

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

ADEGUAMENTO SP6 DA CAMPOMORONE A ISOVERDE

**Geologia/Geotecnica
Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. P.P. Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R B	N V V A 1 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	ROCKSOIL <i>Pomani</i>	17/09/2012	Ing. F. Colla <i>[Signature]</i>	19/09/2012	E. Pagani <i>[Signature]</i>	21/09/2012	Dott. Ing. E. Ghislandi
A01	Rev. Per Istr. ITF	ROCKSOIL <i>Pomani</i>	21/06/2013	Ing. F. Colla <i>[Signature]</i>	24/06/2013	A. Palomba <i>[Signature]</i>	26/06/2013	

n. Elab.:

File: IG5101ECVRBNVVA10001A01

CUP: F81H92000000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRBNVVA10001A01</p>	<p>Foglio 3 di 51</p>

INDICE

INDICE.....		3
1. PREMESSA		4
2. NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO		7
2.1. Documentazione di riferimento.....		7
2.2. Normative, raccomandazioni e strumenti territoriali di riferimento.....		7
3. GEOLOGIA-GEOMORFOLOGIA-IDROGEOLOGIA		9
3.1. Unità tettonometamorfica Figogna.....		12
3.1.1. Argilloscisti di Costagiutta.....		12
3.1.2. Argilloscisti di Murta.....		13
3.2. Corrispondenza tra le unità descritte nel PD e le unità CARG.....		13
3.3. Geomorfologia.....		14
3.4. Idrogeologia.....		17
4. INDAGINI ESEGUITE		20
4.1. Indagini effettuate in fase di progettazione preliminare.....		20
4.2. Indagini effettuate in fase di progettazione definitiva.....		21
4.3. Indagini effettuate in fase di Progettazione esecutiva.....		21
5. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA		27
5.1. Depositi superficiali.....		28
5.1.1. Determinazione della densità relativa Dr da prove SPT.....		28
5.1.2. Angolo di resistenza al taglio.....		28
5.1.3. Caratteristiche di deformabilità.....		28
5.2. Formazioni rocciose.....		31
5.2.1. Generalità.....		31
5.2.2. Valutazione del parametro RMR'89.....		31
5.2.3. Criteri di rottura.....		33
5.2.4. Caratteristiche di deformabilità.....		37
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI LUNGO IL TRACCIATO39		
6.1. Terreni di riporto.....		39
6.2. Coltre detritica.....		39
6.3. Depositi fluviali recenti fl3.....		40
7. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI		45
7.1. Parametri di resistenza.....		45
7.2. Argilloscisti di Murta AGF (ex Argilliti a Palombini p.p.).....		45
8. PRINCIPALI CRITICITA' LUNGO IL TRACCIATO		51

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRBNVVA10001A01</p>	<p>Foglio 4 di 51</p>

1. PREMESSA

Il progetto in esame prevede la realizzazione di una nuova viabilità di accesso all'imbocco Fegino della linea principale e al cantiere operativo COL2.

Il documento revisiona, ove necessario, ed integra gli aspetti geologici delle precedenti fasi progettuali con particolare riferimento alle sezioni stratigrafiche dei terreni in corrispondenza delle opere, la cui posizione è variata.

Gli approfondimenti stratigrafici in corrispondenza delle opere sono stati basati sui dati del rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio e dei dati geognostici delle campagne di PP, PD e della nuova campagna integrativa 2012 di PE.

I sondaggi del PP e del PD eseguiti in un intorno significativo, rispetto alla viabilità in progetto, sono: SL11 e AA301D015; le indagini integrative di PE sono: SI01, SB, SE, SD, TR11-3 e NVVA01-1 (cfr. fig. 1.1).

Si descrivono, di seguito, nel documento le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del tratto di strada in esame e di un suo contorno significativo; nell'ultimo paragrafo vengono sinteticamente descritte il profilo geologico e le sezioni stratigrafiche tipo ricostruite in corrispondenza delle opere principali.

La presente relazione ha per oggetto la caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni geologiche presenti lungo il tracciato.

Essa si articola come segue:

- il capitolo 2 elenca i documenti, le normative e la bibliografia di riferimento.
- il capitolo 3 riporta un inquadramento geologico geomorfologico idrogeologico di sintesi riprendendo quanto descritto nella relazione geologica di progetto;
- il capitolo 4 riporta un riepilogo delle indagini geotecniche disponibili effettuate in più fasi, per la progettazione preliminare, definitiva e per l'attuale fase di progettazione esecutiva;
- il capitolo 5 descrive i criteri di interpretazione delle indagini geotecniche,
- il capitolo 6 riporta la caratterizzazione geotecnica
- il capitolo 7 riporta la classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi lungo il tracciato
- il capitolo 8 descrive le principali criticità di tipo geotecnico presenti lungo il tracciato.

Il documento revisiona, ove necessario, ed integra gli aspetti geotecnici del Progetto Definitivo con particolare riferimento alle sezioni stratigrafiche dei terreni in corrispondenza delle opere.

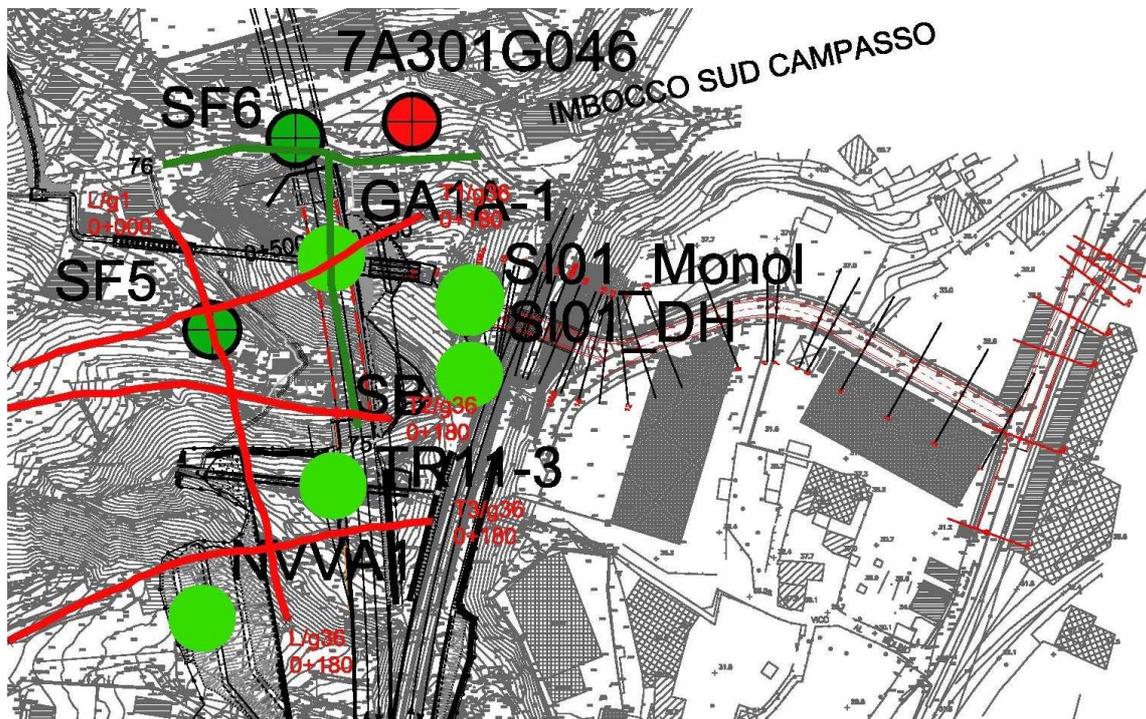


Fig. 1.1 – Planimetria ubicazione delle indagini geognostiche.

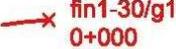
LEGENDA INDAGINI GEOGNOSTICHE	
INDAGINI PREGRESSE	
 S5	Campagna indagini COCIV (1992-2001) (P. MASSIMA)
 SA301G114	Campagna di indagini 2001-2002 (P.P.)
 DPSH1	Prove penetrometriche dinamiche superpesanti (2001-2002) (P.P.)
 SF12	Campagna di indagini 2004 (P.D.)
	Linea sismica tomografica (P.P.)
	Linea sismica a riflessione (P.P.)
	Linea sismica tomografica (P.D.)
 RS10	Rilievi geostrutturali
 PL7D	Prove penetrometriche
INDAGINI P.E. LOTTO 1 (2012-2013)	
	Sondaggi eseguiti
	Sondaggi da eseguire
	Prove di carico su piastra
	Linea sismica tomografica
	Linea sismica geoelettrica
	Traccia sezione geologico/geotecnica

Fig. 1.2 – Legenda indagini geognostiche.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVBRNVVA10001A01	Foglio 7 di 51

2. **NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO**

Nella stesura della relazione si è fatto riferimento a quanto elencato di seguito.

2.1. **Documentazione di riferimento**

- Relazione tecnico-descrittiva
- Profili geologici longitudinali lungo il tracciato
- Sezioni geologico - stratigrafiche
- Studi a carattere geologico, composti dai seguenti elaborati:
 - o Carta geologico-geomorfologica
 - o Carta idrogeologica
 - o Profilo geologico ed idrogeologico lungo il tracciato
- Indagini geognostiche eseguite durante la fase di Progetto Preliminare della galleria di linea.
- Indagini effettuate durante la fase di Progetto Definitivo.
- Indagini effettuate per la presente fase di Progetto Esecutivo.

2.2. **Normative, raccomandazioni e strumenti territoriali di riferimento**

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le seguenti normative di legge e strumenti territoriali di riferimento:

- D.M. 11.03.1988 e s.m.i. “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e le scarpate, i criteri generali, e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”
- Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” - Cir. Dir. Cen. Tecn. n° 97/81.
- Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 “Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative”
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316. “Modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.03”.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVBNVVA10001A01</p> <p style="text-align: right;">Foglio 8 di 51</p>

- Variante al P.T.C. Bacini Padani” (VBP) redatto dalla Provincia di Genova.
- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico PAI - (Autorità di Bacino del Fiume Po).
- "Indagine geologica per verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica del P.A.I." - Comunità Montana Alta Val Lemme Alto Ovadese
- EN 1997 Eurocodice 7 “Geotechnical Design”
- Part 1: General rules
- Part 2: Standards for laboratory testing
- Part 3: Standards for field testing.
- ASTM D1557 “Test method for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort”.
- CNR UNI 10009 “Costruzione e manutenzione delle strade – Tecnica di impiego delle terre”.
- CNR B.U., anno XXVI, n° 146 “Determinazione dei moduli di deformabilità Md e Md’ mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 9 di 51

3. GEOLOGIA-GEOMORFOLOGIA-IDROGEOLOGIA

L'area di studio si colloca nella zona di giustapposizione tra i domini orogenici alpino e appenninico (Figura 3.1), nota in letteratura come "nodo collisionale ligure" (Laubscher at. al., 1992); questo settore ad elevata complessità strutturale è stato recentemente oggetto di una dettagliata revisione cartografica con la realizzazione del nuovo foglio CARG n° 213-230 "Genova" in scala 1:50.000 (Capponi et al., 2009).

Nell'area del Foglio Genova è possibile distinguere, da ovest verso est, tre settori caratterizzati dall'associazione di unità di crosta oceanica e di mantello, unità di margine continentale e unità costituite da flysch (Figura 3.1):

- 1) le **unità tettonometamorfiche¹ Voltri e Palmaro-Caffarella** ("*Gruppo di Voltri*" *auct.*): sono costituite dalle associazioni pre-cenomaniane di ofioliti e metasedimenti carbonatici del dominio oceanico ligure-piemontese.

I litotipi dell'Unità Voltri hanno registrato un picco metamorfico eclogitico mentre la riequilibrio metamorfica delle rocce dell'Unità Palmaro-Caffarella è limitata alla facies scisti-blu (Federico et al. 2004). La distinzione sicura tra i litotipi delle due unità è in genere possibile solo a scala microscopica, in base ai caratteri mineralogico-petrografici.

- 2) la **Zona Sestri-Voltaggio** *auct.* (nel seguito ZSV): è costituita da tre unità tettonometamorfiche, di cui due ofiolitiche (Cravasco-Voltaggio e Figogna) e una di margine continentale (Gazzo-Isoverde).

Il livello del metamorfismo è progressivamente decrescente passando dalle unità Cravasco-Voltaggio e Gazzo-Isoverde (facies scisti blu) all'Unità Figogna (facies pumpellyite-actinolite).

- 3) Il **dominio dei Flysch Appenninici**: è rappresentato dalle quattro unità tettoniche Mignanego, Montanesi, Ronco e Antola, sovrapposte con vergenza europea.

Procedendo verso est, il grado metamorfico decresce da basso a bassissimo nelle prime tre unità fino ad arrivare a condizioni di diagenesi per l'Unità Antola.

La ZSV è in contatto a W con le unità tettonometamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella lungo una discontinuità regionale con direzione N-S, nota in bibliografia come *Linea Sestri-Voltaggio*; questo lineamento strutturale è classicamente ritenuto il limite fisico tra la catena alpina e quella appenninica, anche se le interpretazioni sulla sua natura sono spesso discordanti: faglia trasforme (Elter & Pertusati, 1973), sovrascorrimento (Cortesogno & Haccard, 1984) o faglia estensionale (Hoogerduijn Strating, 1994).

