP

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2: ELETRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE.					
	LOTTO 1 - ELETRIFICAZIONE					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA IAOX	LOTTO 01	CODIFICA D 11 RB	DOCUMENTO OC 00 10 001	REV. A	FOGLIO 48 di 104

7.4 Tratta Rocchetta - Potenza

La tratta Rocchetta - Potenza è caratterizzata dalle seguenti unità litostratigrafiche:

- Unità AT di natura prevalentemente argillosa, avente caratteristiche variabili con la profondità e con le progressive

I parametri di resistenza sono stati dedotti dalle prove di laboratorio e prove SPT. È però da sottolineare che le prove SPT sono idonee alla caratterizzazione dei terreni incoerenti, quindi i dati elaborati per i terreni coesivi sono da prendere con cautela. Dalle prove di laboratorio disponibili si evince generalmente un comportamento duttile tipico di un'argilla normalmente consolidata, pertanto lì dove i risultati di laboratorio mostrano un valore di coesione diverso da zero, i risultati sono stati rielaborati considerando una coesione nulla e un angolo d'attrito maggiore. I risultati che mostravano andamenti non corretti sono stati scartati.

La caratterizzazione geotecnica individuerà per lo strato AT:

- caratteristiche fisico – granulometriche;
 - caratteristiche meccaniche di resistenza;
 - caratteristiche meccaniche di compressibilità e deformabilità;
- caratteristiche di permeabilità

7.4.1 Unità AT

L'area è caratterizzata dalla presenza dei litotipi argilloso-marnosi del Flysch Rosso, parzialmente ricoperti da coltri alterate di esiguo spessore. Il Flysch Rosso è formato da argille, argille marnose e argilliti con intercalazioni di calcari marnosi, in strati da sottili a spessi.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono presenti elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Nel progetto preliminare non sono stati realizzati sondaggi lungo la tratta Rocchetta – Potenza, pertanto, i sondaggi realizzati durante il progetto definitivo hanno permesso di individuare uno strato di coltre, di natura limo sabbiosa – limo argillosa, poggiate su litotipo argilloso – marnoso del Flysch rosso.

Considerando la complessità del materiale Flysch costituito da argille marnose e argilliti con intercalazioni di calcari marnosi, le scarse prove disponibili per l'unità di coltre peraltro non sempre presente, risulta complesso individuare una stratigrafia differenziata con la profondità, si considera pertanto un'unica unità

AT appartenente appunto al Flysh Rosso. In alcuni sondaggi si ritrovano trovanti di roccia talvolta anche per diversi metri, come nel sondaggio S12 o SD6, ma sempre alternati ad argille, pertanto le caratteristiche meccaniche di tali strati non possono esser assimilate a roccia.

Inoltre, sebbene il tratto finale sembra essere caratterizzato talvolta dall'unità Flysh Numidico (da pk 104+736), dal punto di vista geotecnico, granulometrie, SPT e prove di laboratorio, non forniscono caratteristiche meccaniche particolarmente differenti che giustificerebbero l'introduzione di un'ulteriore unità litotecnica lungo tale tratta.

Si riporta di seguito la caratterizzazione suddivisa per sondaggi in modo da valutare la variazione delle caratteristiche meccaniche dell'unità lungo la tratta in esame.

7.4.1.1 Caratteristiche fisico – granulometriche

Le granulometrie mostrano la prevalenza di limo a cui si aggiunge una percentuale variabile di argilla. Si conferma la natura limo argillosa dell'unità. L'indice di consistenza è generalmente maggiore di 1, indica pertanto terreni consistenti. La carta di Casagrande in Figura 20 indica che si tratta di argille a media plasticità e alta plasticità a seconda della localizzazione del sondaggio lungo la tratta.

