

S.S. 16 "ADRIATICA": TRONCO BARLETTA - BARI

Lavori di completamento delle aste di collegamento tra la S.S. 16 "Adriatica" e la litoranea (ex SS 16) a nord ed a sud di Molfetta ed a sud di Giovinazzo lungo il tratto tra il km 774+200 ed il km 785+600

Sistemazione funzionale Rotatoria e assi viari di collegamento tra il nuovo porto commerciale e le zone produttive e la S.S. 16 bis

PROGETTO DEFINITIVO

COD. BABA016ASTENS

PROGETTAZIONE: ANAS - STRUTTURA TERRITORIALE PUGLIA

IL PROGETTISTA E COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Ing. Alberto SANCHIRICO

GRUPPO DI LAVORO
Geom. Fiorentino AGRIMANO
Geom. Michele VELOCE

IL GEOLOGO
Dott. Pasquale SCORCIA

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Ing. Massimiliano FIDENZI

RESPONSABILE STRUTTURA TERRITORIALE: PROGETTAZIONE
Ing. Vincenzo MARZI

ATTIVITA' DI SUPPORTO

PROGETTAZIONE: RTP

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



SETAC S.r.l.

Servizi & Engineering: Trasporti Ambiente Costruzioni
Via Don Guanella 15/B - 70124 Bari
Tel/Fax (2 linee) : +39 080 5027679

MANDANTI:



Ing. Giovanni LAMPARELLI

Ing. Michele NOTARISTEFANO

ARCHEOLOGIA: Cooperativa CAST s.r.l. Arte Archeologia Storia del Territorio
Dott.ssa Archeologa Lucia CECI

04 - GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA

04.02 - GEOTECNICA

Relazione geotecnica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00_GE02_GET_RE01_A.pdf		
CVC	M01	D	2001	A	-
A	EMISSIONE		Feb. 2021		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	2
2	LINEAMENTI GEOLOGICI DELLA ZONA IN ESAME	2
2.1	LITO-STRATIGRAFIA	2
2.2	PERMEABILITA'	3
2.3	ASSETTO STRUTTURALE	3
2.4	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	4
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE	4
3.1	PRIMA CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	4
3.2	SECONDA CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	5
3.3	PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO ED IN SITO	5
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI LITOTIPI TERROSI	5
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI LITOTIPI LAPIDEI	8
6	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO CALCAREO	8
6.1	RESISTENZA MECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO	8
6.2	CARATTERISTICHE DI ELASTICITA' DELL'AMMASSO ROCCIOSO	10
7	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI GEOTECNICI	11
7.1	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	11
7.2	PARAMETRI GEOTECNICI ROCCIA ED AMMASSO CALCAREO	12
7.3	PARAMETRI GEOTECNICI LITOTIPI TERROSI	12
8	CONCLUSIONI	13

1 PREMESSA

La presente relazione riporta l'inquadramento geotecnico della zona interessata dall'ammmodernamento del collegamento della SS 16 a nord di Molfetta con il porto e la rete viabile comunale, ivi compreso lo snodo in corrispondenza dello svincolo SS 16 uscita "Molfetta zona artigianale".

La definizione delle condizioni geologiche dei terreni che affiorano lungo il tracciato stradale deriva dal rilievo geologico di superficie, dall'esame dell'ampia letteratura afferente l'area interessata dai lavori e dalle risultanze della campagna di indagini geognostiche eseguite in varie fasi ed è ampiamente illustrato nella Relazione geologica (Elab. T00_GEO01_GEO_RE01_A) cui si rimanda. I risultati delle indagini medesime sono illustrati cartograficamente negli allegati alla relazione (stratigrafie, prospezioni sismiche, carta idro-geomorfologica, sezioni geologiche ecc.).

2 LINEAMENTI GEOLOGICI DELLA ZONA IN ESAME

Rimandando alla Relazione geologica (Elab. T00_GEO01_GEO_RE01_A) per maggiori dettagli, si richiamano di seguito i passi essenziali che riguardano la definizione delle caratteristiche lito-stratigrafiche, strutturali e idrogeologiche della zona di interesse.

2.1 LITO-STRATIGRAFIA

I sondaggi geognostici eseguiti hanno posto in evidenza la presenza (in affioramento o sotto una coltre più o meno spessa di altri litotipi) dell'ammasso calcareo più o meno fratturato.