Questa zona di deformazione regionale è attualmente ritenuta un canale di concentrazione preferenziale della deformazione che, lungo di essa, si è ripetutamente scaricata, in momenti diversi

¹ Con il termine di "unità tettonometamorfica" si intende un volume roccioso caratterizzato da incompatibilità metamorfiche e strutturali rispetto ai volumi adiacenti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01 <table border="1" data-bbox="1460 230 1575 288"> <tr> <td>Foglio 10 di 51</td> </tr> </table>	Foglio 10 di 51
Foglio 10 di 51		

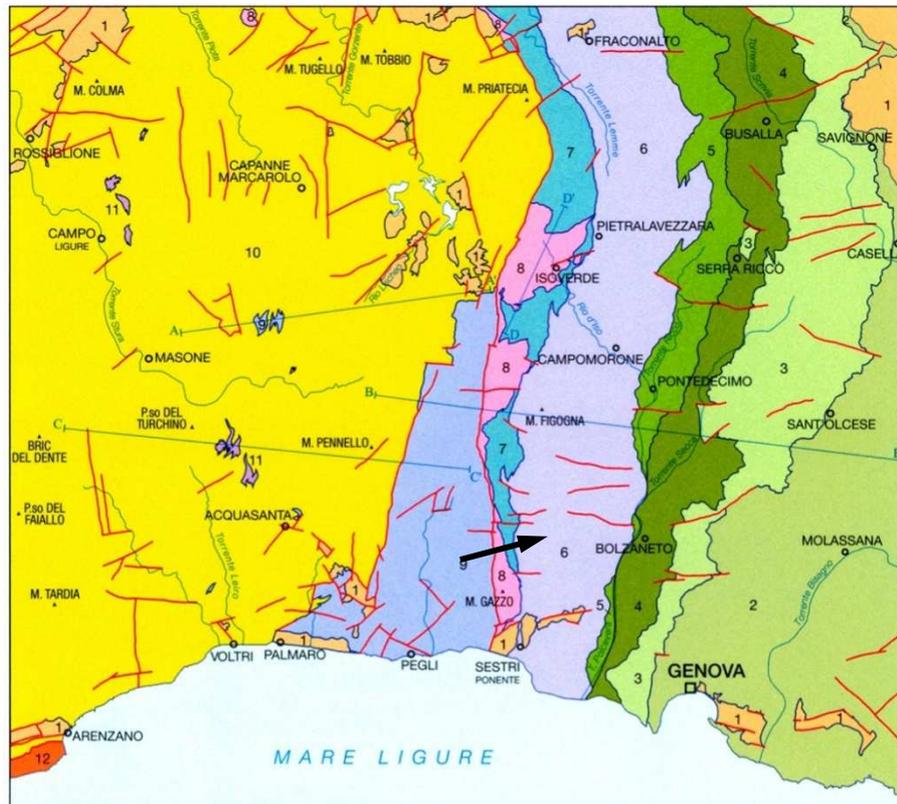
della storia evolutiva della catena e in regimi tettonici corrispondenti a livelli strutturali differenti (Capponi et al. 2009).

Ad E, la Zona Sestri-Voltaggio è in contatto con le unità tettoniche di basso grado che compongono il dominio dei Flysch Appenninici.

Il tracciato della linea A.C./A.V. Milano-Genova ed alcune delle opere accessorie si sviluppano, in territorio ligure, a cavallo delle unità tettonometamorfiche Palmaro-Caffarella e Sestri-Voltaggio. A scala locale, il territorio in cui si collocano il sito di intervento e le zone limitrofe, è ubicato nell'areale di affioramento dell'unità Figogna; verranno quindi di seguito brevemente descritti i litotipi che la compongono.

Le sigle e le età geologiche riportate a fianco dei nomi delle formazioni descritte fanno riferimento alla legenda CARG.

SCHEMA TETTONICO



- 1** DEPOSITI TARDO- E POST-OROGENICI
Successione del Bacino Terziario Piemontese, depositi pliocenici e quaternari
- 2** UNITÀ TETTONICA ANTOLA
Unità costituita da flysch, non metamorfica
- 3** UNITÀ TETTONICA RONCO
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
- 4** UNITÀ TETTONICA MONTANESI
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
- 5** UNITÀ TETTONICA MIGNANEGO
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
- 6** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA FIGOGNA
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies pumpellyite-actinolite
- 7** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA CRAVASCO - VOLTAGGIO
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies Scisti Blu (albite, clorite, Na-anfibolo, Na-pirosseno, lawsonite, pumpellyite, epidoto), con retrocessione moderata
- 8** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA GAZZO - ISOVERDE
Unità di margine continentale, a sovrainpronta metamorfica di alta pressione
- 9** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA PALMARO - CAFFARELLA
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies Scisti Blu (gaderite, Na-anfibolo, lawsonite), con retrocessione in facies Scisti Verdi più o meno pervasiva
- 10** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA VOLTRI
Unità di crosta oceanica e di mantello, a metamorfismo in facies Scisti Blu con eclogiti e riequilibratura in facies Scisti Verdi spesso pervasiva
- 11** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ANGASSINO - TERMA
Unità di margine continentale, a sovrainpronta metamorfica di alta pressione
- 12** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ARENZANO
Costituita da un Complesso di margine continentale, monometamorfico, a sovrainpronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi e da un Complesso di margine continentale, polimetamorfico, a metamorfismo pre-alpino in facies Anfibolitica e sovrainpronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi

— Limite stratigrafico — Contatto tettonico — Faglia A-A' Traccia di sezione geologica

Figura 3.1 - Schema tettonico dell'area interessata dal progetto AV/AC Milano-Genova, con ubicazione approssimativa dell'area di intervento (tratto dal foglio CARG "Genova").

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 12 di 51

3.1. Unità tettonometamorfica Figogna

Include le formazioni degli argilloscisti di Murta, degli argilloscisti di Costagiutta, dei metacalcari di Erzelli, dei metasedimenti silicei della Madonna della Guardia, dei metabasalti del M.Figogna e delle serpentiniti del Bric dei Corvi (zona di deformazione di Scarpino). Di queste, solo la prima interessa direttamente il tratto del Rio Trasta in cui si situa l'intervento in progetto.

Nel Foglio Genova del progetto CARG l'unità Figogna è interpretata come una serie ofiolitifera rovescia (fianco rovescio di una piega plurichilometrica coricata), successivamente ripiegata a formare una struttura regionale sinforme; le fasi deformative più recenti riattiverebbero i contatti tra le singole formazioni, costituendo superfici di scollamento principali lungo cui si determina un thrusting vero e proprio interno all'unità.

Secondo un'ipotesi alternativa, più coerente con osservazioni inedite di terreno (dati non pubblicati), la parte occidentale dell'unità Figogna ricade all'interno di una potente fascia di deformazione tettonica, che arriva a comprendere le dolomie del M. Gazzo, ed è caratterizzata da due piani di deformazione cataclastica di estensione regionale, riferibili a un regime deformativo di tipo transpressivo (zona di deformazione di Timone, coincidente con le serpentiniti di Case Bardane e zona di deformazione di Scarpino, coincidente con le serpentiniti del Bric dei Corvi).

Sulla base della ricostruzione dell'andamento regionale di queste zone di taglio, appare verosimile che la presunta struttura a piega rovesciata sia in realtà una zona a scaglie dove la sequenza dei litotipi è ripetuta per sovrascorrimento in un contesto regionale transpressivo, come del resto già messo in evidenza dalle note illustrative del CARG.

3.1.1. Argilloscisti di Costagiutta

AGI, Cretacico inf.

Alternanze di argilloscisti e di calcari cristallini, metapeliti scistose grigio-nerastre, più o meno siltose, metasiltiti e metaareniti in strati centimetrici, con intercalazioni di metacalcilutiti siltose più o meno marnose, di colore grigio o grigio-bruno in strati e banchi, più frequenti alla base della successione.

Lo spessore degli strati è generalmente centimetrico, ma nella parte alta della sequenza si osserva stratificazione più irregolare con strati decimetrici ed interstrati pelitici foliati. Sono frequenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro. Le giaciture individuate sono frequentemente la media di una stratificazione disturbata da serie di pieghe più o meno frammentate; la scistosità descrive pieghe ad "S" decimetriche e pieghe strizzate centimetriche. Nel settore verso la Val Polcevera, la formazione mantiene una vergenza analoga alle altre unità riconosciute nella valle. L'unità affiora diffusamente ad E della dorsale del M. Figogna e in misura minore sul suo lato occidentale, dove il limite tettonico inferiore è il contatto con le unità Gazzo e Cravasco-Voltaggio. Nel settore meridionale affiora soprattutto lungo il T. Chiaravagna ed è segnalata in scavi di fondazione e sondaggi. Nel settore settentrionale si estende diffusamente fin oltre il confine regionale, da Pietralavezzara fin oltre Fraconalto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 13 di 51

3.1.2. Argilloscisti di Murta

AGF, Cretacico inf.

Alternanza di argilloscisti filladici grigio scuro e grigio argenteo, a patina sericitica, con intercalazioni di sottili straterelli calcarei di spessore centimetrico (1-2 cm), di metasiltiti e metaareniti fini di colore grigio chiaro, nocciola in alterazione, con laminazioni piano-parallele localmente convolute. Gli strati hanno generalmente spessore da centimetrico a decimetrico; sono presenti orizzonti con strati fino a 30 centimetri di argilliti e metasiltiti.

Il rapporto stratimetrico metaareniti/metapeliti è di 1:2. Le superfici di strato su roccia fresca sono normalmente lucide, con veli di sericite talcosa al tatto; presentano talvolta tracce di scivolamento ed aspetto vetrificato (fenomeni di dinamometamorfismo).

Possono essere presenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro. I limiti con le Unità sopra e sottostanti sono di tipo tettonico.

Al suo interno l'unità presenta giaciture vergenti ad E, presso il limite con il Flysch di Mignanego; spostandosi verso W le giaciture seguono l'andamento delle pieghe alla macroscale, ma sono raramente significative, poiché la stratificazione è disturbata da fitte sequenze di pieghe strizzate a piccolo raggio con assi orientati circa NNE-SSW.

L'unità mostra intensi fenomeni di alterazione, infatti l'orizzonte pedogenizzato può superare i 4 m di spessore, senza contare l'accumulo di detrito di versante. I processi pedogenetici conferiscono alle superfici sericitiche un tipico aspetto di color nocciola grigiastro chiaro.

3.2. Corrispondenza tra le unità descritte nel PD e le unità CARG

All'interno dell'unità Figogna i limiti stratigrafici originari sono sovente trasposti ma localmente possono ancora essere considerati come contatti stratigrafici; di seguito viene riportata una tabella comparativa in cui vengono indicate le corrispondenze tra la terminologia geologica derivante dalle interpretazioni più aggiornate contenute nelle note illustrative del Foglio CARG "Genova" (Capponi et al., 2009) e la terminologia adottata in base agli studi pre-2009 e utilizzata nell'ambito del Progetto Definitivo (2004).

Unità Figogna ("unità Timone Bric-Teiolo" auct. e PD 2004):

definizione PD (2004)		definizione CARG (2009) e PE (2012)	
- meta-argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta	aP	- argilloscisti di Costagiutta	AGI
- calcari di Erselli	cE	- metacalcari di Erzelli	ERZ
- metabasalti	B'	- metabasalti del Monte Figogna	MBF
- serpentiniti, serpentinoscisti e oficalci	Se'	- serpentiniti di Bric dei Corvi	SPF
		- metaoficalciti di Pietralavezzara	PLV

Tabella 3.1 - Corrispondenza tra la terminologia geologica adottata nel Foglio CARG "Genova" (Capponi et al., 2009) e nel presente progetto, e la terminologia adottata nell'ambito del Progetto Definitivo (2004).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 14 di 51

3.3. Geomorfologia

L'ossatura geologica dei versanti dell'area dell'intervento in progetto è costituita dalla formazione degli "Argilloscisti di Murta" (AGF); questa formazione rappresenta, nella nuova cartografia ufficiale, Foglio "Genova" n. 213-230 in scala 1:50.000, la ex Formazione delle "Argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta".

Dal punto vista geomeccanico gli argilloscisti presentano intercalazioni di strati calcarei (fig. 6.1 e 6.2); la giacitura della formazione è abbastanza variabile anche se riconosce una prevalenza delle immersioni verso E e verso SE, con inclinazioni importanti.



Fig. 6.1

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVBNVVA10001A01	Foglio 15 di 51



Fig. 6.2

Nella prima parte della viabilità il substrato è mascherato dalle Alluvioni Recenti del Torrente Polcevera, che si presentano terrazzate ed a morfologia sub-pianeggiante.