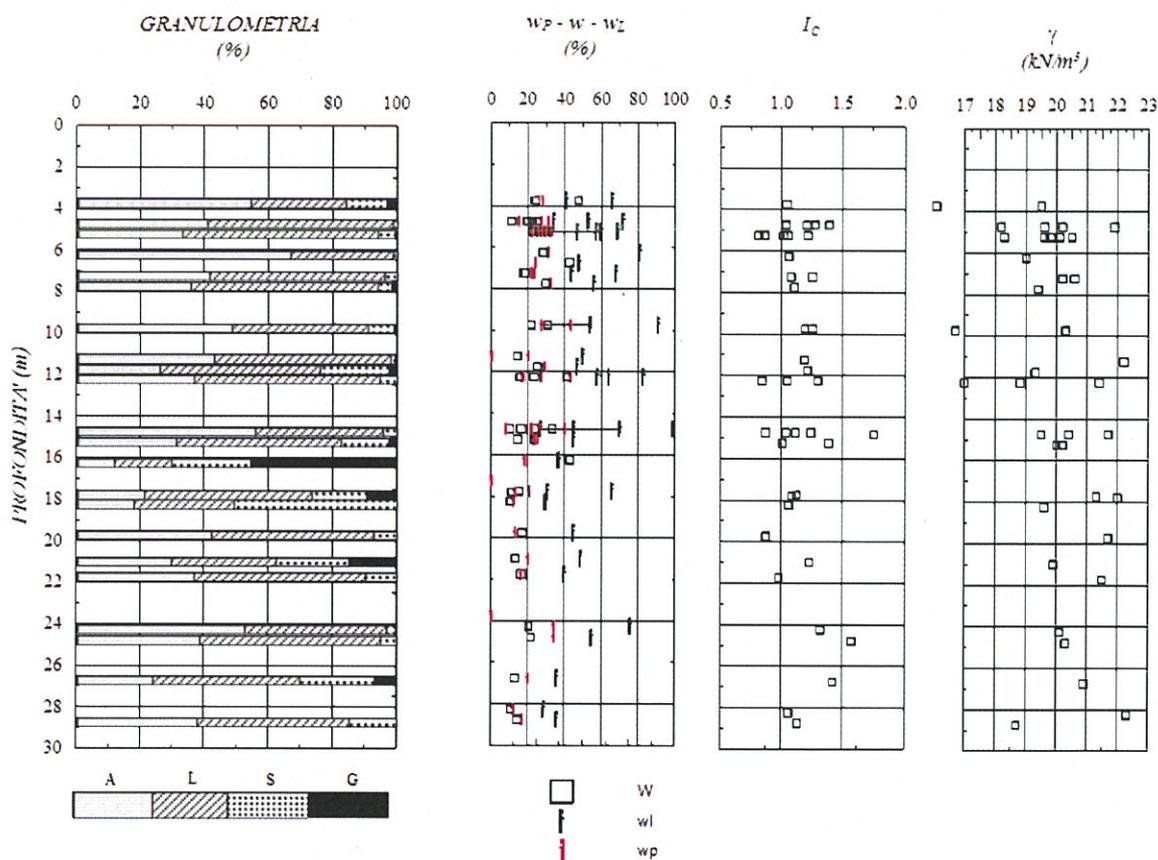


Figura 19 Caratteristiche fisico – granulometriche unità AT

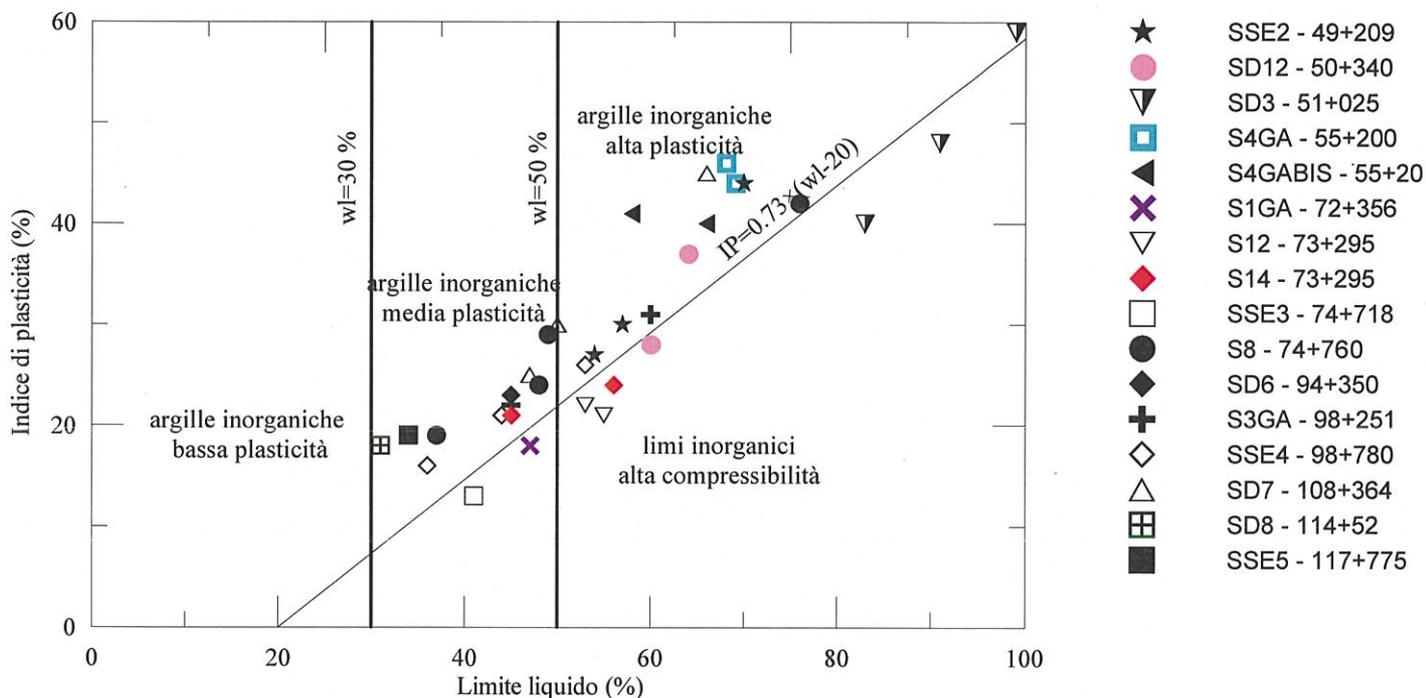


Figura 20 Carta di plasticità di Casagrande unità AT

7.4.1.2 Caratteristiche meccaniche di resistenza+

$$N_{spt, corr}$$

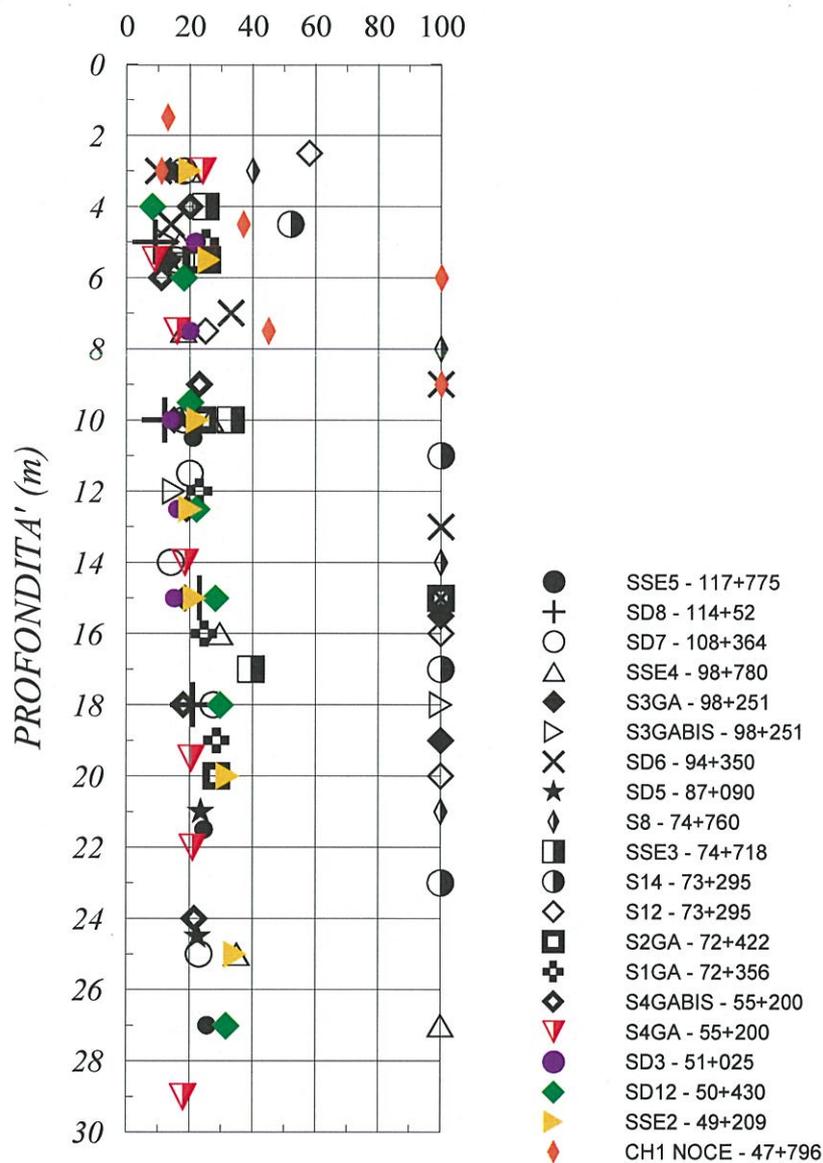


Figura 21 Valori di Nspr unità AT

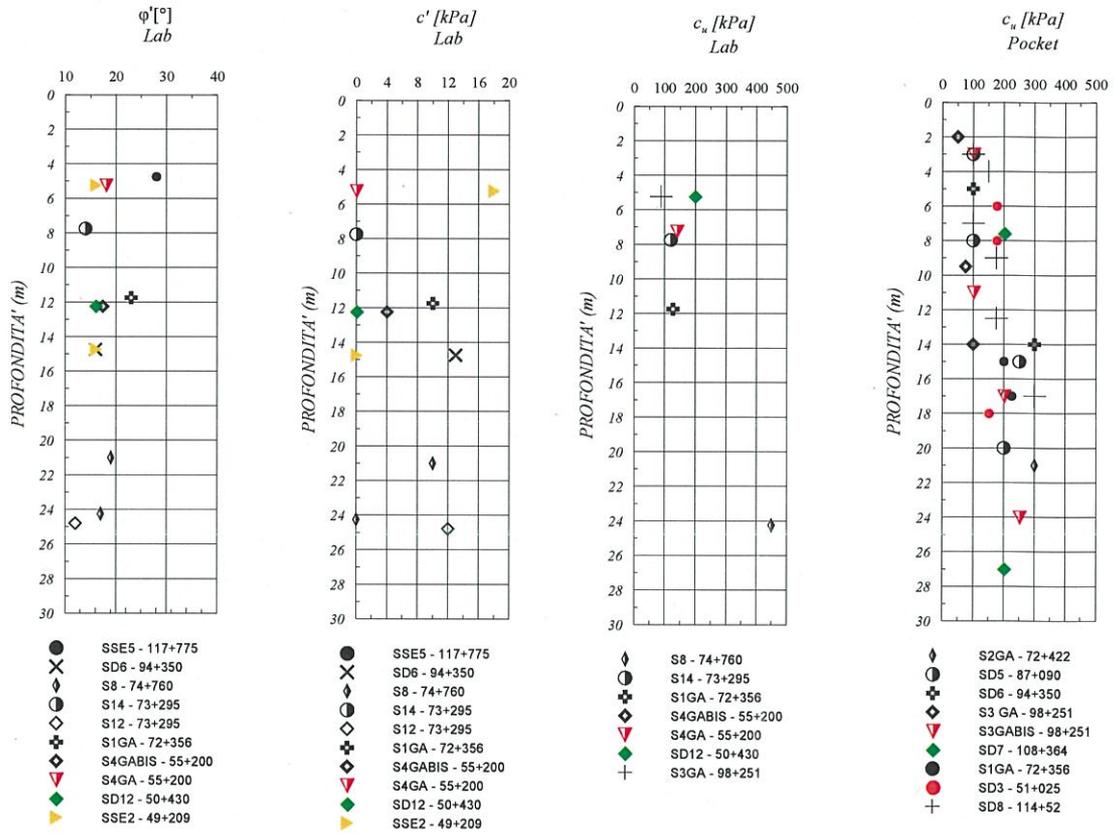


Figura 22 Caratteristiche meccaniche di resistenza dedotta da prove in laboratorio unità AT

7.4.1.3 Caratteristiche meccaniche di deformabilità

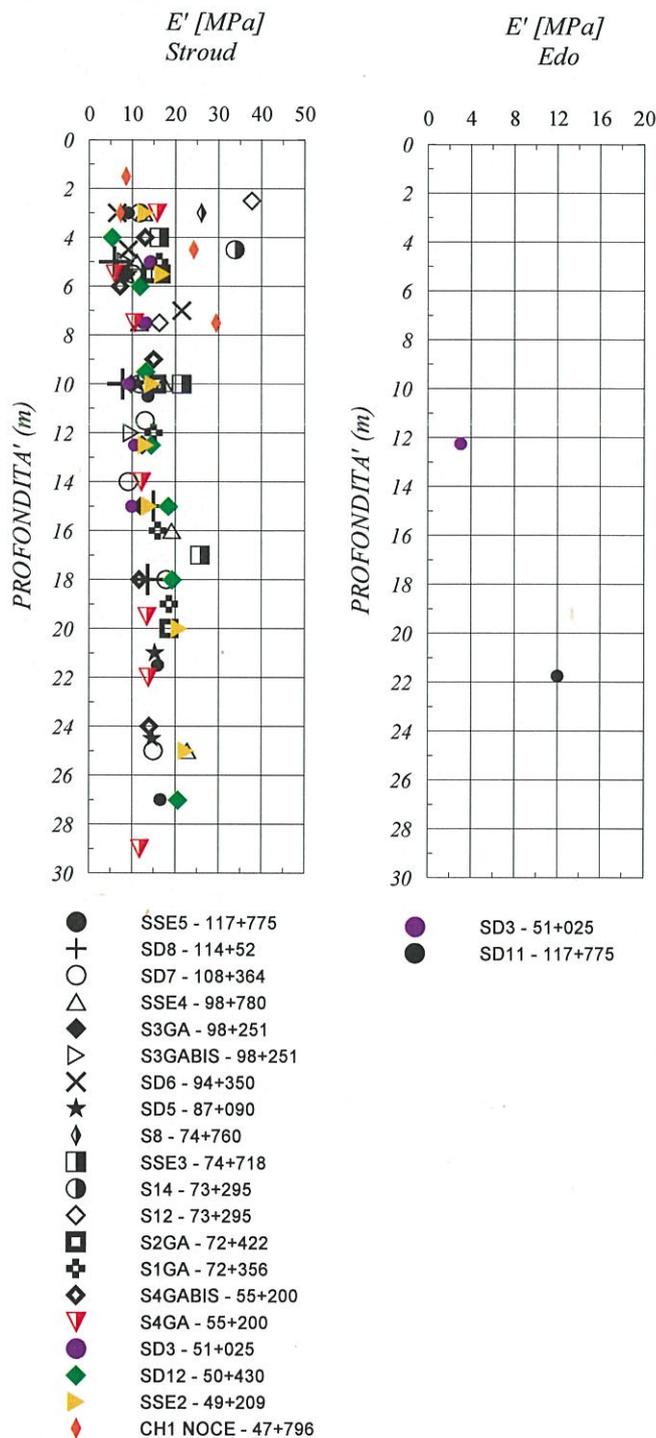


Figura 23 Caratteristiche meccaniche di deformabilità e Vs unità AT

7.4.1.4 Caratteristiche di permeabilità

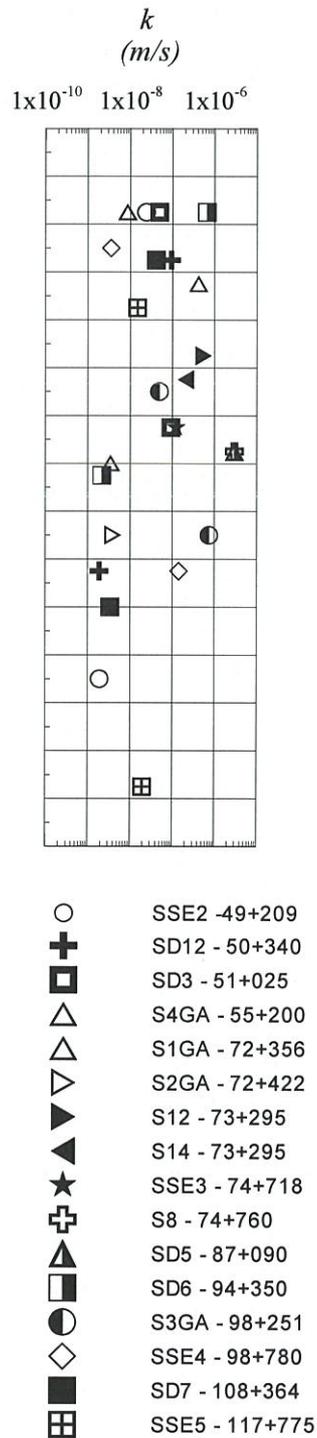


Figura 24 Permeabilità unità AT

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE.					
	LOTTO 1 - ELETTRIFICAZIONE					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	56 di 104

7.5 Tratta Rocchetta – San Nicola di Melfi

Il tratto compreso tra Rocchetta e San Nicola di Melfi è caratterizzato dalla presenza di terreni limoso argillosi generalmente consistenti che possono essere considerati appartenenti all'unità geologiche delle Argille Subappennine e delle Argille e Sabbie del Vallone Merifiano, talvolta ricoperti da uno strato di terreno sabbio ghiaioso fino a profondità massime di 15 m da p.c. (Camarda Vecchio pk 9+573) talvolta superficiali (Isca della Ricotta pk 2+334) che possono essere considerati appartenenti all'unità dei Depositi alluvionali terrazzati.