In particolare, in corrispondenza del viadotto di scavalco della linea ferroviaria (da S1 a S4), l'ammasso calcareo è ricoperto da una coltre di materiale grossolano (massicciata stradale) e/o da materiale di riporto limo-ghiaioso con spessore massimo pari a 2.60 m in corrispondenza del sondaggio S2. Il sondaggio S7 (eseguito in corrispondenza dello svincolo per la zona industriale della SS16), al di sotto di un primo strato di materiale ghiaioso-sabbioso (di riporto), mostra alla profondità di 4,50 m l'ammasso roccioso calcareo, fratturato e carsificato con terra rossa.

L'ammasso calcareo si presenta costituito da strati di roccia calcarea di spessore variabile da centimetrico a decimetrico, di colore bianco-rosato, a luoghi vacuolari, più o meno fratturati con fratture da suborizzontali a subverticali, generalmente ricolme di materiale residuale limoso rossastro, per l'intera lunghezza dei sondaggi. L'unica anomalia degna di nota è rappresentata nel sondaggio S1 da una piccola cavità presente tra 14.00 e 14.40 m da p.c.

I sondaggi S5 ed S6, eseguiti lungo l'asse di collegamento al porto, mostrano, a tetto dell'ammasso calcareo, la presenza dei depositi calcarenitici (di spessore pari a 4-4,50 m) a consistenza variabile, da materiale lapideo tenero a materiale limoso bruno-rossastro. Nel sondaggio S5, più vicino alla linea di costa, a circa 4 m da p.c. è stato intercettato il livello di falda.

In conclusione, i sondaggi eseguiti nella zona più a monte (SS16 e linea FFSS) mostrano già in affioramento l'ammasso calcareo, mentre il sondaggio eseguito lungo la strada di collegamento al porto evidenzia la presenza della bancata calcarenitica, in accordo con quanto illustrato nell'inquadramento geologico generale.

2.2 PERMEABILITA'

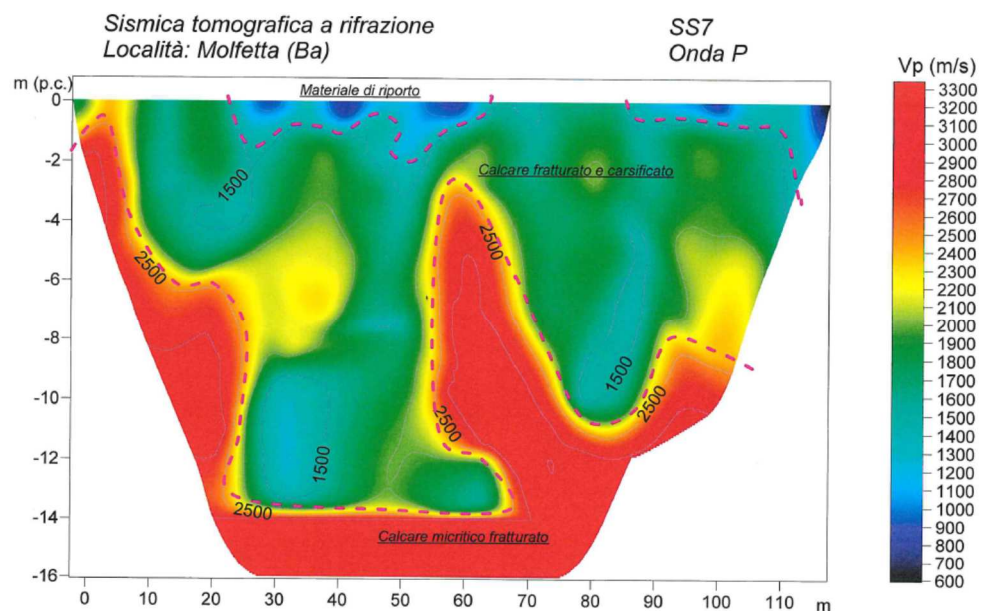
Le prove di assorbimento d'acqua in foro, eseguite all'interno del sondaggio S5 in occasione della prima campagna di indagini geognostiche, hanno fornito i seguenti valori di permeabilità:

- Limi bruni superficiali: $K = 1,52 \times 10^{-7}$ m/s (poco permeabili)
- Limi rossastri con livelli calcarenitici: $K = 1,90 \times 10^{-4}$ m/s (permeabili)
- Calcari fratturati di base: $K > 4,13 \times 10^{-4}$ m/s. (permeabili).