Dopo questo primo tratto, il tracciato si sviluppa pressochè totalmente in ambito di versante, interessando una potente copertura-deposito colluviale; tali terreni, che si presentano in superficie coesivi, eterometrici ed arrossati (figg. 6.3 e 6.4), hanno spessori medi, valutato dalle stratigrafie dei sondaggi, dell'ordine dei 5-10m e passano in profondità al substrato costituito dagli argilloscisti.



Fig. 6.3

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVBNVVA10001A01	Foglio 17 di 51



Fig. 6.4

La carta geologica-geomorfologica distingue inoltre le coperture eluvio-colluviali tipiche delle argilliti, con spessori medi in genere compresi tra 2-3 m ed attestate in genere alla base dei pendii.

Sono state inoltre perimetrati i rilevati dell'attuale linea ferroviaria MI-GE.

I versanti in argilliti, più inclinati ed a reggipoggio, sono caratterizzati da ruscellamenti veloci delle acque di precipitazione, provocando una erosione diffusa e concentrata in solchi di scolo, secondo la massima pendenza del versante; negli stessi versanti, più ripidi, sono stati rilevati distacchi superficiali, in genere interessanti il suolo superficiale e la parte di cappellaccio più alterato.

Le osservazioni sul terreno, in accordo con quanto indicato dal Piano di Bacino del Torrente Polcevera, non evidenziano, ad eccezione di situazioni locali e circostanziate, problematiche geomorfologiche di instabilità particolari lungo lo sviluppo della strada da realizzare.

3.4. Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico si segnala la possibile presenza di localizzate circolazioni d'acqua all'interno dei terreni di copertura che sono comunque inquadrabili in generale come terreni con permeabilità da media a medio-bassa; tali circolazioni risultano più presenti alla base della copertura in prossimità del contatto con gli argilloscisti sottostanti praticamente impermeabili.

Nelle aree dove le coperture assumono gli spessori più ridotti, il confinamento idrogeologico del substrato pressochè impermeabile può favorire l'instaurarsi di condizioni di saturazione nei periodi di piogge più intense e durature.

Dove gli argilloscisti sono affioranti si ipotizzano locali circolazioni d'acqua, confinate nello strato più superficiale, alterato e destrutturato.

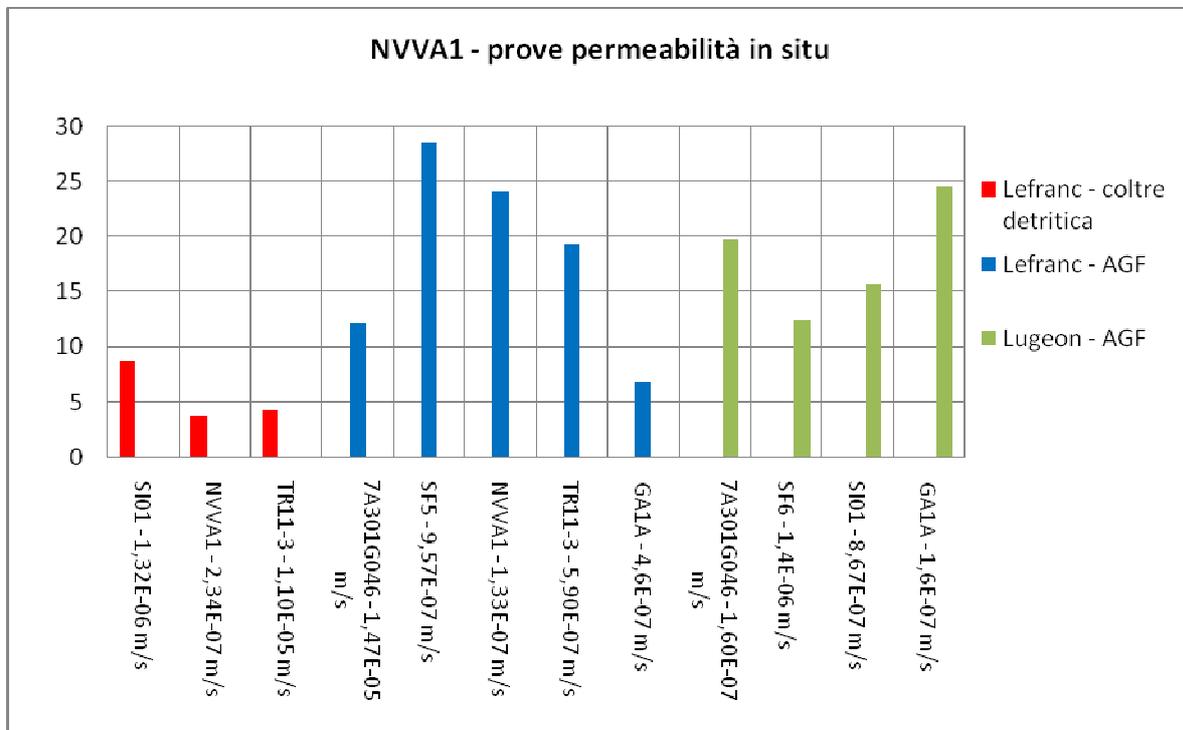
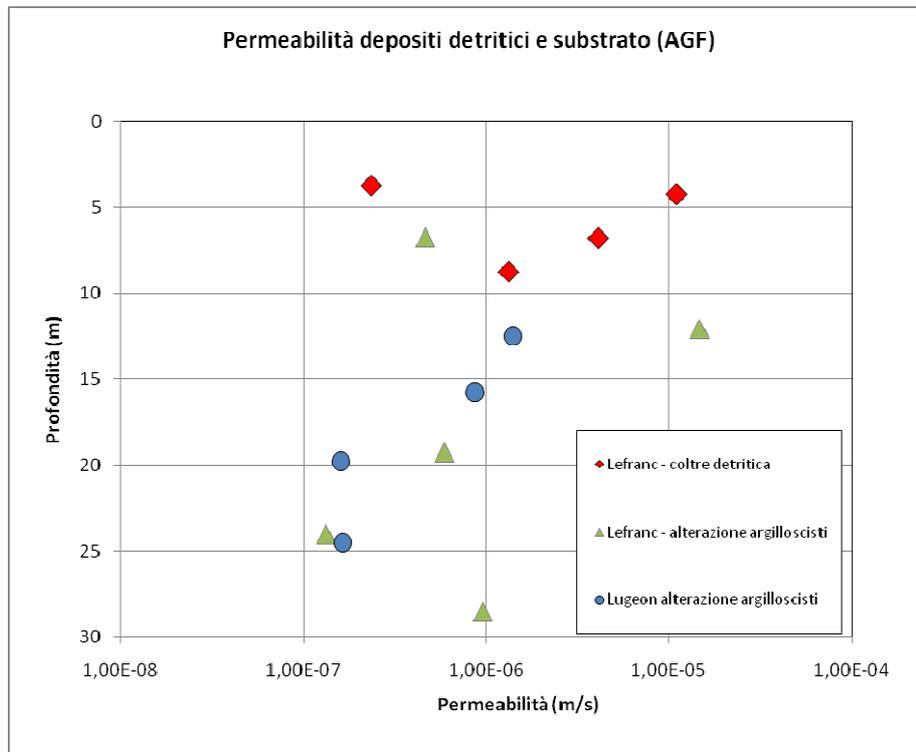
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVRBNVVA10001A01</p> <p style="text-align: right;">Foglio 18 di 51</p>

Sulla base dei risultati delle prove Lugeon per il substrato costituito da argilloscisti e dalla rispettiva fascia di alterazione può essere assunto il seguente intervallo di permeabilità: $10E-6m/s < k < 10E-8m/s$. Una sola prova, su nove considerate, nel sondaggio 7A301G046 a 12,5 m circa presenta valori debolmente maggiori ($K = 1,47E-5 m/s$). Gli argilloscisti risultano prevalentemente destrutturati, sono state effettuate prove tipo Lefranc e Lugeon indipendentemente dalla profondità con risultati comparabili.

Le coperture detritiche sono permeabili per porosità; la matrice sostanzialmente da fine a medio-fine fa attribuire a tali terreni una permeabilità medio-bassa riconducibile, come da prove Lefranc eseguite con le indagini geognostiche, ai seguenti valori: $10E-5m/s < k < 10E-7m/s$.

Nelle coperture detritiche sono ipotizzabili circolazioni d'acqua di entità proporzionale alla piovosità stagionale; nel deposito detritico più potente possono essere anche ipotizzate locali "sacche" d'acqua all'interno di porzioni più sabbiose.

L'andamento del livello dell'acqua nel sottosuolo riportato nel profilo geologico e nelle sezioni è quello delle misure piezometriche eseguite nei sondaggi SI01 (misura Giugno 2013), SD e SE (periodo delle misure dicembre 2012-gennaio 2013); tale livello può subire oscillazioni significative in funzione della piovosità stagionale.



4. INDAGINI ESEGUITE

I dati stratigrafici e geotecnici riportati nella presente relazione e nei profili stratigrafico-geotecnici e nelle sezioni geotecniche sono stati desunti dai risultati delle indagini geotecniche in situ e di laboratorio condotte nell'area durante le seguenti campagne di indagine:

- campagna di indagine effettuata durante la fase di progetto preliminare;
- campagna di indagine effettuata durante la fase di progetto definitivo;
- campagna di indagine effettuata in fase di progetto esecutivo.

Le indagini eseguite nelle varie fasi di progettazione sono riportate nelle seguenti figure 1.1-1.2.

Di seguito si descrivono sinteticamente le indagini eseguite.

4.1. Indagini effettuate in fase di progettazione preliminare

Sono stati analizzate le stratigrafie e le prove, sia in sito che in laboratorio, dei sondaggi eseguiti nella campagna geognostica 2001-2002 del progetto preliminare della linea A.V. – Terzo Valico dei Giovi:

PROGETTO	WBS	SONDAGGI	DIREZIONE
PP	GA1A	7A301G046	Verticale

Tabella 4-1. Sondaggi Progetto preliminare

In tab. 4.2 si riporta una sintesi delle indagini e delle prove effettuate per ogni sondaggio.

Per la consultazione dei risultati delle prove, dei logs stratigrafici e dell'ubicazione dei sondaggi si rimanda agli elaborati geologici del progetto preliminare e definitivo della linea A.V.

Nella fase di Progetto Preliminare sono state eseguite una serie di indagini geognostiche consistenti in:

- Tomografie sismiche nella WBS GA1A
- n. 1 sondaggi a carotaggio continuo nella WBS GA1A nelle all'interno del quale sono state eseguite le seguenti prove:
 - permeabilità Lugeon
 - prove dilatometriche
 - prelievo di campioni di terreni e dal substrato lapideo per l'esecuzione di prove di laboratorio
 - Il sondaggio 7A301G056 è stato attrezzato con piezometro.

I campioni prelevati nel corso dei sondaggi sono stati sottoposti alle seguenti prove di laboratorio:

- prove di classificazione:
 - granulometrie

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRBNVVA10001A01 Foglio 21 di 51

- determinazione peso di volume;
- misura velocità soniche VP;
- prove per la determinazione delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità:
 - prove di Point Load Test (PLT);
 - Prove di compressione monoassiale;

4.2. Indagini effettuate in fase di progettazione definitiva

Nella fase di PD, lungo il tracciato, sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche (Tabella 4.2):

- indagini tramite tomografie sismiche,
- n. 2 sondaggi nella WBS GA1A con l'esecuzione delle seguenti prove:
 - permeabilità Lefranc e Lugeon
 - penetrometriche dinamiche SPT
 - I sondaggi sono stati attrezzati con piezometro a tubo aperto.

I campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati nel corso del sondaggio SF6 sono stati sottoposti alle seguenti prove di laboratorio:

- prove di classificazione:
 - analisi granulometriche per vagliatura e per sedimentazione;
 - limiti di Atterberg (limite liquido e limite plastico);
 - contenuto naturale d'acqua;
 - peso di volume naturale;

4.3. Indagini effettuate in fase di Progettazione esecutiva

Nella fase di PE, lungo il tracciato sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche (Tabella 4.2):

- n. 1 sondaggi a carotaggio continuo SI01 e tre sondaggi ambientali (SB, SD e SE) nella WBS NVVA1, ulteriori 3 sondaggi a carotaggio continuo nelle WBS contigue, all'interno dei quali sono state eseguite le seguenti prove:
 - penetrometriche dinamiche SPT
 - permeabilità Lefranc e Lugeon
 - prove dilatometriche
 - prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio.
 - Infine i sondaggio SI01 e SD, SE sono stati attrezzati con piezometro a tubo aperto.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVRBNVVA10001A01</p> <p style="text-align: right;">Foglio 22 di 51</p>

I campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati nel corso dei sondaggi sono stati sottoposti alle seguenti prove di laboratorio:

- prove di classificazione:
 - peso di volume naturale;
 - granulometrie e limiti

PROGETTO	WBS	SONDAGGI	DIREZIONE	PROVE IN SITO			DOWN HOLE	RILIEVO GEOMECCANICO
				NSPT	DILATOM.	PERMEABILITA'		
PP	GA1A	7A301G046	Verticale		X	X		
PD	GA1A	SF5	Verticale	X		X		
PD	GA1A	SF6	Verticale			X		
PE	NVVA1	SI01	Verticale		X	X	X	X
PE	NVVA1	NVVA1	Verticale	X	X	X		X
PE	TR11	TR11-3	Verticale	X	X	X		X
PE	GA1A	GA1A	Verticale	X	X	X		X

PROGETTO	WBS	SONDAGGI	DIREZIONE	PROVE DI LABORATORIO TERRENI					
				Granulometria	Prop. fisiche	Lim. plasticità	Compress. Semplice	Pr. Triassiali	Taglio dir
PP	GA1A	7A301G046	Verticale	X	X	X			
PD	GA1A	SF5	Verticale						
PD	GA1A	SF6	Verticale	X	X	X			X
PE	NVVA1	SI01	Verticale	X	X	X			
PE	NVVA1	NVVA1	Verticale						
PE	TR11	TR11-3	Verticale						
PE	GA1A	GA1A	Verticale						

PROGETTO	WBS	SONDAGGI	DIREZIONE	PROVE DI LABORATORIO ROCCE					
				Prop. fisiche	Compress. monoassiale	POINT LOAD	misura Vp	Compress. TX	prova Brasiliana
PP	GA1A	7A301G046	Verticale	X	X	X	X		
PD	GA1A	SF5	Verticale						
PD	GA1A	SF6	Verticale	X					
PE	NVVA1	SI01	Verticale						
PE	NVVA1	NVVA1	Verticale						
PE	TR11	TR11-3	Verticale						
PE	GA1A	GA1A	Verticale						

PROGETTO	WBS	TIPO PROVA	NOME
PP	GA1A	tomografia	75, 76
PD	GA1A	tomografia	L/g1-g36, T1, T2, T3

Tab. 4.2 – riassunto indagini geognostiche PP, PD e PE.

WBS	E PROGETTO	SONDAGGIO	CAMP.	Profondità media m	LITOTIPO	FORMAZ.	PVA kN/m ³	G %	S %	L %	A %	PLT		Velocità		UCS		
												(PL) I ₁ (80)	σ	onde P	σ	E _{TAN} (80%)	MPa	MPa
												MPa	Mpa	m/s	Mpa	MPa		
NV04	PP	7A301G046	9PT3	5,03	limo argilloso	col		9	11	60	20							
NV04	PP	7A301G046	9PT4	6,43	limo con ghiaia e sabbia	col		23	23	38	15							
NV04	PP	7A301G046	9PT5	7,73	limo con ghiaia e sabbia	col		28	27	31	14							
NV04	PP	7A301G046	SPEZ1	8,28	ghiaia	col		39	24	24	12							
NV04	PP	7A301G046	2	12,32	Argillite	AGF	27,01					3,92	62,72			91,30		
NV04	PP	7A301G046	3	14,12	Argillocisti	AGF	25,36					0,47	7,52			6,44		
NV04	PP	7A301G046	4	17,70	Argillite	AGF	26,04							2925		14,10	3850	
NV04	PP	7A301G046	5	22,83	Argillite	AGF	26,08					0,34	5,44			2,71		
NV04	PP	7A301G046	6	26,36	Argillite	AGF	26,64							5608		91,80	43900	

Tab. 4.3 – sintesi prove di laboratorio PP.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 24 di 51
--	---	-------------------------	--------------------

WBS	Sondaggio	FASE	Campione	Prof. (m)	Descrizione	UNITA	Analisi granulometrica				Limiti di consistenza					TAGLIO DIRETTO	
							Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	w (%)	LL %	LP %	IP %	Att.	c' (KPa)	φ' (°)
GA1A	SF6	PD	A	2,8	Argillite di colore grigio scuro si presenta in piccole scaglie dovute ad alterazione e detensionamento, le lamine appaiono traslucide	AGF	42,06	43,78	11,47	2,69	11,71	31	26	5	1,9	9,27	36,68

Tab. 4.4 – sintesi prove di laboratorio PD

WBS	Sondaggio	FASE	profondità	litologia	unità	Analisi granulometrica				γ _s (kN/m ³)	w (%)
						Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %		
			m			%	%	%	%		
NVVA1	SI01	PE	4,25	copertura detritica	cop	42,00	36,00	15,90	6,10	27,58	16,10
NVVA1	SI01	PE	10,25	alterazione argilloscisti	AGF	37,20	30,80	21,80	10,20	27,73	15,20
NVVA1	SI01	PE	23,75	alterazione argilloscisti	AGF	11,50	44,70	35,90	7,90		14,20

Tab. 4.5 – sintesi prove di laboratorio PE 2012-2013.

Sondaggio	FASE	Litologia		profondità	Modulo Deformazione media (Mpa)	Modulo Elastico media (Mpa)	Modulo Elastico 3° scarico (Mpa)
7A301G046	PP	argilloscisti	AGF	14,5	268	1134	1077
7A301G046	PP	argilloscisti	AGF	22	1574	3224	5099
SI01	PE	argilloscisti	AGF	20	143	674	910
GA1A	PE	argilloscisti	AGF	15	814	1493	2616

Tab. 4.6 – sintesi prove dilatometriche

WBS	sondaggio	fase	profondità	Lefranc	Lugeon	Unità	Permeabilità (m/S)
GA1A	7A301G046	PP	6,8	x		coltre detritica	4,10E-06
GA1A	7A301G046	PP	12,06	x		alterazione AGF argilloscisti	1,47E-05
GA1A	7A301G046	PP	19,8		x	alterazione AGF argilloscisti	1,60E-07
GA1A	SF5	PD	28,5	x		alterazione AGF argilloscisti	9,57E-07
GA1A	SF6	PD	12,5		x	alterazione AGF argilloscisti	1,40E-06
NVVA1	SI01	PE	8,75	x		coltre detritica	1,32E-06
NVVA1	SI01	PE	15,75		x	alterazione AGF argilloscisti	8,67E-07
NVVA1	NVVA1	PE	3,75	x		coltre detritica	2,34E-07
NVVA1	NVVA1	PE	24		x	alterazione AGF argilloscisti	1,33E-07
TR11	TR11-3	PE	4,25	x		coltre detritica	1,10E-05
TR11	TR11-3	PE	19,25	x		alterazione AGF argilloscisti	5,90E-07
GA1A	GA1A	PE	6,75	x		alterazione AGF argilloscisti	4,64E-07
GA1A	GA1A	PE	24,5		x	alterazione AGF argilloscisti	1,64E-07

Tab. 4.7 – sintesi prove permeabilità in foro

WBS	Sondaggio	FASE PROG.	Litologia	S.P.T		
GA1A	SF5	PD	cop. detr.	5	50/11c	Rif
GA1A	SF5	PD	alt. Argilloscisto	10	12,32, 26	58
GA1A	SF5	PD	alt. Argilloscisto	15	28, 29, 24	53
GA1A	SF5	PD	alt. Argilloscisto	20	32/10 cm	Rif
NVVA1	NVVA	PE	cop. detr.	1,5	2, 4, 8	12
NVVA1	NVVA	PE	cop. detr.	3	11, 8, 32	40
NVVA1	NVVA	PE	alt. Argilloscisto	9,8	48, 50	Rif
NVVA1	NVVA	PE	alt. Argilloscisto	12	31, 30, 34	64
NV12	SI14	PE	alt. Argilloscisto	3	37, 50/8 cm	Rif
NV12	SI14	PE	cop. detr.	2,5	17, 30, 50/8 cm	Rif

Tab. 4.8 – sintesi prove Penetrometriche SPT in fasi PD e PE.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 27 di 51

5. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche, descritti nei successivi paragrafi, tengono conto del fatto che lungo il tracciato in esame sono stati rinvenuti depositi molto eterogenei di tipo sia limoso-sabbioso sia ghiaioso-limoso, e rocce sedimentarie costituite da argilloscisti, nell'ambito dei quali sono stati effettuati:

- sondaggi geotecnici con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- prove penetrometriche dinamiche SPT in foro;
- prove di permeabilità Lefranc e Lugeon in foro;
- prove dilatometriche in foro con dilatometro da roccia;
- prove di carico su piastra;
- prove di laboratorio di classificazione di resistenza e di deformabilità su campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno, prelevati nei fori di sondaggio;
- prove di laboratorio su provini di roccia prelevati nei fori di sondaggio;
- stendimenti di sismica a rifrazione.

A seguito dello studio geologico della zona, riportato nei capitoli precedenti, e dai risultati delle indagini, si è riscontrato dal punto di vista geotecnico la presenza di un substrato di rocce sedimentarie prevalentemente destrutturate, sul quale poggiano depositi di materiale prevalentemente detritico limoso-sabbioso con locali presenze di ghiaie limose.

Dal punto di vista dei criteri di caratterizzazione geotecnica è stato possibile distinguere tre tipologie di materiale:

- depositi superficiali a grana fine (limi sabbiosi, sabbie limose);
- depositi superficiali a grana grossolana (ghiaie-sabbioso-limose);
- substrato sedimentario (dolomie e meta-calcarei).

L'individuazione del tipo di materiale, e quindi la scelta del metodo di interpretazione, è fatta principalmente sulla base di:

- descrizione stratigrafica dei sondaggi e documentazione fotografica delle cassette catalogatrici;
- prove di laboratorio sui campioni di terreno e sulle carote di roccia.
- prove in sito
- campagna di indagine geofisica.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 28 di 51

5.1. Depositi superficiali

La caratterizzazione geotecnica dei depositi superficiali è affidata sia all'interpretazione delle prove di laboratorio sia all'interpretazione delle prove in sito in accordo ai criteri descritti nei paragrafi successivi.

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

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

5.1.1. Determinazione della densità relativa D_r da prove SPT

In accordo a quanto indicato in Gibbs & Holz (1957) la densità relativa D_r può essere correlata al valore NSPT con la seguente legge:

$$D_r = 21 \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\sigma'_{v0} + 0.7}}$$

essendo:

- σ'_{v0} = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm²)
- N_{SPT} = numero di colpi per 30 cm di infissione
- D_r = densità relativa

5.1.2. Angolo di resistenza al taglio

L'angolo di resistenza al taglio di picco ϕ' verrà determinato facendo riferimento al seguente approccio:

- correlazione di Schmertmann, 1957

in alternativa viene considerata la correlazione di Peck Hasnsen et al.1974

5.1.3. Caratteristiche di deformabilità

Moduli elastici iniziali

I moduli iniziali di taglio (G_{01}) e di Young (E_{01}), corrispondenti alle pressioni efficaci geostatiche medie p_{01}' , possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s utilizzando le seguenti equazioni:

$$G_{o1} = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_{o1} = G_{o1} \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

essendo:

γ_t = peso di volume naturale del terreno in kN/m^3

ν' = rapporto di Poisson del terreno = $0,15 \div 0,20$

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

La velocità di propagazione delle onde di taglio V_s può essere ricavata direttamente da prove geofisiche “down-hole” e “cross-hole” o indirettamente, interpretando i risultati delle prove SPT.

I moduli iniziali di taglio (G_o) e di Young (E_o) iniziali, corrispondenti alle pressioni efficaci medie generiche p' , possono essere ricavati dalle seguenti espressioni:

$$G_o = G_{o1} \cdot \left(\frac{p'}{p_o} \right)^{0,5} \quad (\text{kPa})$$

$$E_o = G_o \cdot 2 \cdot (1 + \nu') \quad (\text{kPa})$$

G_o da prove SPT

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

$$V_s = C \cdot (N_{SPT})_{60\%}^{0,171} \cdot (z)^{0,199} \cdot f_A \cdot f_G \quad (\text{m/sec})$$

essendo:

$$C = 67,3$$

z = profondità dal p.c. in metri

f_A = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito

f_G = coefficiente funzione della composizione granulometrica

f_A	Olocene	Pleistocene
	1,0	1,3

Tabella 5-1. Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_A (funzione dell'epoca geologica del deposito)

f_G	Ghiaie	Sabbie ghiaiose	Sabbie grosse	Sabbie medie	Sabbie fini	Limi e argille
	1,45	1,15	1,14	1,07	1,09	1,00

Tabella 5-2. Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_G (funzione della composizione granulometrica del deposito)

Moduli elastici “operativi” in condizioni drenate

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

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

In generale saranno seguite le seguenti regole:

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

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

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

- I moduli elastici iniziali
- Curve di degrado del modulo in funzione del livello di deformazione o di spostamento indotto. Tipiche curve di degrado del modulo di taglio G in funzione del livello di deformazione di taglio γ indotto, proposte da Vucetic & Dobry (1991). In alternativa alle curve di degrado possono essere adottate le espressioni (leggi iperboliche) riportate nel caso dei materiali a grana grossa.

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

Nel caso in cui la progettazione faccia ricorso a metodi di calcolo elastico-lineari o elastico-lineari-plastici, e ove non diversamente specificato, i moduli di Young “operativi” E_{op} saranno convenzionalmente assunti pari a:

- $1/5 \cdot E_0$ o $(400 \div 500) \cdot c_u$ nel caso di problemi di scarico e/o di scarico-ricarico (esempio: fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non);
- $(150 \div 200) \cdot c_u$ o quanto desumibile dai risultati delle prove edometriche nel caso di problemi di “primo carico” (esempio fondazioni dirette, profonde e rilevati).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 31 di 51

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

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

5.2. Formazioni rocciose

5.2.1. Generalità

Il tracciato si sviluppa in gran parte entro gli argilloscisti (Argilloscisti di Murta AGF).