Il tratto in questione è stato pertanto diviso in due unità principali:

- Unità **GLS**: ghiaia in matrice sabbiosa alternata a sabbia fine;
- Unità **ASP**: limi argillosi generalmente consistenti

L'unità GLS è stata caratterizzata attraverso prove SPT, l'unità AL oltre che attraverso prove SPT è stata caratterizzata principalmente attraverso i risultati di prove di laboratorio.

La caratterizzazione geotecnica individuerà per entrambi gli strati:

- caratteristiche fisico – granulometriche;
- caratteristiche meccaniche di resistenza;
- caratteristiche meccaniche di compressibilità e deformabilità;
- caratteristiche di permeabilità.

7.5.1 Unità GLS

Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche del litotipo GLS individuato in tutti i sondaggi indicati in Tabella 9.

STRATO GLS		
sondaggio	pk	profondità [m]
S1 Ofanto	0+389	0 - 5
SD10	4+000	6.7 - 30
S1 CAMARDA N.	7+969	0-9
S1 CAMARDA V.	9+573	0-15
S1 CATAPANE	11+850	9-20.
S4 2014	12+031	15 - 30

Tabella 9 Strato GLS lungo i sondaggi della tratta Rocchetta - San Nicola di Melfi

Si riporta di seguito la caratterizzazione suddivisa per sondaggi.

7.5.1.1 Caratteristiche meccaniche di resistenza

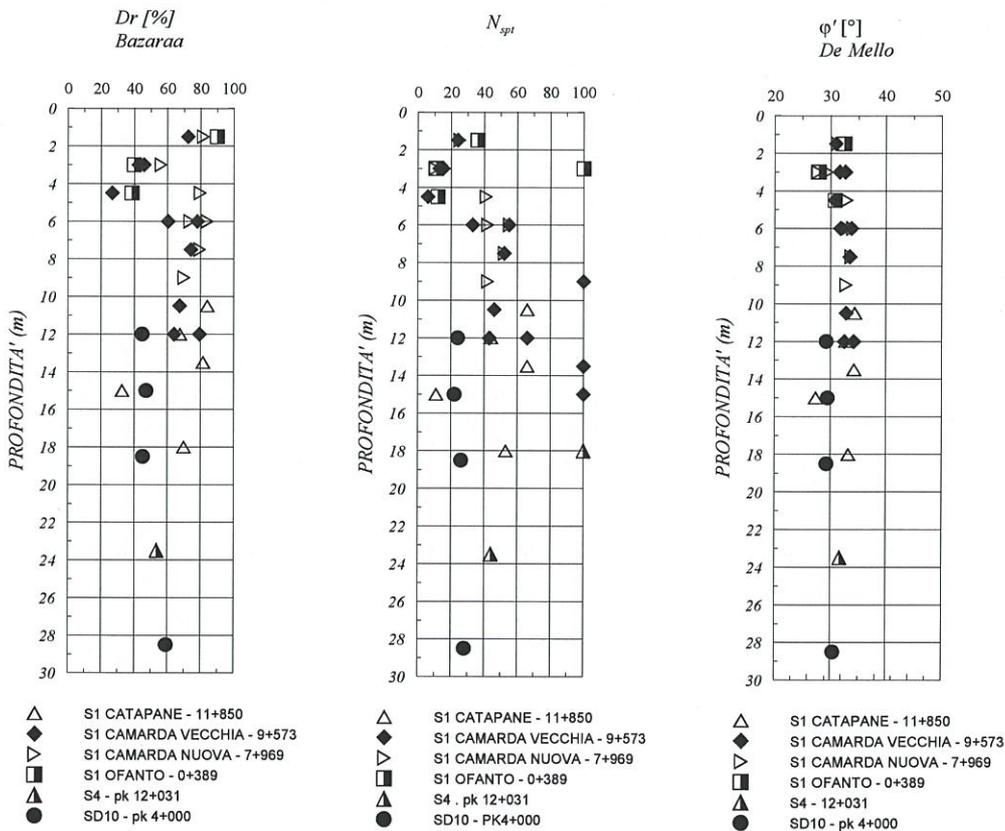


Figura 25 Caratteristiche meccaniche di resistenza dedotta da prove in sito unità GLS

7.5.1.2 Caratteristiche meccaniche di deformabilità

E'_{SPT} [MPa]
D'Apollonia

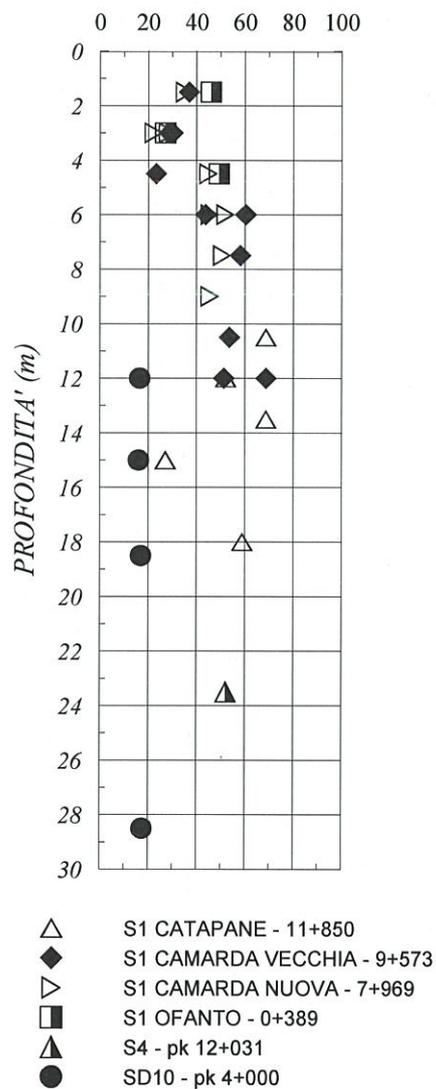


Figura 26 Caratteristiche meccaniche di deformabilità unità GLS

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE. LOTTO 1 - ELETTRIFICAZIONE					
	Relazione geotecnica generale	COMMESSA IAOX	LOTTO 01	CODIFICA D 11 RB	DOCUMENTO OC 00 10 001	REV. A

7.5.2 Unità ASP

Di seguito si riportano le caratteristiche granulometriche e meccaniche del litotipo AL individuato in tutti i sondaggi indicati in Tabella 10.

STRATO ASP		
sondaggio	pk	profondità [m]
S1 Ofanto	0+389	5-30.
S1 RICOTTA	2+334	0-24
SD10	4+000	0-6.7
S1 CAMARDA N.	7+969	9-30.
S1 CAMARDA V.	9+573	15-30.
S1 CATAPANE	11+850	0-9
S4 2014	12+031	0-15

Tabella 10 Unità AL lungo i sondaggi della tratta Rocchetta - San Nicola di Melfi

Si riporta di seguito la caratterizzazione suddivisa per sondaggi.