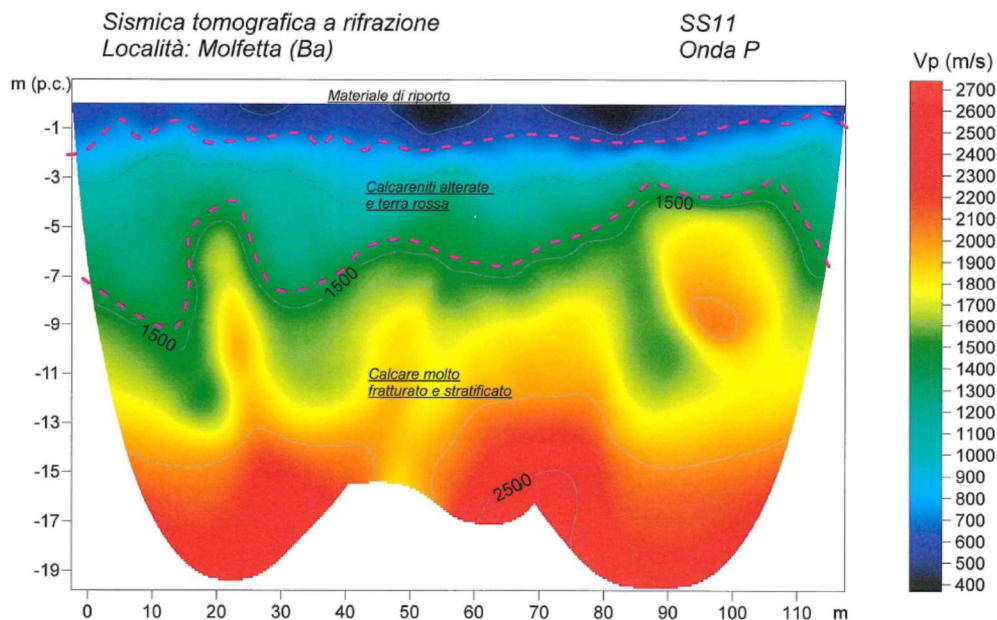
2.3 ASSETTO STRUTTURALE

L'assetto strutturale del sottosuolo della zona indagata si evince dall'esame dei risultati delle indagini sismiche da superficie e in foro.

I valori di velocità delle onde P registrati, illustrati e commentati nella Relazione geologica cui si rimanda, mostrano che i terreni di copertura limoso-sabbiosi presentano bassa velocità sismica (<1000 m/s). L'ammasso calcareo mostra valori di velocità intorno a 2000 m/s, laddove intensamente fratturati, che salgono a 3000-4000 m/s laddove più compatti e meno fratturati. Di seguito si riportano, a mo' di esempio, alcune sezioni sismo-stratigrafiche.



• Figura 1 - Sezione sismo-stratigrafica SS7



• Figura 2 - Sezione sismo-stratigrafica SS11

2.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo, i valori della velocità equivalente collocano l'ammasso in questione in categoria B.

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

In due differenti campagne di indagini condotte la prima dalla ditta Abele Toma Srl di Matera, elab. T00_SG02_GEO_RE01_A e T00_SG02_GEO_RE02_A, e la seconda dalla ditta GEOPROVE di Ruffano (LE), elab. T00_SG02_GEO_RE03_A, sono state eseguite le indagini geognostiche di seguito elencate i cui risultati sono riportati e commentati nella Relazione geologica cui si rimanda.

3.1 PRIMA CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche sono consistite in:

- n.5 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, dei quali i primi quattro (S1-S4) in corrispondenza della fascia di allargamento del viadotto sulla ferrovia, il quinto (S5) nella area della rotatoria di collegamento con il porto;
- prove di permeabilità in foro tipo "Lefranc", eseguite nel sondaggio S5;
- n.6 basi sismiche a rifrazione lungo il tracciato (SS1-SS6);

d) prospezioni sismiche in foro tipo "Down Hole", eseguite nei sondaggi S2 e S3, finalizzate alla valutazione della Vs, eq.

3.2 SECONDA CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche sono consistite in:

- aa) n.3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, dei quali due (S7 e S8) in corrispondenza degli svincoli della SS16 e uno (S6) lungo l'asse di collegamento;
- bb) n.5 basi sismiche a rifrazione lungo il tracciato (SS7-SS11);
- cc) prospezioni sismiche in foro tipo "Down Hole", eseguite nel sondaggio S7, finalizzate alla valutazione della Vs, eq.