La caratterizzazione geotecnica di tali formazioni verrà fatta facendo riferimento, oltre che alle prove in sito eseguite (prove dilatometriche e N_{SPT}), alla classificazione dell'ammasso roccioso proposta da Bieniawski (1989), allo schema concettuale di mezzo continuo (omogeneo o stratificato) e ai criteri di rottura proposti e aggiornati da Hoek & Brown a partire dal 1980.

In particolare:

- 1 - Il parametro **RMR** "Rock Mass Rating" verrà stimato sulla base di quanto descritto nel **paragrafo 5.2.2**; il parametro **GSI** (Geological Strength Index) verrà valutato con la seguente espressione (vedi Sjoberg, 1997):

$$GSI = RMR'_{89} - 5$$

- 2 - L'inviluppo delle resistenze dell'ammasso roccioso in condizioni "undisturbed" o "disturbed" verrà valutato sulla base di quanto riportato in Brown & Hoek (1988), Hoek & Brown (1988), Hoek, Kaiser & Bawden (1995), Hoek et al (2002) (vedi il **paragrafo 5.2.3**).
- 3 Le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso roccioso verranno stimate sulla base di quanto riportato nel paragrafo 5.2.4.

5.2.2. Valutazione del parametro RMR'89

Per ogni litotipo il parametro RMR'89 viene stimato in accordo a quanto proposto in Bieniawski (1989), ovvero come somma dei seguenti 8 indici (I1→I8):

- Resistenza alla compressione semplice della roccia intatta (I1)

Resistenza alla compressione semplice σ_c (MPa)	I1
> 250	15
100÷250	12
50÷100	7
25÷50	4
5÷25	2
1÷5	1
< 1	0

- Qualità della roccia RQD (I2)

RQD (%)	I2
90÷100	20
75÷90	17
50÷75	13
25÷50	8
< 25	3

- Spaziatura delle discontinuità (I3)

S	I3
> 2 m	20
0.6 m÷2 m	15
200 mm÷600 mm	10
60 mm÷200 mm	8
< 60 mm	4

- Lunghezza delle discontinuità (I4)

L	I4
< 1 m	6
1 m÷3 m	4
3 m÷10 m	2
10 m÷20 m	1
> 20 m	0

- Apertura delle discontinuità (I5)

H	I5
0 mm	6
> 0.1 mm	5
0.1 mm÷1 mm	4
1 mm÷5 mm	1
> 5 mm	0

- Condizioni delle superfici di discontinuità in termini di scabrezza (I6)

Descrizione	I6
Molto rugose	6
Rugose	5
Poco rugose	3
Ondulate	1
Lisce	0

- Caratteristiche del riempimento delle discontinuità (I7)

Descrizione – spessore	I7
Assente	6
Compatto – < 5 mm	4
Compatto – > 5 mm	2
Tenero – < 5 mm	2
Tenero – > 5 mm	0

- Condizioni delle superfici di discontinuità in termini di alterazione (I8)

Descrizione	I8
Non alterate	6
Poco alterate	4
Alterate	2
Molto alterate	2
Decomposte	0

Tendenzialmente nella valutazione di RMR'89:

- Non si terrà conto dell'indice che descrive qualitativamente l'orientamento più o meno favorevole delle discontinuità (incluse quelle dovute alla stratificazione) rispetto alle opere da realizzare; ove rilevante/possibile tale aspetto verrà messo in conto nella definizione del modello geometrico da utilizzare nelle analisi di progetto.
- L'indice legato alla presenza dell'acqua verrà assunto pari a quello associabili a condizioni "dry". Gli effetti della presenza dell'acqua verranno messi in conto nella definizione del modello geotecnico da utilizzare nelle analisi di progetto.

5.2.3. Criteri di rottura

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

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_c \cdot \left(m_b \cdot \frac{\sigma_3'}{\sigma_c} + s \right)^a$$

essendo:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01 <table border="1" data-bbox="1460 230 1575 286"> <tr> <td>Foglio 34 di 51</td> </tr> </table>	Foglio 34 di 51
Foglio 34 di 51		

$$m_b = m_i \cdot e^{\frac{GSI-100}{28-14 \cdot D}}$$

$$s = e^{\frac{GSI-100}{9-3 \cdot D}}$$

D = 0 per "undisturbed rock masses"

D = 1 per "disturbed rock masses"

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

GSI = RMR'89 -5

RMR'89 = vedi il paragrafo 5.2.2

m_i = coefficiente relativo alla roccia intatta

σ_1' = tensione principale efficace maggiore

σ_3' = tensione principale efficace minore

σ_c = resistenza alla compressione semplice della roccia intatta.

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

1. In generale, per ogni litotipo il coefficiente m_i verrà valutato sulla base dei risultati di prove triassiali su provini di roccia intatta e di un criterio di rottura analogo a quello dell'ammasso roccioso, con GSI = 100. In mancanza di dati sperimentali si farà riferimento a quanto riportato ad una serie di valori di letteratura come riferimento (tabella 5.4).

Rock type	Class	Group	Texture			
			Coarse	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY	Clastic		Conglomerates* (21 ± 3)	Sandstones 17 ± 4	Siltstones 7 ± 2	Claystones 4 ± 2
			Breccias (19 ± 5)		Greywackes (18 ± 3)	Shales (6 ± 2)
	Non-Clastic	Carbonates	Crystalline Limestone (12 ± 3)	Sparitic Limestones (10 ± 2)	Micritic Limestones (9 ± 2)	Dolomites (9 ± 3)
		Evaporites		Gypsum 8 ± 2	Anhydrite 12 ± 2	
Organic					Chalk 7 ± 2	
METAMORPHIC	Non Foliated		Marble 9 ± 3	Hornfels (19 ± 4)	Quartzites 20 ± 3	
				Metasandstone (19 ± 3)		
	Slightly foliated		Migmatite (29 ± 3)	Amphibolites 26 ± 6		
	Foliated**		Gneiss 28 ± 5	Schists 12 ± 3	Phyllites (7 ± 3)	Slates 7 ± 4
IGNEOUS	Plutonic	Light	Granite 32 ± 3	Diorite 25 ± 5		
			Granodiorite (29 ± 3)			
	Dark	Gabbro 27 ± 3	Dolerite (16 ± 5)			
		Norite 20 ± 5				
	Hypabyssal		Porphyries (20 ± 5)		Diabase (15 ± 5)	Peridotite (25 ± 5)
Volcanic	Lava		Rhyolite (25 ± 5)	Dacite (25 ± 3)	Obsidian (19 ± 3)	
			Andesite 25 ± 5	Basalt (25 ± 5)		
	Pyroclastic	Agglomerate (19 ± 3)	Breccia (19 ± 5)	Tuff (13 ± 5)		

* Conglomerates and breccias may present a wide range of m_i values depending on the nature of the cementing material and the degree of cementation, so they may range from values similar to sandstone to values used for fine grained sediments.

** These values are for intact rock specimens tested normal to bedding or foliation. The value of m_i will be significantly different if failure occurs along a weakness plane.

Tabella 5-3. Valori di riferimento della costante m_i della roccia intatta in base al tipo di roccia (i valori indicati tra parentesi sono stimati) (Hoek, Kaiser e Bawden, 1995)

- L'applicazione di criteri di rottura analoghi per la roccia intatta e per l'ammasso roccioso, ove l'unica differenza è rappresentata dai valori di GSI, implica che, per $m_i = 10$, il rapporto tra la resistenza a trazione e la resistenza a compressione semplice della roccia intatta, è pari a $\cong 1/m_i$.
- In presenza di ammassi rocciosi caratterizzati da marcata eterogeneità, ovvero da alternanza di strati competenti e di strati con caratteristiche geotecniche più scadenti, il valore di GSI valutato

sulla base di RMR_{89} verrà messo a confronto anche con quello stimabile sulla base della carta proposta da Hoek et al. (1998) e da Marinós & Hoek (2000) per formazioni flyshoidi.

Alla resistenza alla compressione semplice σ_c ed al coefficiente m_i della roccia intatta verranno inoltre assegnati valori “pesati” in base a quanto riportato in Tabella 5-4.

Tipo di ammasso	Criterio di valutazione di σ_c e di m_i
A e B	Valori relativi al litotipo più competente
C	Valori del litotipo più competente ridotti del 20% e pieni valori del litotipo di caratteristiche più scadenti
D e E	Valori del litotipo più competente ridotti del 40% e pieni valori del litotipo di caratteristiche più scadenti
F	Valori del litotipo più competente ridotti del 60% e pieni valori del litotipo di caratteristiche più scadenti
G	Valori del litotipo di caratteristiche più scadenti
H	Valori del litotipo di caratteristiche più scadenti

Tabella 5-4. Ammassi rocciosi eterogenei – Criteri di valutazione di σ_c e di m_i (Hoek et al., 1998; Marinós & Hoek, 2000)

4. In accordo a Sjöberg (1997), ai termini “undisturbed” e “disturbed” verrà attribuito un significato legato anche alle modalità di utilizzo dei parametri di resistenza nelle analisi ingegneristiche; in particolare:

- Il criterio di rottura relativo alle “undisturbed rock masses” rappresenta la resistenza di picco dell’ammasso roccioso quando esso si trova in condizioni di pre-rottura.
- Il criterio di rottura relativo alle “disturbed rock masses” rappresenta la resistenza media disponibile lungo superfici di scivolamento critiche in condizioni di incipiente rottura; ricorrendo a terminologie proprie della meccanica dei terreni tale resistenza può essere denominata “softened”.

Sotto tali presupposti, nei casi rappresentati da situazioni non caratterizzate da dissesti progressivi o in atto, si opererà come segue:

- In analisi di stabilità o di interazione terreno-struttura eseguite con metodi ove non è possibile riprodurre il comportamento “strain softening” si farà riferimento ai parametri dell’ammasso relativi alle condizioni “disturbed”;
- In analisi di stabilità o di interazione terreno-struttura condotte con metodi in grado di riprodurre la caduta di resistenza tra condizioni di picco e condizioni “softened” verranno presi come riferimento sia il criterio di rottura relativo alle condizioni “undisturbed” che quello relativo alle condizioni “disturbed”. Verranno inoltre ipotizzate diverse leggi di degrado dei parametri di resistenza, fra cui quella che contempla una repentina caduta di resistenza dalle condizioni di picco a quelle “softened”.

5. I criteri di rottura espressi in termini di tensioni efficaci principali σ_1' e σ_3' possono essere trasformati in termini di tensioni di taglio τ e di tensioni efficaci normali alla superficie di rottura σ_n' . A tale proposito valgono le seguenti equazioni:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 37 di 51

$$\frac{\delta\sigma'_1}{\delta\sigma'_3} = 1 + a \cdot m_b \cdot \left(\frac{m_b \cdot \sigma'_3}{\sigma_c} + s \right)^{a-1}$$

$$\sigma'_n = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} - \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} \cdot \frac{\frac{\delta\sigma'_1}{\delta\sigma'_3} - 1}{\frac{\delta\sigma'_1}{\delta\sigma'_3} + 1}$$

$$\tau = (\sigma'_1 - \sigma'_3) \cdot \frac{\sqrt{\frac{\delta\sigma'_1}{\delta\sigma'_3}}}{\frac{\delta\sigma'_1}{\delta\sigma'_3} + 1}$$

6. L'involuppo di rottura in termini di tensioni di taglio τ e di tensioni efficaci normali alla superficie di rottura σ'_n verrà interrotto per valori di σ'_n negativi (trazione) inferiori a 0 kPa; in corrispondenza di valori di σ'_n negativi (trazione) le resistenze al taglio saranno assunte pari a 0 kPa ("tension cut off").

5.2.4. Caratteristiche di deformabilità

Moduli iniziali

I moduli iniziali di taglio (G_{o1}) e di Young (E_{o1}) iniziali, corrispondenti alle pressioni efficaci geostatiche medie p'_o , possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s utilizzando le seguenti equazioni:

$$G_{o1} = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_{o1} = G_{o1} \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

essendo:

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

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

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

La velocità di propagazione delle onde di taglio V_s può essere ricavata direttamente dalle prove geofisiche down hole.

I moduli iniziali di taglio (G_o) e di Young (E_o) iniziali, corrispondenti alle pressioni efficaci medie generiche p' , possono essere ricavati dalle seguenti espressioni:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01 <table border="1" data-bbox="1460 230 1575 288"> <tr> <td>Foglio 38 di 51</td> </tr> </table>	Foglio 38 di 51
Foglio 38 di 51		

$$G_o = G_{o1} \cdot \left(\frac{P'}{P_o} \right)^{0.3} \quad (\text{kPa})$$

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

Moduli “operativi”

I moduli di Young “operativi” E_{op} dell'ammasso roccioso, utilizzabili in analisi con modelli costitutivi elastico-lineari o elastico-lineari-plastici, possono essere stimati sulla base delle seguenti espressioni (Bieniawski, 1978; Serafim & Pereira, 1983; Hoek et al., 2002):

$$E_{op} = 2000 \cdot GSI - 100000 \quad \text{per } GSI > 55$$

$$E_{op} = 1000 \cdot \left(1 - \frac{D}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c}{100}} \cdot 10^{(GSI-10)/40} \quad \text{per } 10 < GSI < 55 \text{ e per } \sigma_c < 100 \text{ MPa.}$$

essendo:

D = coefficiente di disturbo, variabile tra 0 e 1.