7.5.2.1 Caratteristiche fisiche e granulometriche

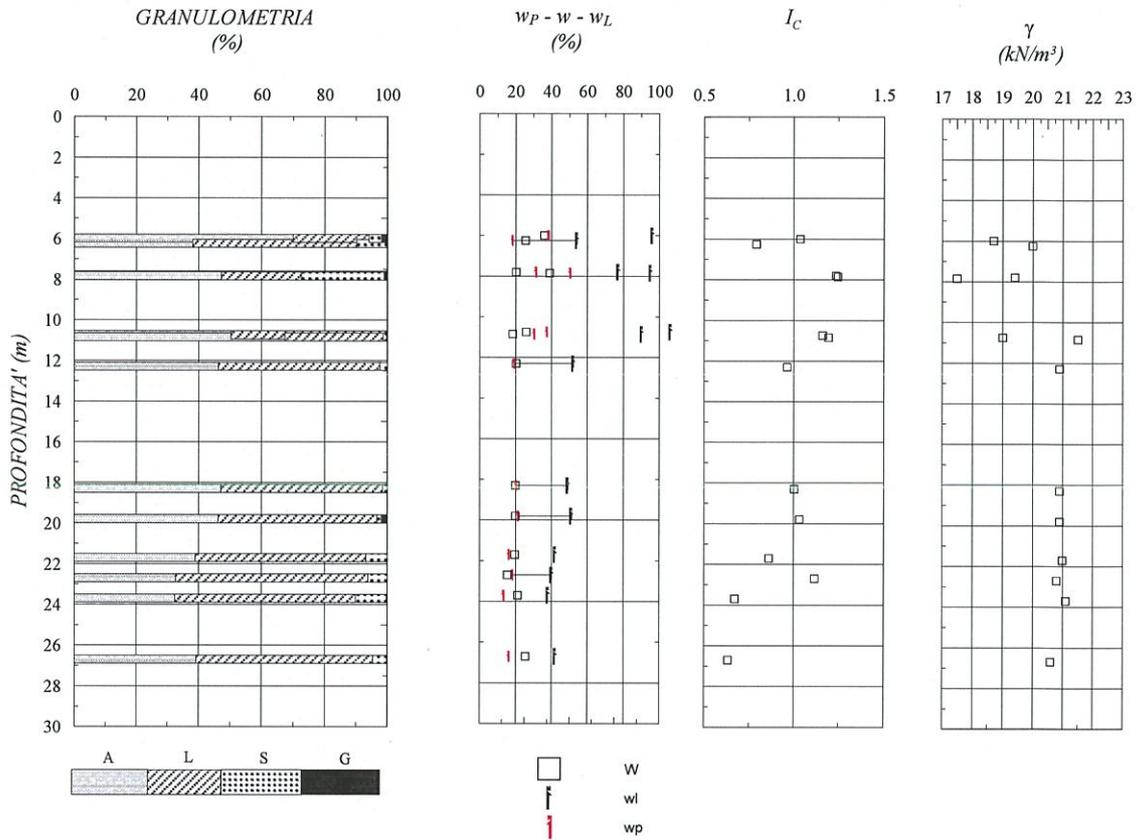


Figura 27 Caratteristiche granulometriche unità ASP

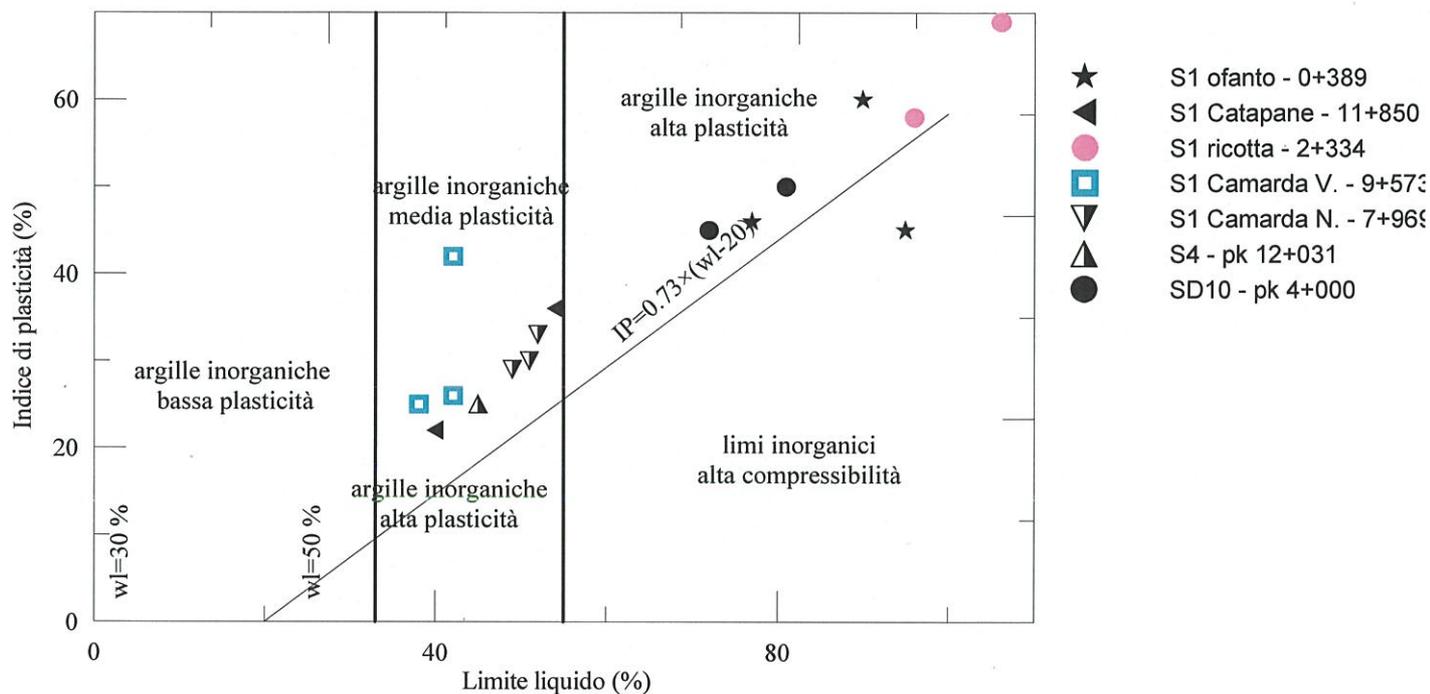


Figura 28 Carta di plasticità di Casagrande Unità ASP

7.5.2.2 Caratteristiche meccaniche di resistenza

$N_{spt, corr}$

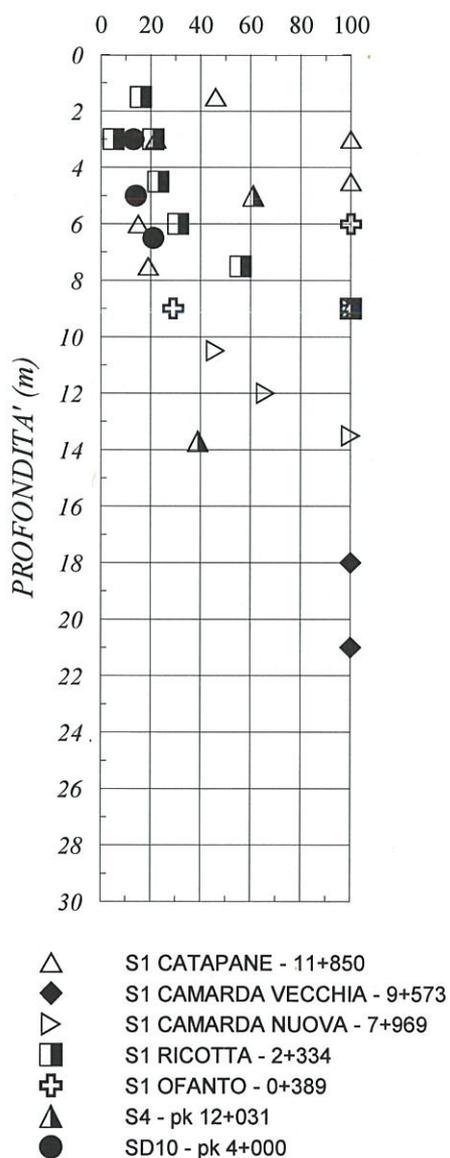


Figura 29 Valori di N_{spt} unità ASP

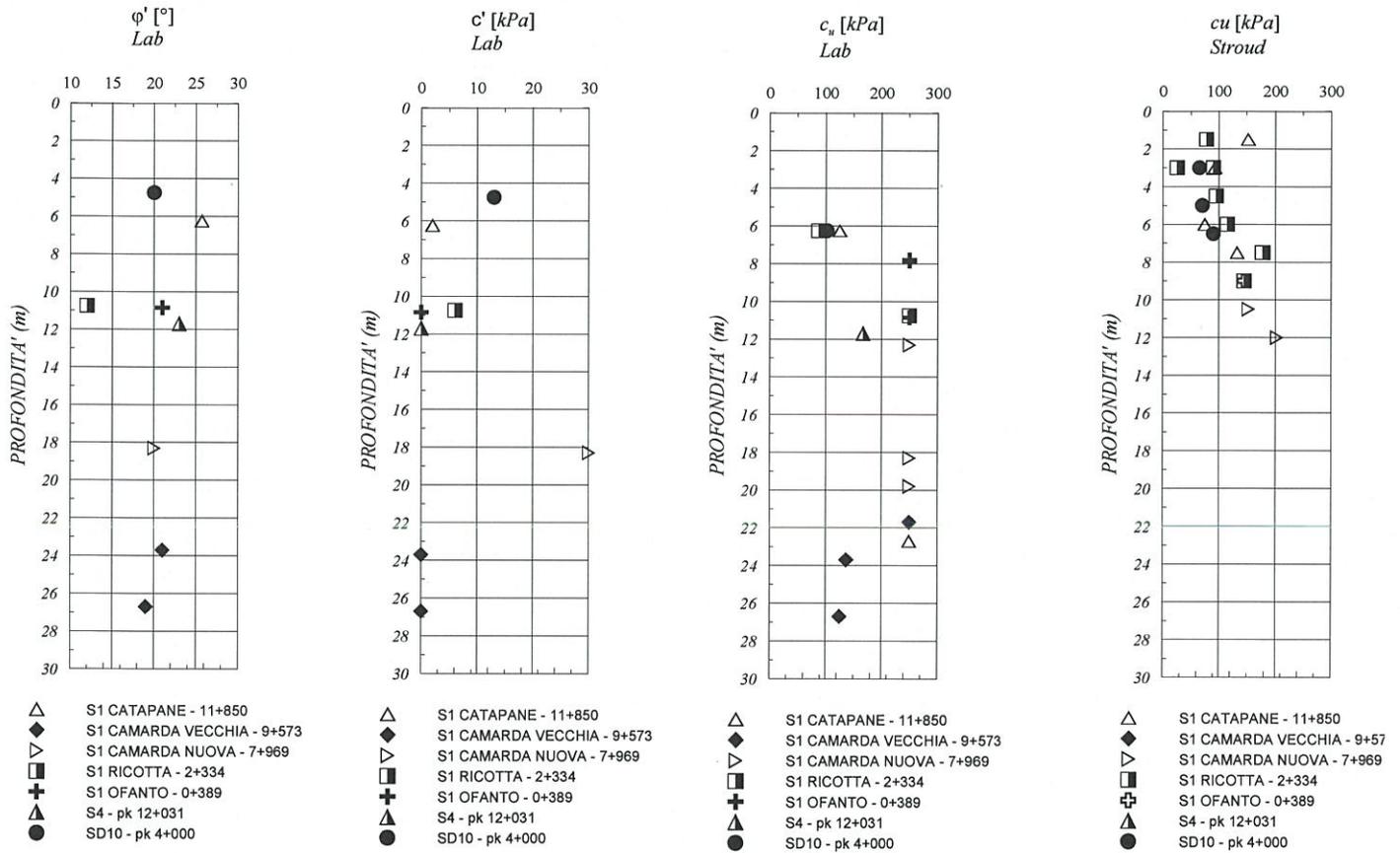


Figura 30 Caratteristiche meccaniche di resistenza dedotte in laboratorio unità ASP