3.3 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO ED IN SITO

Nelle due campagne di indagini sono state eseguite, complessivamente, le seguenti prove geotecniche di laboratorio e in sito:

- n.11 prove di compressione monoassiale su altrettanti campioni di roccia calcarea prelevati nei sondaggi S1, S2, S3, S4;
- n.4 prove di riconoscimento e di determinazione della resistenza meccanica su altrettanti campioni di materiale terroso prelevato all'interno dei sondaggi S5, S6, S;
- prove penetrometriche dinamiche SPT eseguite sui livelli terrosi attraversati nel corso delle perforazioni di sondaggio;
- prove penetrometriche statiche (DPSH) eseguite sui livelli terrosi attraversati nel corso delle perforazioni di sondaggio;
- prospezioni sismiche da superficie ed in foro, come sopra descritto.

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI LITOTIPI TERROSI

Nel corso della perforazione dei sondaggi geognostici sono stati attraversati alcuni livelli di materiale limoso-argilloso di copertura dei sottostanti livelli calcarenitici e calcarei oppure intercalato ai livelli calcarenitici. I risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite su detti litotipi sono riassunti nella tabella seguente.

• *Tabella 1 - Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche litotipi terrosi*

Sondaggio	S5	S6	S7	S7
campione	C1	C1	C1	C2
profondità	1,70-2,00	2,00-2,50	2,00-2,50	4,50-4,80
Contenuto naturale d'acqua w (%)	16.90	20.3	22.7	28.9
Peso di volume totale γ_t (kN/mc)	19.90	19.7	15.3	16.8

Peso di volume secco ρ_d (kN/mc)	17.01	16.4	12.5	13.0	
Peso di volume saturo ρ_{sat} (kN/mc)	---	19.7	17.5	18.0	
Peso specifico reale ρ_s (kN/mc)	26.60	24.70	25.70	26.40	
Indice dei vuoti e	0.564	0.51	1.06	1.02	
Porosità n (%)	36.06	33.8	51.4	50.6	
Grado di saturazione S_r (%)	80.08	100	56.4	75.8	
Limite liquido LL (%)	42	54	49	54	
Limite plastico LP (%)	25	29	29	28	
Indice plastico IP (%)	17	25	20	26	
Indice di consistenza IC (%)	1.47	1.37	1.28	0.95	
Ghiaia G (%)	21	27	21	25	
Sabbia S (%)	19	31	34	22	
Limo L (%)	28	15	26	37	
Argilla A (%)	32	27	19	16	
Classificazione	A7-6 / CL	A7-6 / CL	A7-6 / CL	A7-6 / CL	
Prova TRX,UU: C_u (kN/mq=kPa)	180	69	54	108	
Prova TD,CD	C' (kPa)	--	15	15	20
	ϕ'	--	25°	27°	24°
Prova TRX,CD	C' (kPa)	--	16	12	21
	ϕ'	--	26°	26°	25°

Da quanto sopra riportato si evince che i materiali terrosi testati, siano essi appartenenti ai depositi di copertura che ai livelli terrosi presenti all'interno della bancata calcarenitica o calcarea sono granulometricamente costituiti da limo sabbioso-argillosi e sabbie argilloso-limose con elementi lapidei di varia dimensione.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisico-meccaniche, mentre i depositi di copertura mostrano discrete caratteristiche fisiche e di resistenza meccanica, i materiali terrosi intercalati nelle formazioni lapidee mostrano bassi valori dei parametri fisici evidenziati da alti valori dell'indice dei vuoti.

Per una migliore caratterizzazione del comportamento meccanico dei depositi terrosi sono stati analizzati i risultati delle prove DPSH (Prove penetrometriche dinamiche continue) eseguite in prossimità dei sondaggi meccanici. Nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri più significativi ricavati da dette prove a partire dalla resistenza a partire dal valore misurato della resistenza dinamica R_d (espresso in Kg/cm²).