Ove non diversamente specificato, dal lato della sicurezza, nel caso dei fronti di scavo (sostenuti e non) e di fondazioni dirette verranno adottati i seguenti valori di D :

- Fondazioni dirette, rilevati, fronti di scavo non sostenuti o sostenuti in modo passivo $\Rightarrow D = 1$;
- Fondazioni a pozzo e fronti di scavo sostenuti in modo attivo $\Rightarrow D = 0.5$.

I moduli valutati con le espressioni sopra indicate si intenderanno riferiti alle tensioni efficaci geostatiche; quelli relativi alle tensioni efficaci correnti verranno scalati utilizzando le stesse espressioni indicate per i moduli iniziali.

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI LUNGO IL TRACCIATO

Nel seguito verranno descritti i terreni che interessano il tracciato a progetto.

Per la descrizione geotecnica dei terreni interagenti con le opere in esame lungo il tracciato stradale si sono presi a riferimento tutti i dati delle campagne di indagine geognostica, precedentemente descritti.

Lungo il tracciato dell'opera a progetto, l'esame dei rilievi geologici in situ, delle stratigrafie di tutti i sondaggi eseguiti nelle varie fasi progettuali, delle prove in situ e di laboratorio geotecnico eseguite, ha consentito il riconoscimento delle successioni litologico-stratigrafiche.

Come spiegato ampiamente nei capitoli 3 e 4 il substrato costituito da prevalentemente da argilloscisti (AGF – Argilloscisti di Murta).

Il quadro geotecnico dei terreni interagenti con le opere in progetto è stato ricostruito in generale sulla base delle risultanze del rilevamento geologico-tecnico di superficie, di alcuni rilievi geostrutturali, degli studi ed indagini condotte nelle altre viabilità del Terzo Valico su terreni similari .

Si rimandano alla fase costruttiva eventuali ulteriori accertamenti geognostici per la verifica e affinamento di situazioni geotecniche localizzate per le quali dovesse rendersi necessario un approfondimento.

Dall'analisi delle stratigrafie dei sondaggi, riportate e dal rilevamento geologico-geomorfologico, si descrivono da un punto di vista geotecnico, i terreni attraversati.

6.1. Terreni di riporto

Le alluvioni di tipo recenti, molto modeste nella loro estensione, sono composte da ciottoli poligenici di varia granulometria, arrotondati ed immersi in una matrice fine prevalentemente limo sabbiosa. Non si dispone di prove in situ dalla viabilità NVVA1, i parametri sino stati ricavati considerando i terreni di riporto nelle viabilità prossime.

Litologia	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)	cu (kPa)	E (MPa)	Edin (MPa)	Gdin (MPa)
Terreni di riporto	20	31-32	5-10	-	20-30	50*	20*

*da interpretazione prove down-hole fino a 3 m di profondità

6.2. Coltre detritica

La coltre detritica è formata prevalentemente da materiale eterogeneo passante da limi sabbiosi a ghiaie sabbioso- limose. Lo spessore risulta intorno ai due metri. La descrizione è basata

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 40 di 51

sull'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche, assieme alle granulometrie e alle caratterizzazioni, effettuate nella viabilità e dal confronto con litologie analoghe in altre WBS.

In tabella si riportano i valori ottenuti:

Litologia	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)	cu (KPa)	E (MPa)	Edin (MPa)	Gdin (MPa)
Coltre detritica	21-22	30-33	0-10	-	30-60	200*	70*

*da interpretazione prove down-hole fino a 3 m di profondità

6.3. Depositi fluviali recenti fl3

Le alluvioni di tipo recenti, molto modeste nella loro estensione, sono composte da ciottoli eterometrici, con ridotta percentuale della frazione fine. Non si dispone di prove in situ dalla viabilità NVVA1, i parametri sono stati ricavati considerando i depositi fluviali recenti in situazioni litologicamente simili.

Litologia	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)	cu (KPa)	E (MPa)	Edin (MPa)	Gdin (MPa)
Depositi alluvionali recenti fl3	19-20	28-32	0-5	-	10-40	-	-

TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOTECNICI

LITOLOGIA/TERRENO	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	E (MPa)
Terreno di riporto	20	31-32	5-10	20-30
Coltre detritica	21	30-33	0-10	30-60
Depositi alluvionali recenti	20	30-32	0	10-40

Di seguito si riportano i grafici di interpretazione delle prove eseguite.