7.5.2.3 Caratteristiche meccaniche di deformabilità

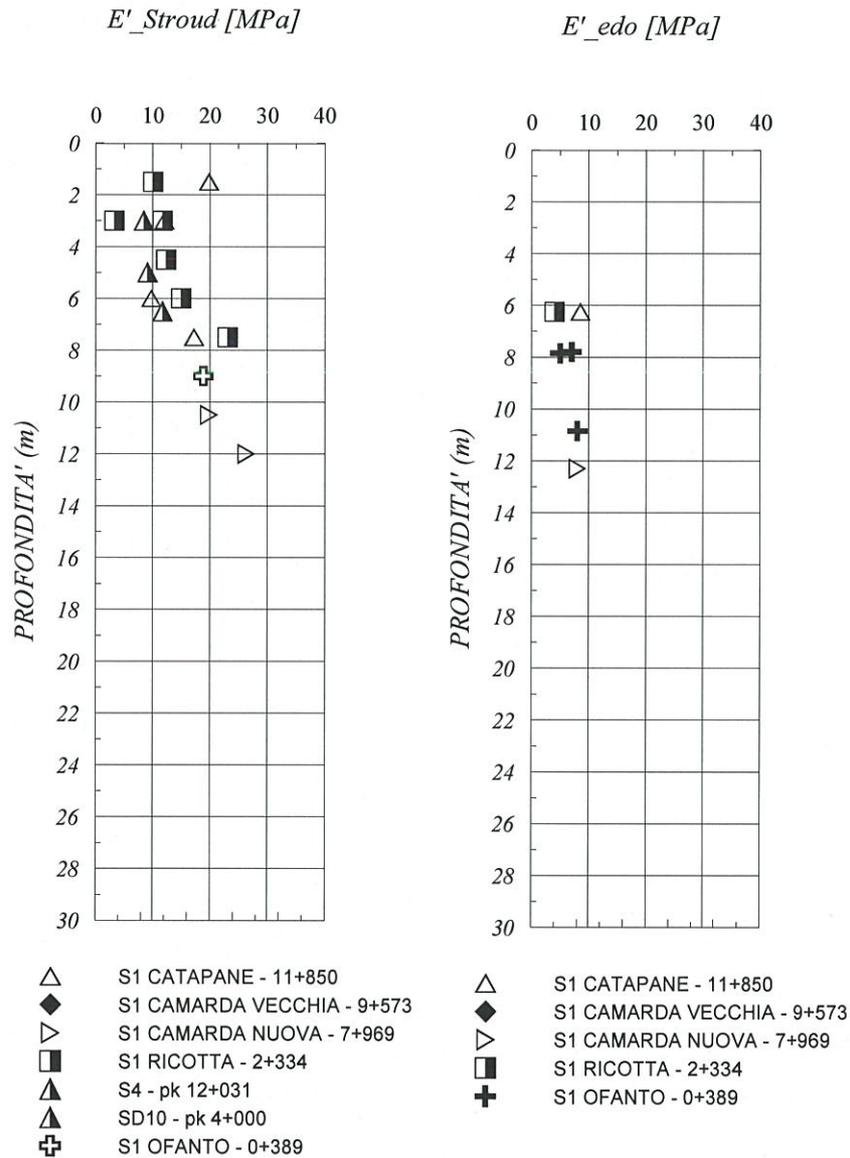
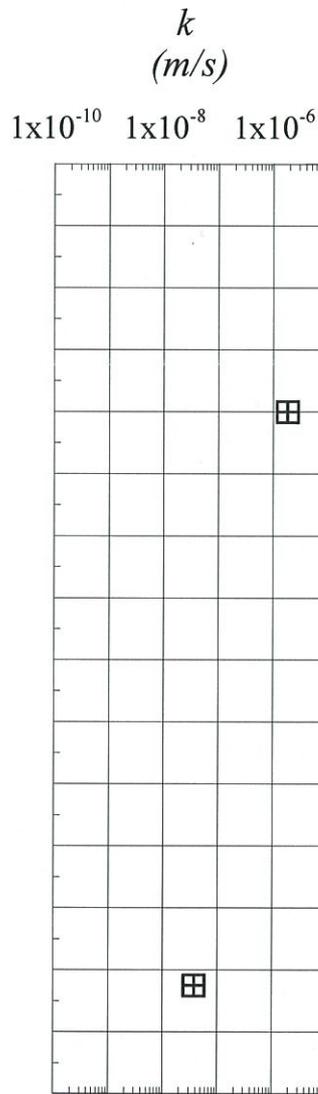


Figura 31 Caratteristiche meccaniche di deformabilità unità ASP

7.5.2.4 Caratteristiche di permeabilità



 SD10 - 4+000

Figura 32 Permeabilità unità ASP

8 MODELLO GEOTECNICO

Tratta Cervaro – Rocchetta

Unità LS/LA

- Coesione $c' = 0$ kPa
- Angolo d'attrito $\varphi' = 20 - 26^\circ$
- $c_u = 100 - 200$ kPa
- $\gamma = 18 - 20.5$
- $E' = 10 - 25$ MPa

Unità GLS

- Coesione $c' = 0$ kPa
- Angolo d'attrito $\varphi' = 28 - 34^\circ$
- $D_r = 50 - 80$ %
- $E' = 30 - 60$ MPa

Unità ASP

- Coesione $c' = 5 - 30$ kPa
- Angolo d'attrito $\varphi' = 18 - 26^\circ$
- $c_u = 90 - 300$ kPa
- $\gamma = 19 - 22$
- $E' = 5 - 25$ MPa

Tratta Rocchetta - Potenza

Unità AT

- Coesione $c' = 0 - 18$ kPa
- Angolo d'attrito $\varphi' = 15 - 25^\circ$
- $c_u = 100 - 200$ kPa
- $\gamma = 18 - 22$
- $E' = 5 - 20$ MPa

Tratta Rocchetta – San Nicola di Melfi

Unità GLS

- Coesione $c' = 0$ kPa
- Angolo d'attrito $\varphi' = 28 - 34^\circ$
- $D_r = 50 - 80 \%$
- $E' = 30 - 60$ MPa

Unità ASP

- Coesione $c' = 0 - 10$ kPa
- Angolo d'attrito $\varphi' = 18 - 26^\circ$
- $c_u = 100 - 250$ kPa
- $\gamma = 17.5 - 21.5$
- $E' = 5 - 20$ MPa

Per la sismicità dell'area, riferirsi alla relazione geologica. La classe sismica dei terreni sarà invece definita nella relazione geotecnica relativa alle opere specifiche.

I rilievi piezometrici, confermano la presenza di falda freatica a profondità media compresa tra 5 e 6 m da piano campagna nel tratto Cervaro – Rocchetta; circa 7 m da p.c. per il tratto Rocchetta – Potenza; circa 4 m da p.c. per il tratto Rocchetta San Nicola di Melfi escludendo il risultato del piezometro S4.

Tuttavia per le opere specifiche, si analizzerà nel dettaglio il livello di falda.

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	68 di 104

9 CABINE ELETTTRIFICAZIONE

Nel Lotto 1 ricadono le seguenti cabine di elettrificazione:

- pk 8+019 cabina TE stazione cervaro; sondaggio di riferimento Spk 9 pk 9+000, da 0-5 m litotipo LS/LA, 5-25 m litotipo GLS
- pk 30+553 SSE Ascoli Satriano; sondaggio di riferimento S16 pk 30+356, da 0-15 m litotipo LS/La, da 15-30 m litotipo ASP
- pk 49+209 cabina TE Rocchetta; sondaggio di riferimento SSE2 pk 49+209; 0-30 m litotipo AT
- pk 74+660 SSE Rionero, sondaggio di riferimento S8 74+760 litotipo AT
- pk 99+780 SSE Pietragalla sondaggio di riferimento SSE4 98+780 litotipo AT
- pk 117+775 cabina TE Potenza Centrale sondaggio di riferimento SSE5 pk 118+775 litotipo AT (osservazione par. 5.2 Tratta Rocchetta – Potenza)

10 RILEVATO VARIANTE 3

La variante 3 si sviluppa in prossimità di Rocchetta, la sezione presa a riferimento è la sezione 0+151 in variante, il sondaggio di riferimento è l'S1 Ofanto pk 0+389.

La stratigrafia è la seguente

GLS 0 -5 m

- Coesione $c' = 0$ kPa
- Angolo d'attrito $\varphi' = 33^\circ$
- $\gamma = 20$ kN/m³
- $E' = 30$ MPa

ASP 5-30 m

- Coesione $c' = 20$ kPa
- Angolo d'attrito $\varphi' = 20^\circ$
- $\gamma = 20$ kN/m³
- $E' = 20$ MPa
- $c_u = 200$ kPa

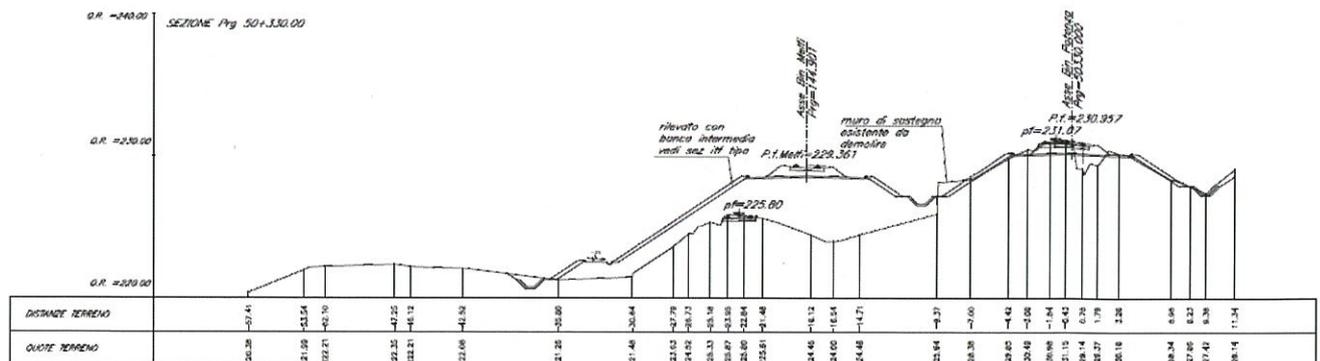


Figura 33 Sezione pk 50+330

10.1 Calcolo dei cedimenti

Si riportano a seguire le valutazioni del comportamento dei terreni di fondazione dei rilevati stradali sotto carichi di esercizio al fine di verificarne la funzionalità attraverso analisi dei cedimenti.

La valutazione dell'ordine di grandezza dei cedimenti è stata eseguita attraverso l'utilizzo della teoria dell'elasticità facendo ricorso alla teoria del semispazio elastico omogeneo ed isotropo. In tal modo è

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2: ELETRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE.					
	LOTTO 1 - ELETRIFICAZIONE					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	70 di 104

possibile definire in ogni punto del sottosuolo e per un previsto schema di carico i valori delle corrispondenti tensioni indotte calcolate attraverso la formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974) relativa a una fondazione nastriforme.