• **Tabella 2 - Prove penetrometriche dinamiche continue: risultati sperimentali**

Litotipo	Prova	prof.	R_d	ρ_t	N_{spt}	E_{young}	E_{ed}	
		m	Kg/cm ²	kN/mc		Kg/cm ²	Kg/cm ²	
Terra rossa	DPSH1	-4,00	61	18.5	14	66	100	
Materiale riporto	DPSH2	-2.80	111	19.7	19	87	122	

Per quanto riguarda, invece, i valori di resistenza meccanica, sono state utilizzate le seguenti relazioni che legano l'angolo di attrito al valore di N_{spt} , tra le molte disponibili, scelte in funzione della litologia del deposito indagato:

- Densità relativa: Meyerhof (1957): $Dr = 21 (\sqrt{N_{spt}/(\sigma'_v + 0,7)})$ (a)

valida per tutti i tipi di terreno con σ'_v = tensione verticale efficace espressa in Kg/cm².

- Angolo di resistenza a taglio:

- SHIOI & FUKUNI Road Bridge Specification (1982), valida per tutti i tipi di suolo e l'angolo è pari a:
 $\Phi = (\sqrt{15 N_{spt}}) + 15$ (1)

- SHIOI & FUKUNI Japanese National Railway (1982), valida per tutti i tipi di suolo e l'angolo è pari a:
 $\Phi = 0,3 N_{spt} + 27$ (2)

- SCHMERTMANN (1978), valida solo per le sabbie e le ghiaie e l'angolo è calcolato in funzione della densità relativa; per ghiaietto uniforme o sabbie e ghiaie poco limose risulta:
 $\Phi = 38 + 0,08 Dr$ (3)

- OWASAKI & IWASAKI, valida per sabbie da medie a ghiaiose e l'angolo è pari a:
 $\Phi = (\sqrt{20 N_{spt}}) + 15$ (4)

- SOWERS (1961), valida solo per i terreni sabbiosi e l'angolo è pari a:
 $\Phi = 28 + 0,28 N_{spt}$ (5)

- MEYERHOF (1965): valida solo per i terreni sabbiosi e l'angolo è pari a:
 $\Phi = 29,47 + 0,46 N_{spt} - 0,004 N_{spt}^2$ (6)

Segue:

• **Tabella 3 - Prove penetrometriche dinamiche continue: correlazione con l'angolo di attrito**

	N_{spt}	(1)	(2)	(a)	(3)	(4)	(5)	(6)
Fino	14	29°	31°	--	--	--	--	--
Grossolano	19	32°	33°	84%	38°	34,5°	33,3°	36,8°

I valori ottenuti sono confrontabili con quelli forniti dalle prove geotecniche di laboratorio, tenuto conto che le prove penetrometriche restituiscono solo un valore di angolo di attrito, mentre le prime forniscono sia il valore dell'angolo di attrito che quello della coesione.

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI LITOTIPI LAPIDEI

Su alcuni campioni di carota prelevati dalle cassette di sondaggio sono state effettuate prove geotecniche di caratterizzazione fisico-meccanica (peso di volume totale e resistenza a compressione monoassiale). I risultati sono riassunti nella tabella seguente.

• *Tabella 4 - Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche litotipi lapidei (calcari)*

Sondaggio	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	5
Campione	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	1
a m.	5.00	9.50	6.70	12.00	17.70	3.60	16.5	22.2	4.00	9.00	6.40
peso volume (kN/mc)	27.90	25.00	26.80	25.20	25.30	27.00	25.40	26.70	26.70	27.00	26.20
resistenza Co (MPa)	75	56	62	50	50	56	56	54	70	64	60

Trattasi di roccia calcarea di buona qualità, come dimostrano i valori elevati del peso di volume (25-28 kN/mc circa) e quelli altrettanto elevati della resistenza a compressione monoassiale (50-75 MPa).

6 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO CALCAREO

6.1 RESISTENZA MECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Per la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso si è fatto ricorso alla Classifica di Bieniawski che fornisce l'indice RMRb (Rock Mass Rating di base).

Come è noto, l'RMRb è dato dalla somma di cinque parametri:

$$RMRb = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

ove (cfr. tabella allegata):

A1 è funzione della resistenza a compressione monoassiale (Co) del materiale lapideo

A2 è funzione del valore dell'RQD,

A3 è funzione della spaziatura delle discontinuità

A4 è funzione delle condizioni delle discontinuità

A5 tiene conto della presenza o meno di acqua nel sottosuolo.

Nella tabella seguente sono riportati gli intervalli di variazione dei cinque parametri su indicati.