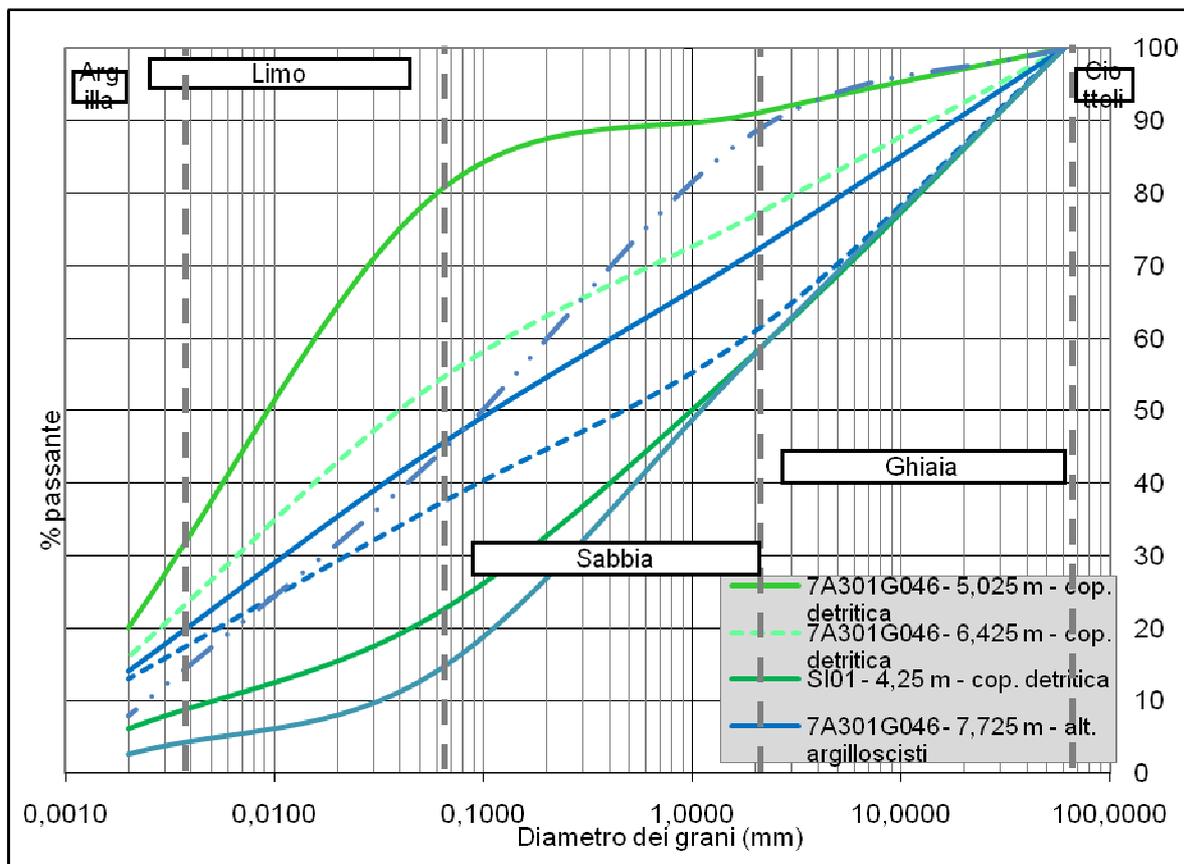


Figura 6-1. Fusi granulometrici

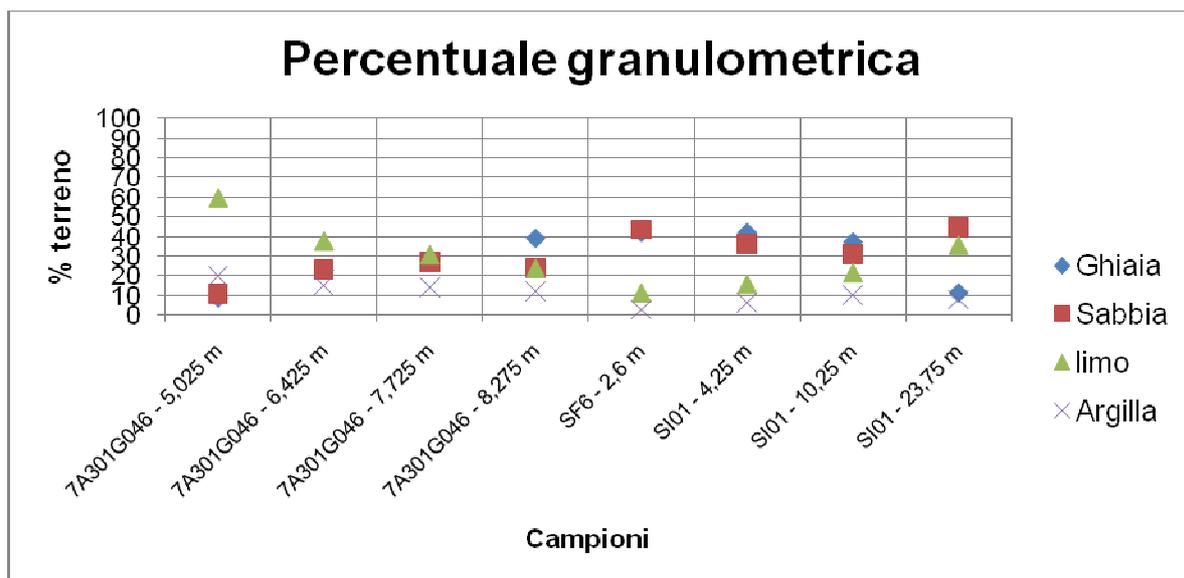


Figura 6-2. Percentuale granulometrica

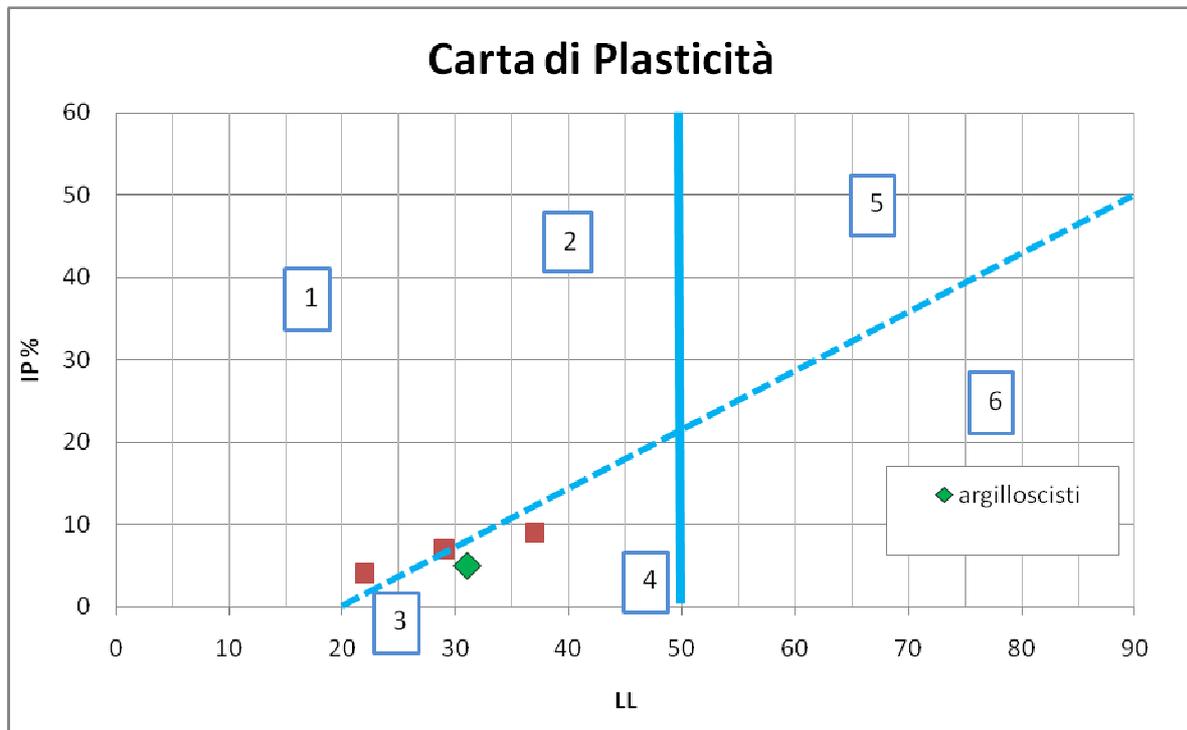


Figura 6-1. Carta di plasticità

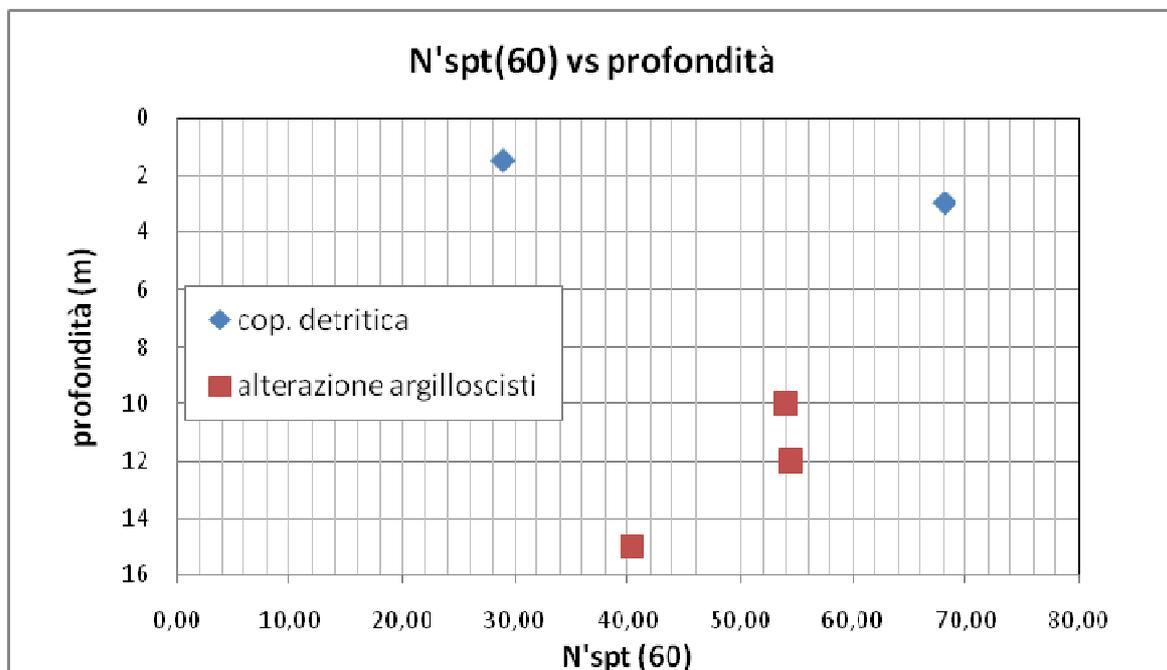
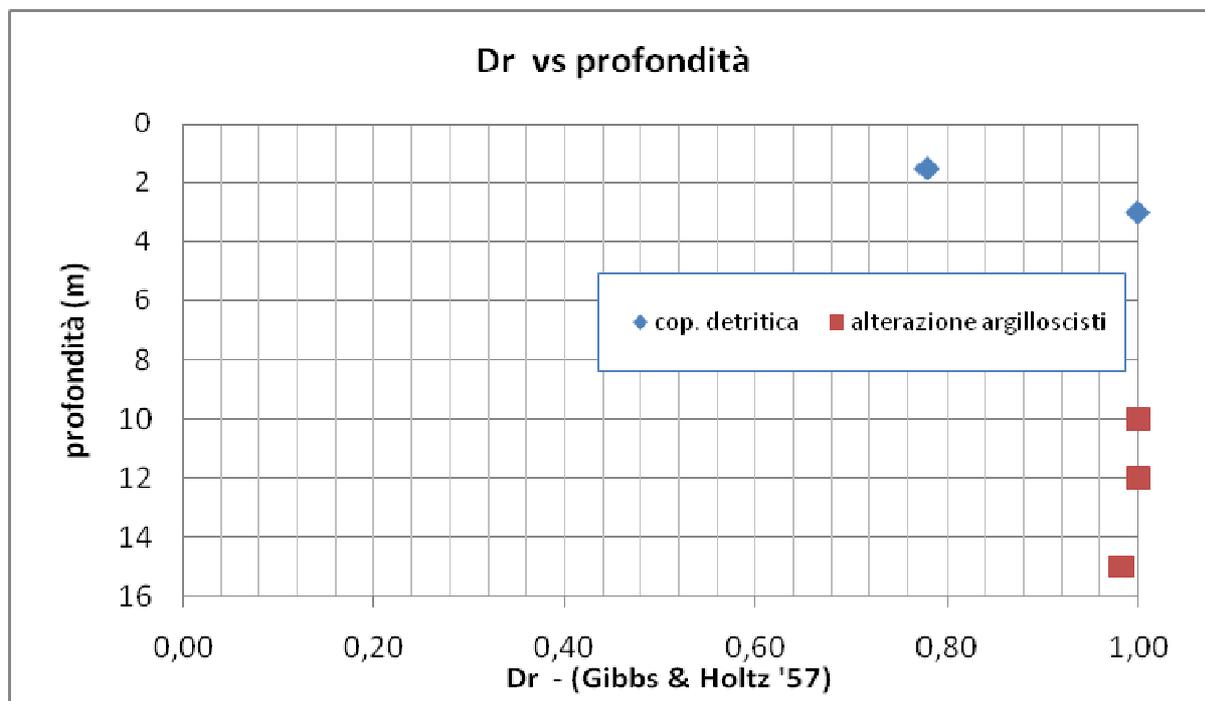
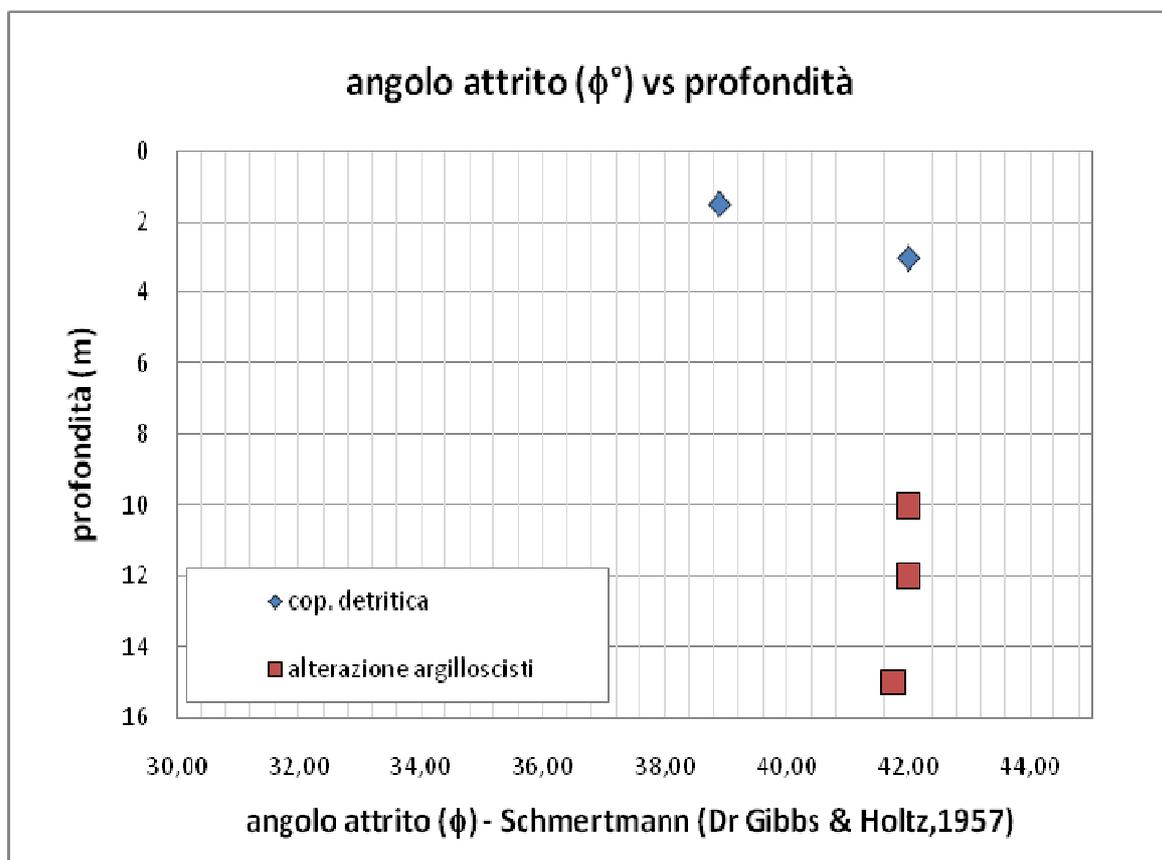
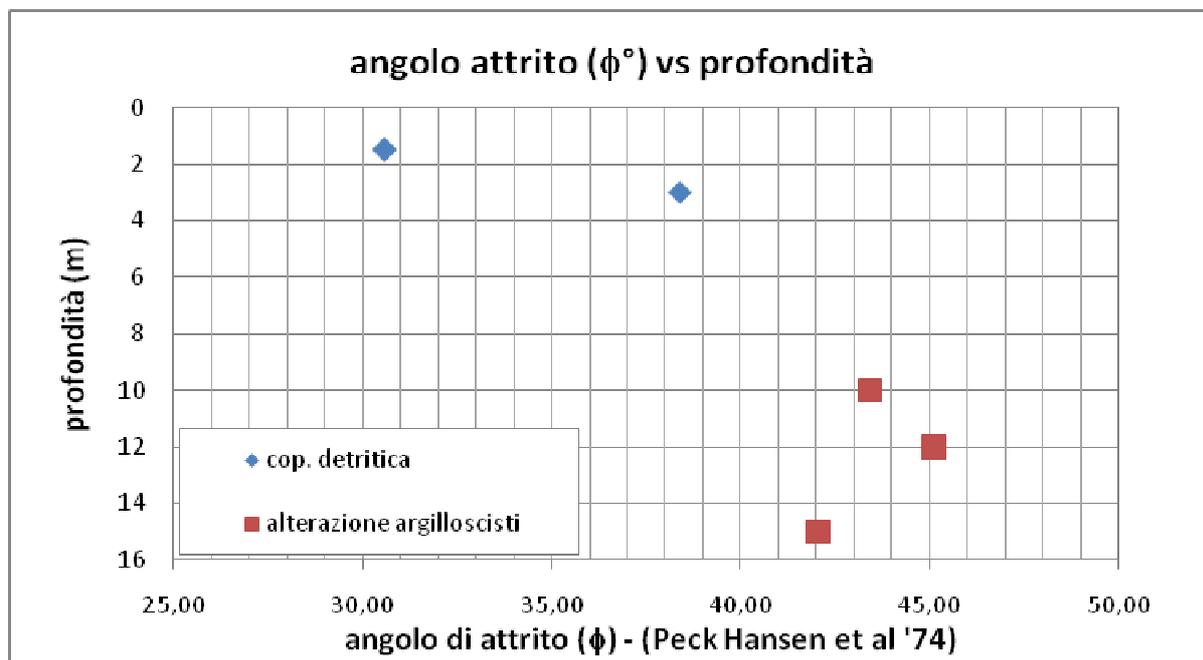
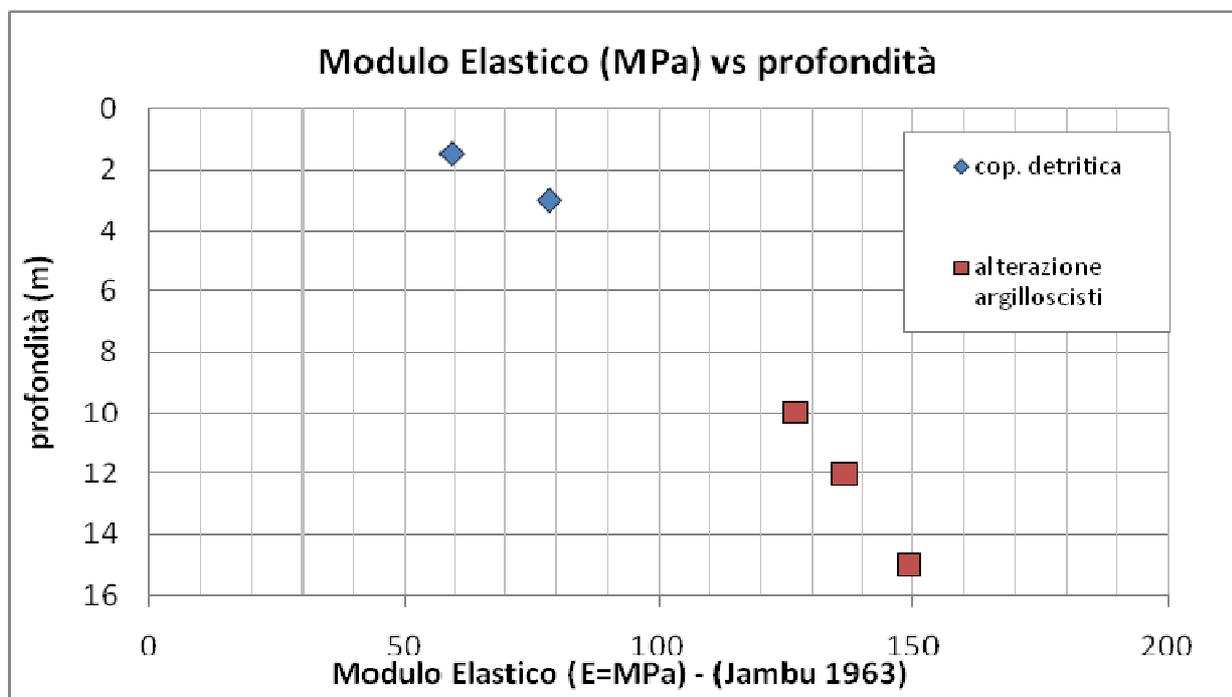


Figura 6-2. Risultati N_{SPT}

Figura 6-3. Densità relativa da prove N_{SPT} Figura 6-4. Angoli di attrito da prove N_{SPT}

Figura 6-8. Angoli di attrito da prove N_{SPT} Figura 6-9 Modulo Elastico da prove N_{SPT}

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNVVA10001A01	Foglio 45 di 51

7. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

7.1. Parametri di resistenza

Il substrato risulta costituito da dolomie e meta-calcarei appartenenti rispettivamente alla unità degli Argilloscisti di Murta AGF.