Con tale modello le espressioni delle tensioni indotte dal singolo corpo di carico sono:

$$\Delta\sigma_z = \left(\frac{2q}{\pi}\right) \cdot (\alpha + \text{sen}\alpha \cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_x = \left(\frac{2q}{\pi}\right) \cdot (\alpha - \text{sen}\alpha \cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_y = \left(\frac{4q}{\pi}\right) \cdot (v\alpha)$$

Ricavato ad ogni profondità z il valore di $\Delta\sigma_z$ è possibile ricavare il corrispondente valore di ε_z come rapporto tra il sovraccarico netto e il modulo edometrico.

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta\sigma_z}{E_{ed}}$$

Suddividendo il terreno di fondazione in strati di spessore finito è possibile valutare il valore del cedimento dello strato i -mo attraverso l'espressione:

$$\delta z_i = \varepsilon_{zi} \Delta z_i$$

Il cedimento complessivo sarà pari alla somma dei cedimenti dei singoli strati e quindi pari a:

$$\delta z_j = \sum_i \delta z_i = \sum_i \varepsilon_i \Delta z_i$$

Se il sottosuolo è composto da n strati il cedimento complessivo è pari alla somma dei cedimenti dei singoli strati:

$$\delta_{tot} = \sum_j \delta z_j$$

Il calcolo è stato esteso fino alla profondità alla quale il sovraccarico indotto è pari all'1% della tensione media presente.

Il cedimento massimo è di circa 4 cm.

Relazione geotecnica generale

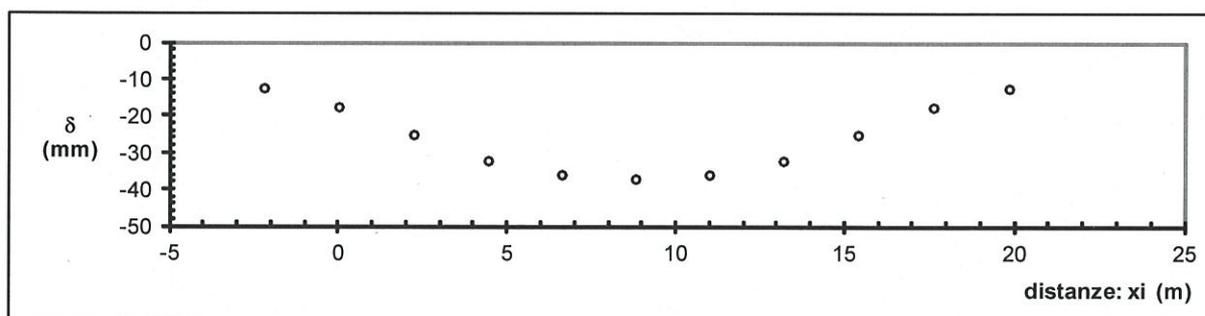
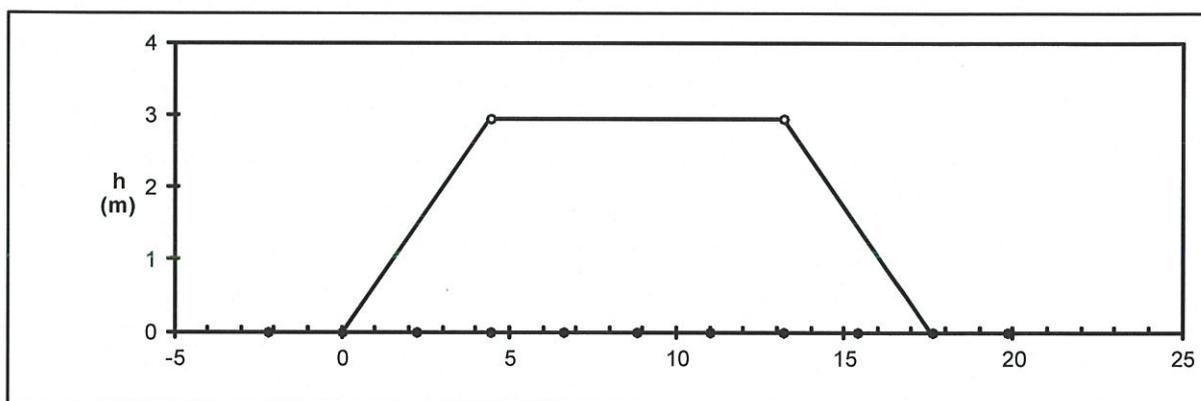
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	72 di 104

ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-2.21	0.00	2.21	4.43	6.61	8.80	10.99	13.18	15.39	17.60	19.81

(automatico)
(manuale)

RISULTATI DELLE ANALISI



ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-2.21	0.00	2.21	4.43	6.61	8.80	10.99	13.18	15.39	17.60	19.81

CEDIMENTI

delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
(cm)	(cm)									
-1.23	-1.75	-2.50	-3.21	-3.58	-3.70	-3.58	-3.21	-2.50	-1.75	-1.23



LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI
TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE.

LOTTO 1 - ELETTRIFICAZIONE

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	73 di 104

10.2 Carico limite

La verifica a carico limite è stata realizzata considerando una fondazione nastriforme, avente dimensione della base pari al rettangolo equivalente di base 13.18 m. Si riportano i risultati nella combinazione A2+M2+R2 in condizioni drenate e non. Nelle condizioni non drenate nell'analisi è considerato il carico ferroviario distribuito secondo l'angolo d'attrito interno fino a p.c.

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

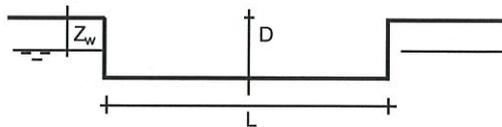
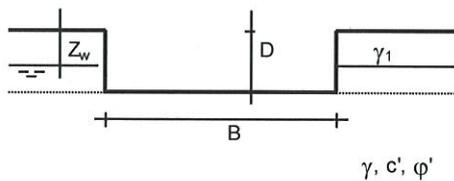
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

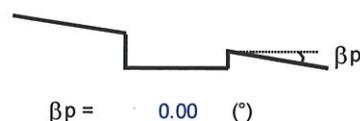
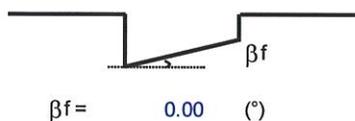
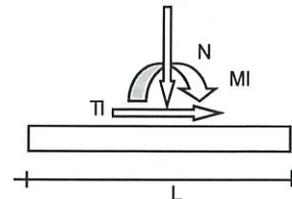
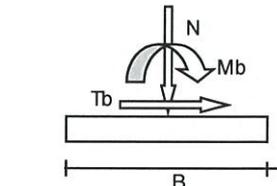
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo		coefficienti parziali					
		azioni		proprietà del terreno		resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili		1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista		1.35	1.50	1.00	1.00	1.40	1.00



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

B = 13.18 (m)
L = 100.00 (m)
D = 0.00 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	778.00		778.00
Mb [kNm]			0.00
MI [kNm]			0.00
Tb [kN]			0.00
TI [kN]			0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 19.00$ (kN/mc)
 $\gamma = 19.00$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 0.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 33.00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 0.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 27.45$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 3.50$ (m)

$e_B = 0.00$ (m)
 $e_L = 0.00$ (m)

$B^* = 13.18$ (m)
 $L^* = 1.00$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 0.00$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 11.66$ (kN/mc)

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$

$N_q = 13.86$

$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$

$N_c = 24.76$

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_\gamma = 15.45$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$s_c = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$

$s_c = 1.00$

$s_q = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$

$s_q = 1.00$

$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$

$s_\gamma = 1.00$

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	76 di 104

i_c, i_q, i_y : **fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00 \quad \theta = \arctg(Tb/Tl) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg(\varphi)))^m$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e
m=(m_bsin²θ+m_lcos²θ) in tutti gli altri casi)

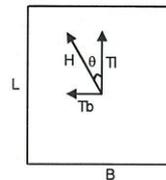
$$i_q = 1.00$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c - 1)$$

$$i_c = 1.00$$

$$i_y = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg(\varphi)))^{(m+1)}$$

$$i_y = 1.00$$



d_c, d_q, d_y : **fattori di profondità del piano di appoggio**

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan(\varphi) (1 - \sin(\varphi))^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan(\varphi) (1 - \sin(\varphi))^2) \cdot \arctan(D / B^*)$$

$$d_q = 1.00$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan(\varphi))$$

$$d_c = 1.00$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

b_c, b_q, b_y : **fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_r \tan(\varphi))^2 \quad \beta_r + \beta_p = 0.00 \quad \beta_r + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan(\varphi))$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

g_c, g_q, g_y : **fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan(\beta_p))^2 \quad \beta_r + \beta_p = 0.00 \quad \beta_r + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan(\varphi))$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1186.36 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 59.03 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 659.09 \geq q = 59.03 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni totali

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

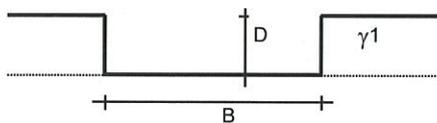
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

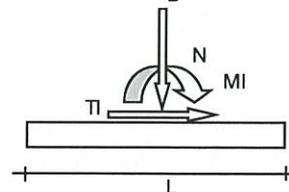
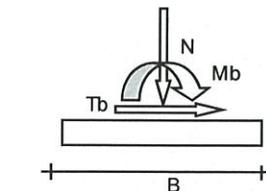
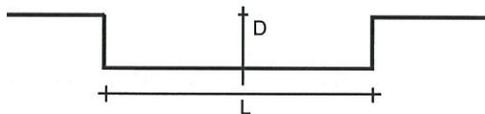
L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno	resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	c_u	q_{lim}	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.40	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.40	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	1.10	1.10	1.00	3.00	3.00	

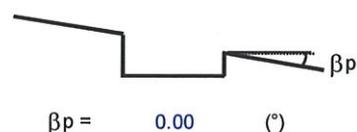
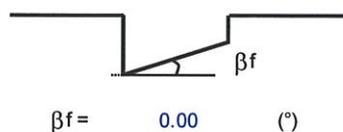


γ, c_u



(Per fondazioni nastriformi $L=100$ m)

B = 13.18 (m)
L = 100.00 (m)
D = 0.00 (m)



Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	78 di 104

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1058.80		1058.80
Mb [kNm]			0.00
Ml [kNm]			0.00
Tb [kN]			0.00
Tl [kN]			0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

280.8

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valore caratteristico di resistenza del terreno

$$c_u = 200.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$e_B = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