Parametri	Intervallo di valori							
Resistenza roccia sana	Resistenza al «Point Load test» (MPa)	> 10	4 ÷ 10	2 ÷ 4	1 ÷ 2	Per questi bassi valori è preferibile la prova di compressione monoassiale		
	Resistenza a compressione monoassiale (MPa)	> 250	100 ÷ 250	50 ÷ 100	25 ÷ 50	5 ÷ 25	1 ÷ 5	< 1
Coefficienti numerici		15	12	7	4	2	1	0
Rock Quality Designation RQD (%)		90 ÷ 100	75 ÷ 90	50 ÷ 75	25 ÷ 50	< 25		
Coefficienti numerici		20	17	13	8	3		
Spaziatura delle discontinuità		> 2 m	0,6 ÷ 2 m	200 ÷ 600 mm	60 ÷ 200 mm	< 60 mm		
Coefficienti numerici		20	15	10	8	5		
Condizione dei giunti		Superfici molto rugose. Discontinuità chiuse e non persistenti. Pareti non alterate	Superfici debolmente rugose. Apertura delle discontinuità < 1 mm. Pareti leggermente alterate	Superfici debolmente rugose. Apertura delle discontinuità < 1 mm. Pareti completamente alterate	Superfici lisce o riempimenti argillosi di potenza < 5 mm o discontinuità collegate e con apertura di 1 - 5 mm	Riempimenti di argilla molle di potenza > 5 mm o discontinuità collegate e con apertura > 5 mm, persistenti		
Coefficienti numerici		30	25	20	10	0		
Presenza di acqua	Venute d'acqua in 10 m di galleria (l/min)	Nulla	< 10	10 ÷ 25	25 ÷ 125	> 125		
	Rapporto tra la pressione dell'acqua nelle discontinuità e la massima sollecitazione principale	0	< 0,1	0,1 ÷ 0,2	0,2 ÷ 0,5	> 0,5		
Condizioni generali della roccia		Perfettamente asciutta	Umida	Bagnata	Stillicidi	Venute d'acqua		
Coefficienti numerici		15	10	7	4	0		

Tabella 5 - Intervalli di valori dei parametri di Bieniawski

Nel caso in esame, visti i risultati delle indagini geognostiche e le caratteristiche meccaniche della roccia innanzi richiamate, si può assumere:

- A1 = 7 (resistenza medio-alta 50-100 MPa),
- A2 = 6 (RQD=10-50%, valore mediato 25%),
- A3 = 10 (spaziatura media 0,2-0,6 m),
- A4 = 25 (discontinuità poco scabre, apertura <1 mm),
- A5 = 10 (umida).

Segue: $RMR_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 = 7 + 6 + 10 + 25 + 10 = 58$

cui corrisponde un ammasso roccioso di classe III (RMR_b = 60-41: mediocre).

Tabella 6 - Classe di qualità dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski

RMR _b	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0
Classe	I	II	III	IV	V
descrizione	Molto buono	buono	mediocre	scadente	Molto scadente

Dai valori di RMR_b è possibile anche ricavare i parametri di resistenza dell'ammasso, forniti dalle formule seguenti:

c (kPa) = 5 RMRb = 290 kPa

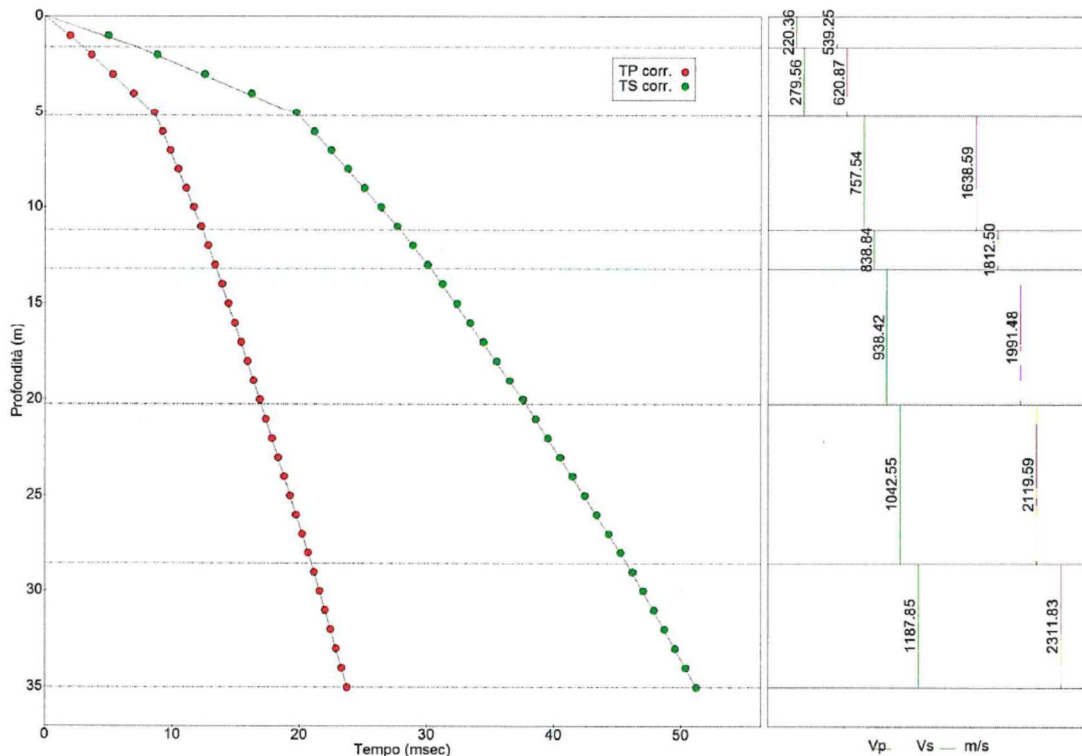
$\Phi = 0,5 \text{ RMRb} + 5 = 29 + 5 = 34^\circ$

E (GPa) = 2 RMRb - 100 = 16 GPa.

6.2 CARATTERISTICHE DI ELASTICITA' DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Per quanto riguarda le caratteristiche elastiche dell'ammasso calcareo è possibile dedurle dai risultati delle prospezioni sismiche (in particolare dalle prove down-hole eseguite all'interno del sondaggio S7).

Nella figura 3 seguente sono riportati i valori del tempo di percorrenza delle onde sismiche, sia per le onde longitudinali che per quelle trasversali, ed i corrispondenti valori di velocità:



• *Figura 3 - Dromocrone della prova DH e valori di velocità Vp e Vs*

Nella tabella seguente, elaborata a partire dalle tabelle inserite nel *Report* citato, sono, invece, riportati i valori delle velocità intervallari e dei moduli di elasticità dinamico e statico da esse ricavati.

• *Tabella 7 - Moduli elastici ricavati a partire dalle velocità delle onde P e S (Prova down-hole)*

Intervalli di profondità (m)	Velocità onde P (m/s)	Velocità onde S (m/s)	Modulo elastico Edin (MPa)	Modulo statico Estat (MPa)
0-2	540	220	590	280
2-5	620	280	790	440
5-11	1640	760	6220	3630
11-13	1810	840	7680	4490

13-20	1990	940	9430	5680
20-28	2120	1040	10850	7030
28-35	2310	1190	13150	9170

Per quanto riguarda, infine, il modulo di reazione del terreno, con Vesic si può utilizzare la relazione:
 $k \approx E / B (1 - \nu^2)$.

A riguardo dei valori su esposti, è importante osservare che, trattandosi di valori calcolati e non misurati, essi risentono delle approssimazioni insite nelle formule teoriche, comprese nel caso in esame fra il 10% e il 20%.

7 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI GEOTECNICI

7.1 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Le principali opere previste in progetto sono le seguenti:

- Zona svincolo Mongolfiera (sondaggio S7 e prova DPSH2): sono qui previsti muri di sottoscampa (h=1.60-5.20 m) e muri di controripa (h= 1.30-3.20);
- Zona svincolo Molfetta centro (sondaggio S8 e prova DPSH3): sono qui previsti rilevati in terra per la complanare in affiancamento alla superstrada;
- Bretella di raccordo alla zona portuale (sondaggio S6 e prova DPSH1): opere in terra.

Visti i risultati delle indagini geognostiche e delle prove geotecniche di laboratorio ed in sito, per quanto riguarda i muri della zona 1 (Mongolfiera), essi saranno poggiati direttamente sull'ammasso calcareo di base, previa asportazione del terreno vegetale. Localmente potrebbero rinvenirsi materiali terrosi di spessore superiore al metro, che potranno essere sostituiti da calcestruzzo magro di sottofondazione. Venendo al rilevato della complanare, anch'esso sarà fondato sull'ammasso calcareo di base, qui ricoperto da ridotti spessori di terreno vegetale. Solo in corrispondenza della depressione morfologica potrebbero rinvenirsi maggiori spessori di materiali terrosi di origine alluvionale, comunque idonei all'appoggio del rilevato stradale.