Valore di progetto

$$c_u = 142.86 \quad (\text{kN/mq})$$

$$B^* = 13.18 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c : coefficiente di capacità portante

$$N_c = 2 + \pi$$

$$N_c = 5.14$$

s_c : fattori di forma

$$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$$

$$s_c = 1.00$$

i_c : fattore di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00$$

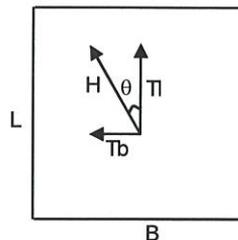
$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

$$\theta = \arctg(T_b / T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u N_c))$$



Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	79 di 104

$$i_c = 1.00$$

d_c : fattore di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.00$$

b_c : fattore di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2))$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

g_c : fattore di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2))$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 734.29 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 80.33 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 407.94 \geq q = 80.33 \quad (\text{kN/m}^2)$$

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2: ELETRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE.					
	LOTTO 1 - ELETRIFICAZIONE					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	80 di 104

10.3 Verifica di stabilità

Le analisi di stabilità sono state eseguite con il software Slope _geostru software. La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

Metodo di Morgenstern e Price (1965)

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della

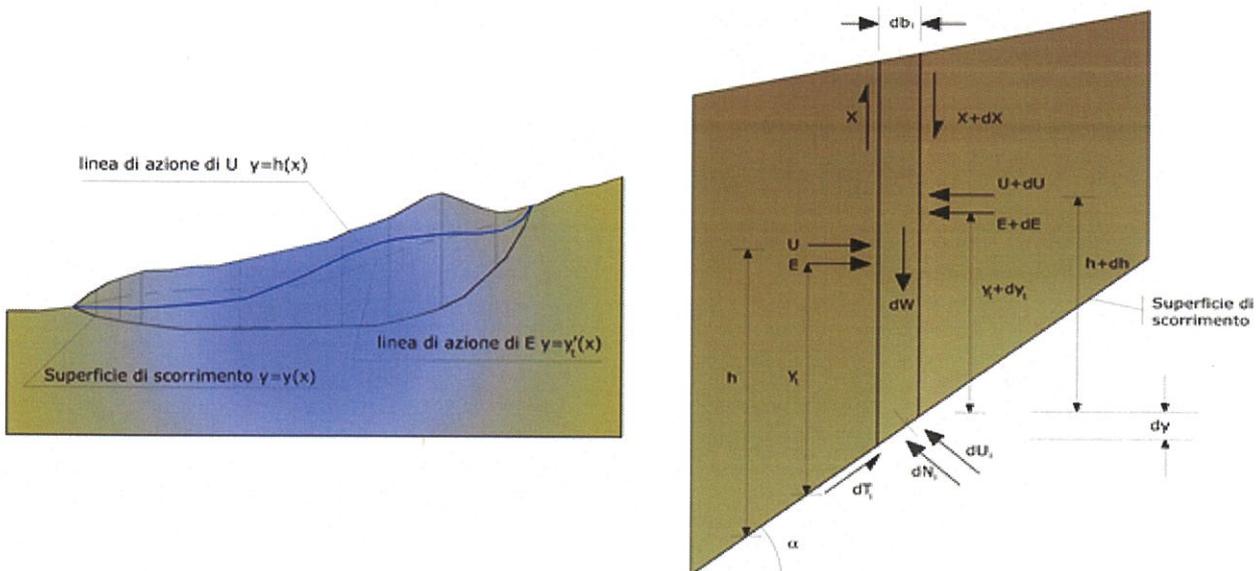
forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \varphi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$



Azioni sul concio i -esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E \gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE.					
	LOTTO 1 - ELETTRIFICAZIONE					
Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	82 di 104

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Per la verifica di stabilità si applicano i carichi dovuti alla presenza del ballast, 14.4 kN/m^2 e il carico ferroviario, modello di carico LM71 definito dalle S.T.I. è definito al paragrafo 6.3.6.4. della norma EN 1991-2:2003.

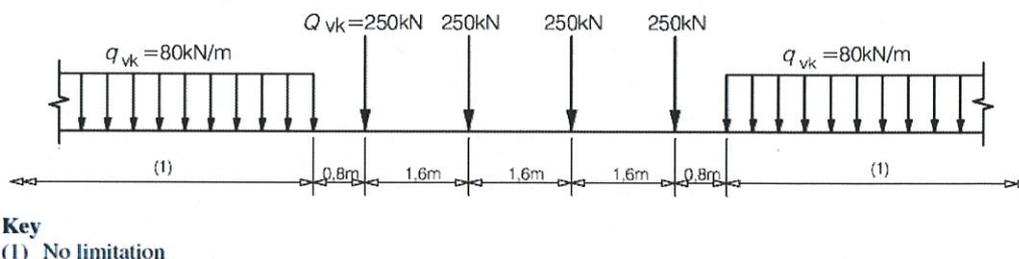


Figure 6.1 - Load Model 71 and characteristic values for vertical loads

Il carico equivalente per le opere in terra si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991 – 2:2003.

Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3 m (a 0.80 m dal piano del ferro) secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003, punto 6.3.6.4, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:

$$p = 52.08 \text{ kN} / \text{m}^2$$

A tali carichi si deve applicare il coefficiente α relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 6 di seguito riportata:

Tipi di linea o categorie di linea STI	Valore minimo del fattore alfa (α)
IV	1.1
V	1.0
VI	1.1
VII-P	0.83
VII-F, VII-M	0.91

Ottenendo un carico distribuito pari a $p = 57.3 \text{ kN} / \text{m}^2$

Di seguito l'analisi statica in cui si applica un sovraccarico pari a

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	84 di 104

$$p = 57.3 + 14.4 = 71.7 \text{ kN/m}^2$$

E l'analisi dinamica in cui si applica un sovraccarico pari a

$$p = 11.46 + 14.4 = 25.86 \text{ kN/m}^2$$

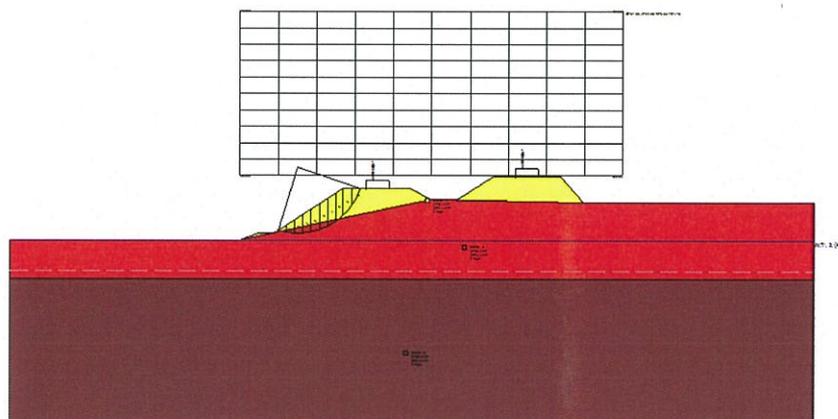
Considerando solo il 20% del carico ferroviario.

Le analisi sono svolte nella combinazione A2+M2+R2.

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965) – STATICA

Lat./Long.

41.151617/15.531853



Lat./Long.

41.151617/15.531853

Normativa

NTC2008

Numero di strati

3.0

Numero dei conci

10.0

Grado di sicurezza ritenuto accettabile

1.1

Coefficiente parziale resistenza

1.0

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	85 di 104

Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:

Picco

Analisi

Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	30.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	28.5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	80.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	50.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	20.0
2	30.0	20.0
3	32.4	21.0
4	34.6	21.0
5	43.4	26.8

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	86 di 104

6	52.2	26.8
7	54.8	25.4
8	58.3	25.4
9	63.1	28.37
10	71.8	28.37
11	74.8	25.0
12	104.8	25.0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	20.0
2	104.8	20.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	20.0
2	30.0	20.0
3	54.8	25.4
4	74.8	25.0
5	104.8	25.0
6	104.8	0.0

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	87 di 104

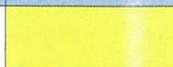
Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	15.0
2	104.8	15.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	5		38	20	21		
2	0	0	33	20	21		
3	20	200	20	20	21		

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	46.5	26.8	49.5	26.8	72
2	66	28.37	69	28.37	72

Risultati analisi pendio

$$x_c = 37.50 \quad y_c = 29.575 \quad R_c = 8.627 \quad F_s = 1.402$$

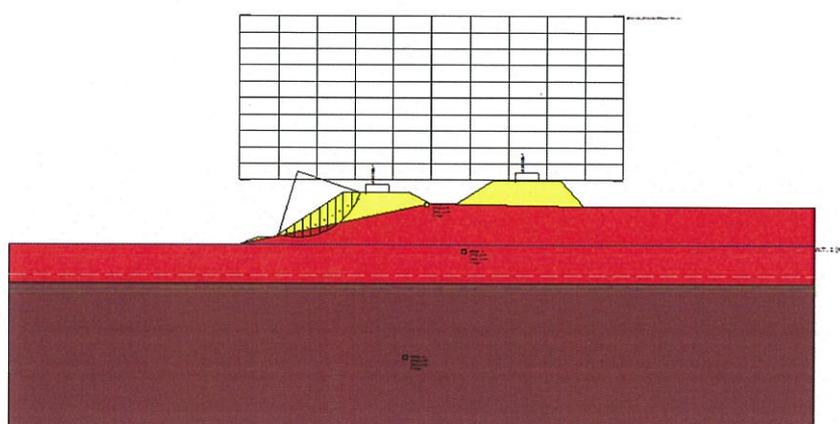
$$\text{Lambda} = 0.423$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	1.06	-12.83	1.09	10.36
2	1.06	-5.67	1.07	28.87
3	1.06	1.4	1.06	44.55
4	1.06	8.49	1.07	57.45
5	1.06	15.72	1.1	67.47
6	1.06	23.22	1.15	74.38
7	1.06	31.18	1.24	77.68
8	0.91	39.22	1.18	66.19
9	1.21	49.31	1.85	69.86
10	1.06	63.35	2.37	26.23

Sforzi sui conchi

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	3.96	9.36	0.0	0.0	4.17	1.54	0.0
2	11.46	27.1	3.96	9.36	19.51	7.23	0.0
3	19.02	44.97	11.46	27.1	37.42	13.86	0.0
4	24.61	58.19	19.02	44.97	53.24	19.72	0.0
5	26.99	63.82	24.61	58.19	64.18	23.78	0.0
6	25.43	60.15	26.99	63.82	68.33	25.31	0.0
7	19.61	46.37	25.43	60.15	64.32	23.83	0.0
8	14.19	33.56	19.61	46.37	47.37	24.48	0.0
9	4.21	9.96	14.19	33.56	34.16	20.51	0.0
10	-0.03	-0.08	4.21	9.96	4.69	8.84	0.0

Analisi di stabilità dei pendii con: **MORGENSTERN-PRICE (1965)_SISMA**



Lat./Long.	41.151617/15.531853
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	



LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI
TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE.