Infine, lungo la bretella di raccordo e nei pressi del previsto insediamento commerciale si alternano vari litotipi che vanno dal Calcare di Bari, alla Calcarenite di Gravina, ai depositi alluvionali ed, infine, ai depositi travertinoidi (cfr. Planimetria geologica).

Laddove presente in affioramento, l'ammasso roccioso calcareo si presenta in strati e livelli, generalmente di piccolo spessore, di roccia compatta, con sottili partimenti di terra rossa. Gli strati a luoghi si presentano variamente fratturati e carsificati. In questo caso, il modello geotecnico del sottosuolo è rappresentato da un unico mezzo lapideo.

Laddove il substrato calcareo è ricoperto da spessori significativi (>2 m) di litotipi calcarenitici o terrosi, il modello geotecnico del sottosuolo è assimilabile ad un sistema a due strati: quello superiore appartenente ai depositi calcarenitici o terrosi, quello inferiore appartenente all'ammasso calcareo. Negli allegati Geo2.GET.FG.01-.03 sono riportati i profili geotecnici lungo i tratti stradali in progetto.

7.2 PARAMETRI GEOTECNICI ROCCIA ED AMMASSO CALCAREO

Per quanto riguarda i parametri geotecnici da assumere nei calcoli delle opere ricadenti nella zona in esame, vale quanto segue.

La resistenza meccanica della roccia calcarea è nel range dei valori normalmente manifestati dal Calcarea di Bari. Sono anche presenti livelli di calcari dolomitici con ben più elevati valori di resistenza. Venendo alla qualità dell'ammasso roccioso calcareo, esso, secondo la classifica di Bieniawski è definibile come ammasso roccioso di qualità mediocre essenzialmente a causa del grado di fratturazione della roccia. Pur tuttavia i valori dei parametri geomeccanici ad esso attribuibili, utilizzabili nei calcoli geotecnici, sono più che buoni:

peso di volume della roccia	$\gamma_t > 25-28 \text{ kN/m}^3$
resistenza a compressione della roccia	$C_o = 50-75 \text{ MPa}$
coesione equivalente dell'ammasso	$c' = 290 \text{ kPa}$
angolo di attrito equivalente dell'ammasso	$\Phi' = 34^\circ$
modulo elastico dell'ammasso	$E_{stat} = 16 \text{ GPa}$

I valori minimi su riportati possono essere assunti come valori caratteristici della roccia.

In alternativa ai valori su indicati, ai fini del calcolo della capacità portante della fondazione delle opere in cls, si può fare riferimento anche ai valori della resistenza uniassiale attraverso la formula $q_{ult} = R_c / FS$

che, nel caso in questione, assunto $R_c=50 \text{ MPa}$ e $FS=10$, fornisce

$$q_{ult} = R_c/FS = 50/10 = 5 \text{ MPa}.$$

7.3 PARAMETRI GEOTECNICI LITOTIPI TERROSI

Per quanto riguarda i depositi terrosi, distinguendo fra litotipi prevalentemente grossolani (ghiaia e sabbia in matrice limoso-argillosa) e prevalentemente fini (limi e argille sabbiose), i valori caratteristici dei parametri geotecnici sono i seguenti:

- litotipi fini:	peso-volume 16 kN/m^3	$c' = 15 \text{ kPa}$	$\Phi' = 25^\circ$
- litotipi grossolani:	peso-volume 19 kN/m^3	$c' = 15 \text{ kPa}$	$\Phi' = 25^\circ$

8 CONCLUSIONI

La caratterizzazione geotecnica dell'area interessata dal progetto in esame ha permesso di trarre le seguenti considerazioni generali:

- l'area in esame è caratterizzata dalla presenza in affioramento dell'ammasso calcareo di base;
- solo in corrispondenza delle depressioni morfologiche e in prossimità della costa l'ammasso calcareo è ricoperto da spessori (più o meno esigui) di depositi calcarenitici e/o terrosi;
- le caratteristiche geotecniche della roccia di base sono molto buone, quelle dell'ammasso calcareo sono discrete essendo esse condizionate dal grado di fatturazione della roccia e dall'eventuale presenza di piccoli vuoti carsici ricolmi di terra rossa; le indagini svolte non hanno, infatti, evidenziato la presenza di cavità carsiche di rilievo;
- la categoria di sottosuolo è la B;
- non si ravvedono problematiche particolari per quanto attiene alle fondazioni delle opere d'arte e dei rilevati stradali.