LOTTO 1 - ELETTRIFICAZIONE

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	91 di 104

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	30.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	28.5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	80.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	50.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L.	TR	ag	F0	TC*
------	----	----	----	-----

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	92 di 104

Stato limite	Tempo ritorno [anni]	[m/s ²]	[-]	[sec]
S.L.O.	30.0	0.48	2.45	0.29
S.L.D.	50.0	0.62	2.55	0.32
S.L.V.	475.0	1.97	2.45	0.41
S.L.C.	975.0	2.77	2.39	0.42

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L.	amax	beta	kh	kv
Stato limite	[m/s ²]	[-]	[-]	[sec]
S.L.O.	0.72	0.2	0.0147	0.0073
S.L.D.	0.93	0.2	0.019	0.0095
S.L.V.	2.7672	0.28	0.079	0.0395
S.L.C.	3.5869	0.28	0.1024	0.0512

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.079

Coefficiente azione sismica verticale 0.04

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	20.0

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	93 di 104

2	30.0	20.0
3	32.4	21.0
4	34.6	21.0
5	43.4	26.8
6	52.2	26.8
7	54.8	25.4
8	58.3	25.4
9	63.1	28.37
10	71.8	28.37
11	74.8	25.0
12	104.8	25.0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	20.0
2	104.8	20.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	20.0
2	30.0	20.0
3	54.8	25.4
4	74.8	25.0

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	94 di 104

5	104.8	25.0
6	104.8	0.0

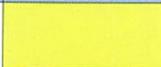
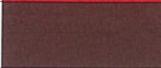
Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	15.0
2	104.8	15.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coazione (kN/m ²)	Coazione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	5	0	38	20	21		
2	0	0	33	20	21		
3	20	200	20	20	21		

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	95 di 104

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	46.5	26.8	49.5	26.8	25
2	66	28.37	69	28.37	25

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

$x_c = 37.50$ $y_c = 29.575$ $R_c = 8.627$ $F_s = 1.206$

Lambda = 0.55

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	1.06	-12.83	1.09	10.36
2	1.06	-5.67	1.07	28.87
3	1.06	1.4	1.06	44.55
4	1.06	8.49	1.07	57.45
5	1.06	15.72	1.1	67.47
6	1.06	23.22	1.15	74.38
7	1.06	31.18	1.24	77.68
8	0.91	39.22	1.18	66.19
9	1.21	49.31	1.85	69.86
10	1.06	63.35	2.37	26.23

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	6.48	11.79	0.0	0.0	1.75	0.75	0.0
2	17.83	32.42	6.48	11.79	16.76	7.22	0.0
3	28.51	51.83	17.83	32.42	36.03	15.52	0.0
4	35.77	65.02	28.51	51.83	53.19	22.92	0.0
5	38.15	69.37	35.77	65.02	64.98	28.0	0.0
6	34.99	63.61	38.15	69.37	69.41	29.91	0.0
7	26.14	47.53	34.99	63.61	65.19	28.09	0.0
8	18.49	33.61	26.14	47.53	47.15	28.36	0.0
9	5.17	9.4	18.49	33.61	33.5	23.51	0.0
10	-0.04	-0.07	5.17	9.4	4.25	10.05	0.0

11 TRINCEA VARIANTE 3

La sezione analizzata è la sezione alla pk 50+160 all'imbocco della galleria. I parametri utilizzati nelle analisi sono gli stessi utilizzati per la sezione in rilevato

La stratigrafia è la seguente

GLS 0 -5 m

- Coesione $c' = 0$ kPa
- Angolo d'attrito $\varphi' = 33^\circ$
- $\gamma = 20$ kN/m³
- $E' = 30$ MPa

ASP 5-30 m

- Coesione $c' = 20$ kPa
- Angolo d'attrito $\varphi' = 20^\circ$
- $\gamma = 20$ kN/m³
- $E' = 20$ MPa
- $c_u = 200$ kPa

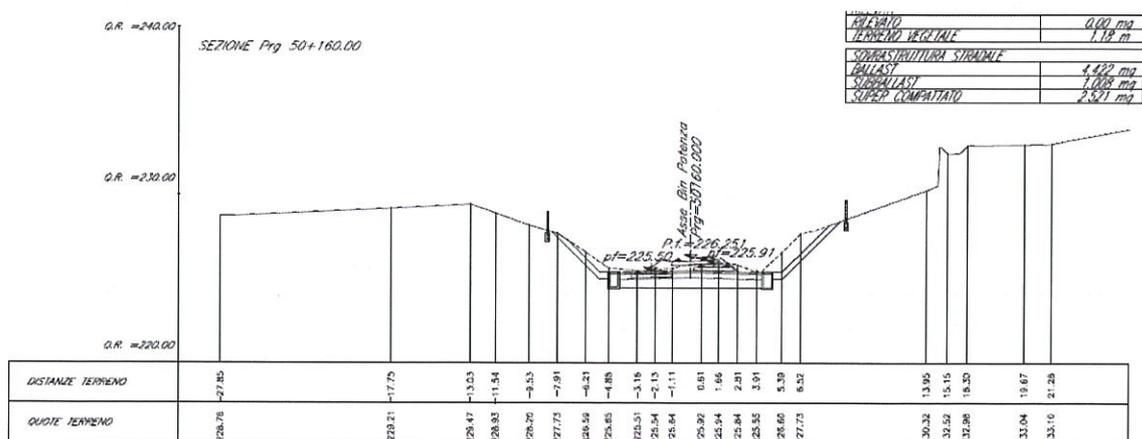
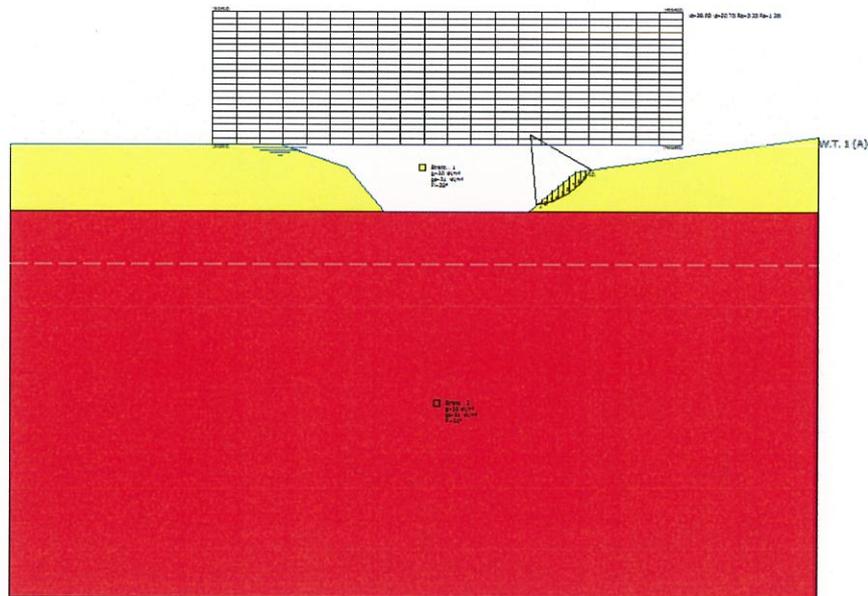


Figura 34 Sezione pk 50+160 per analisi di stabilità

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE. LOTTO 1 - ELETTRIFICAZIONE					
	Relazione geotecnica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	98 di 104

11.1 Verifica di stabilità

Le analisi di stabilità sono state eseguite con il software Slope _geostru software. Il metodo utilizzato per le analisi è descritto al paragrafo 10.3. Di seguito i risultati dell'analisi, condotta nella combinazione A2+M2+R2 in condizioni sismiche.



Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	41.151617/15.531853
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0



LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI
TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE.

LOTTO 1 - ELETTRIFICAZIONE

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	99 di 104

Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:

Picco

Analisi

Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	5.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	30.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	40.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	40.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	100 di 104

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

S.L.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	Tempo ritorno [anni]	[m/s ²]	[-]	[sec]
S.L.O.	30.0	0.48	2.45	0.29
S.L.D.	50.0	0.62	2.55	0.32
S.L.V.	475.0	1.97	2.45	0.41
S.L.C.	975.0	2.77	2.39	0.42

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L.	amax	beta	kh	kv
Stato limite	[m/s ²]	[-]	[-]	[sec]
S.L.O.	0.72	0.2	0.0147	0.0073
S.L.D.	0.93	0.2	0.019	0.0095
S.L.V.	2.7672	0.28	0.079	0.0395
S.L.C.	3.5869	0.28	0.1024	0.0512

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.079

Coefficiente azione sismica verticale 0.04

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	101 di 104

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-10.0	30.0
2	10.0	30.0
3	15.0	28.3
4	17.8	25.0
5	28.5	25.0
6	32.0	28.0
7	50.0	30.6

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-10.0	29.99
2	10.0	29.99
3	15.0	28.29
4	17.8	24.99
5	28.5	24.99
6	32.0	27.99
7	50.0	30.59

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	102 di 104

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	-10.0	25.0
2	50.0	25.0
3	50.0	0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	5	0	33	20	21		
2	20	200	20	20	21		

Relazione geotecnica generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IAOX	01	D 11 RB	OC 00 10 001	A	103 di 104

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

$$x_c = 28.625 \quad y_c = 30.75 \quad R_c = 5.25 \quad F_s = 1.259$$

$$\text{Lambda} = 0.692$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.41	7.55	0.41	1.3
2	0.41	12.08	0.42	3.71
3	0.41	16.69	0.43	5.82
4	0.41	21.42	0.44	7.62
5	0.41	26.31	0.46	9.07
6	0.41	31.42	0.48	10.15
7	0.44	37.02	0.55	11.53
8	0.38	42.84	0.52	9.05
9	0.41	49.09	0.62	6.7
10	0.41	56.55	0.74	2.61

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	1.28	1.85	0.0	0.0	0.3	1.43	0.0
2	2.6	3.75	1.28	1.85	2.82	2.49	0.0
3	3.64	5.26	2.6	3.75	5.09	3.46	0.0