Di seguito si riportano le caratteristiche fisiche ottenute dall'analisi i tutte le prove eseguite nel corso delle varie fasi progettuali:

L'analisi di dettaglio delle prove di laboratorio (PLT PP, Compressione Monoassiale PP) eseguite ha portato alla definizione dei valori medi dei seguenti parametri caratteristici d'ammasso lapideo:

Argilloscisti di Murta AGF (ex Argilliti a Palombini p.p.)

peso di volume: $\gamma = 25-26,5 \text{ kN/m}^3$

resistenza a compressione su materiale intatto: $\sigma_c = 7 \text{ MPa}$ (media 8 prove scartati tre valorimaggiori)

L'analisi di dettaglio dei sondaggi eseguiti in corrispondenza della WBS in esame ha fornito i valori di dettaglio per la determinazione delle caratteristiche medie a livello d'ammasso, mediante la definizione dell'indice di qualità GSI.

Il grafico figura 7.7 mostra la maggior parte dei valori concentrata sotto i 15 MPa con un valore medio di 7 MPa, vengono esclusi i tre valori maggiori di 60 MPa.

L'ammasso nei vari sondaggi si presenta destrutturato fino ad una profondità di 30 m indagata, non risulta possibile dal punto di vista geomeccanico distinguere la fascia alterata da quella sottostante in quanto le caratteristiche dell'ammasso rimangono scadenti e non si riconosce una facies lapidea se non in tratti isolati e limitati a pochi metri.

Nel complesso, il numero di prove appare significativo, al fine della caratterizzazione.

7.2. Argilloscisti di Murta AGF (ex Argilliti a Palombini p.p.)

Dalle stratigrafie dei sondaggi gli argilloscisti si presentano come prevalenza di litologie argillitico-siltitiche caratterizzate da bassi valori di resistenza e con un clivaggio ad alto angolo riconosciuto in tutta l'area.

Dal confronto e dall'analisi delle prove effettuate e dalle classificazioni sotto riportate, per le gli argilloscisti si riconosce un solo orizzonte di argilloscisti destrutturati che comprende anche la fascia di alterazione.

I parametri identificativi sono i seguenti:

Viene a seguito sintetizzate le classificazioni RMR e GSI per l'ammasso degli argilloscisti nella viabilità NVVA1 in base ai rilievi e all'osservazione delle carote:

Argillocisti destrutturati NVVA1		
1	sc (Mpa)	2
2	RQD%	2
3	spaziatura	5
4a	persistenza	1
4b	apertura	0
4c	rugosità	1
4d	riempimento	0
4e	alterazione	1
5	acqua	7
RMR base		20
GSI		23

Litologia	Dati di input			γ (kN/m ³)	Dati di output		
	Sigma c (MPa)	GSI (-)	mi		ϕ (°)	coesione (kPa)	E (MPa)
Argillocisti destrutturati	7	23	8	25	20,73	193	641,42

AGF Argillocisti destrutturati – Parametri di progetto				
Litologia	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	coesione (kPa)	E (MPa)
	25	21-22	50-100	100-300

Le prove dilatometriche (tab. 4.6 e fig. 7.5 e 7.6) eseguite nel sondaggio di riferimento SI01 hanno fornito valori rappresentativi del Modulo di Deformazione di circa 143 MPa e valori medi del Modulo Elastico di 674 MPa, i valori delle prove effettuate nei sondaggi contigui nella stessa litologia mostrano valori simili.

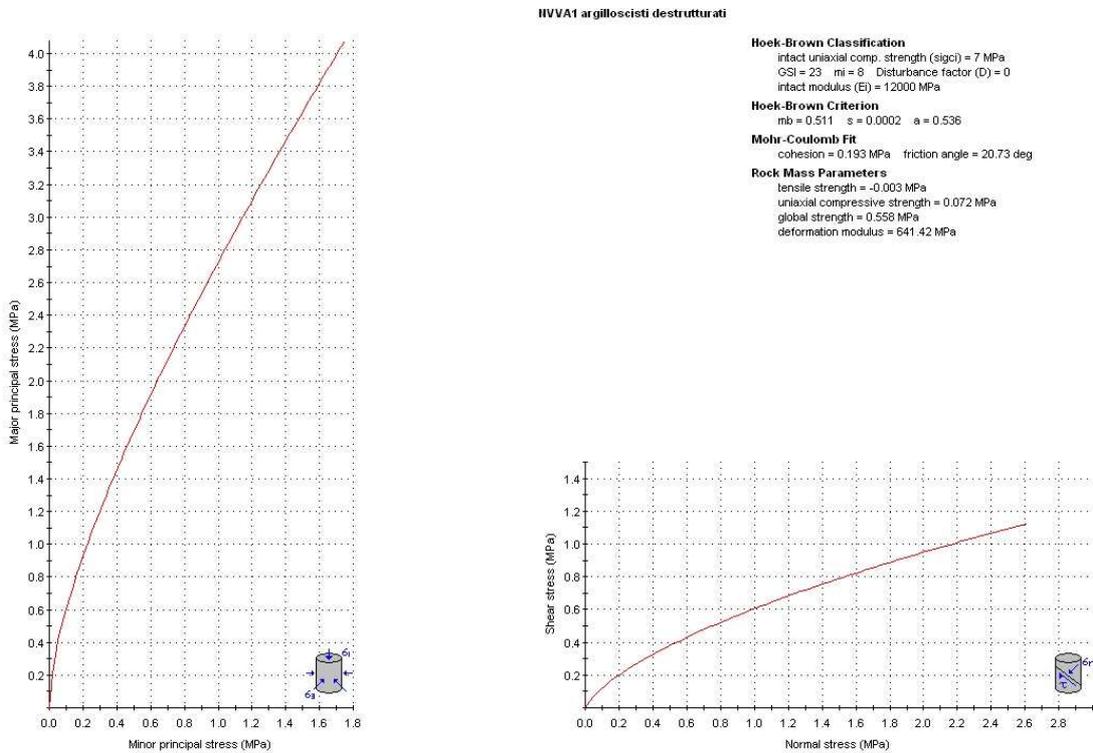


Fig 7.1 analisi tramite Rocklab

Di seguito si riportano i grafici di interpretazione delle prove eseguite:

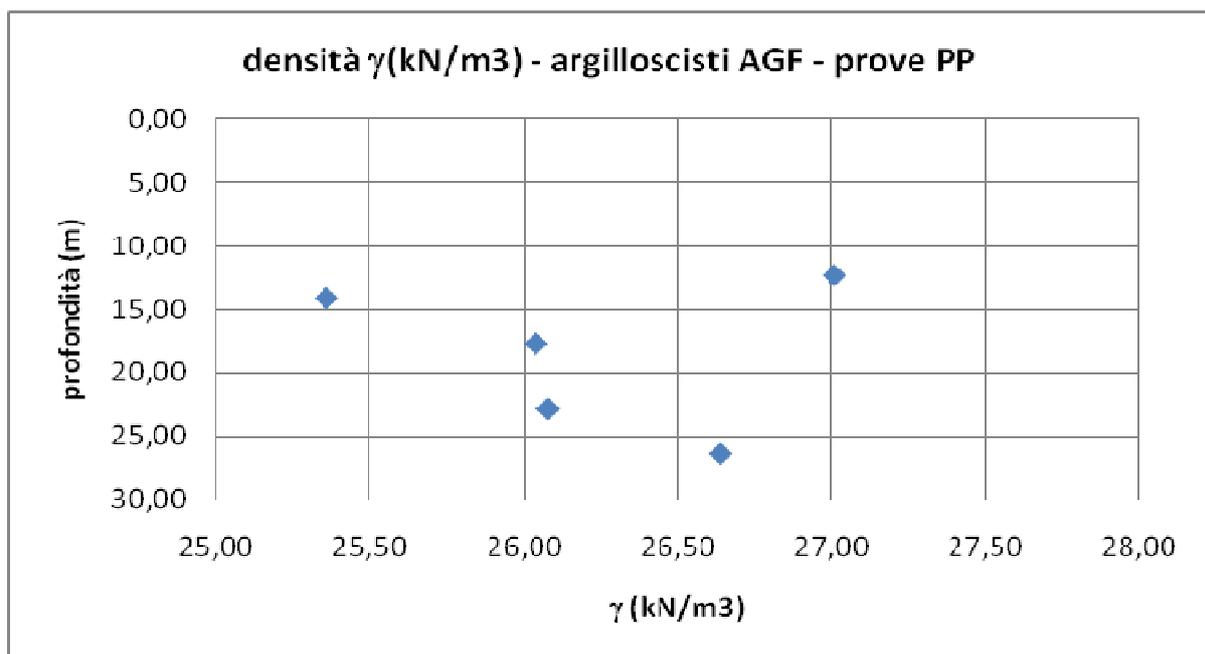


Figura 7-2. Valori di peso naturale dei campioni argiloscisti

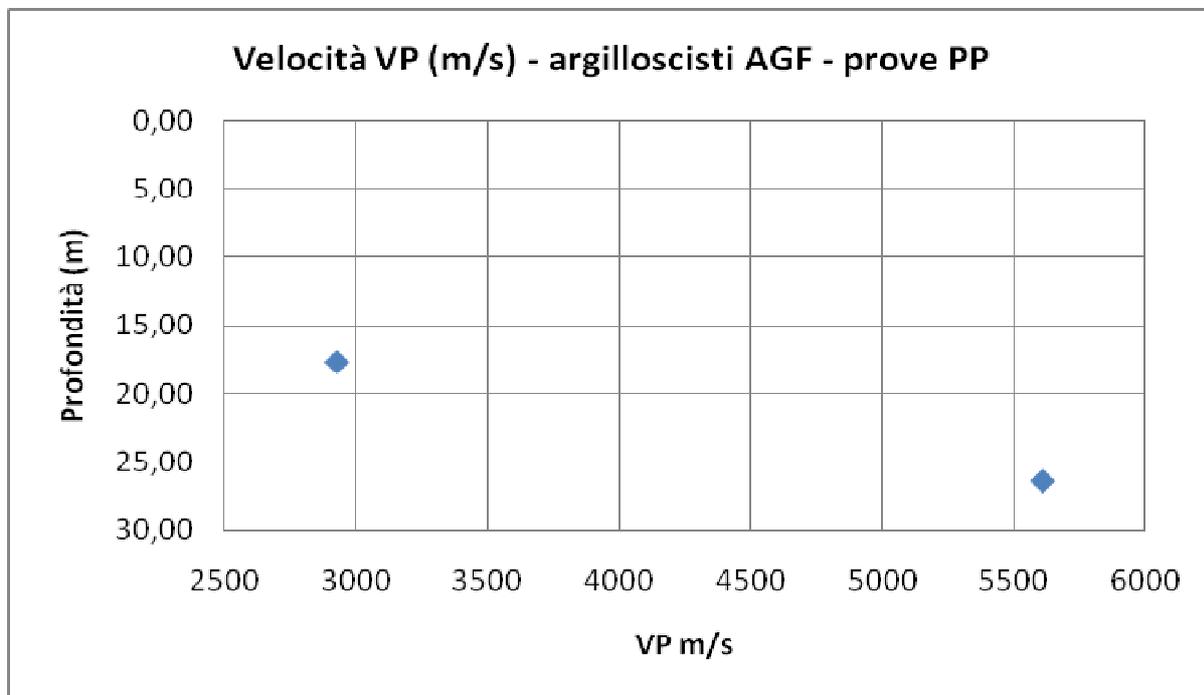


Figura 7-3. Misure velocità sonica negli argillocisti

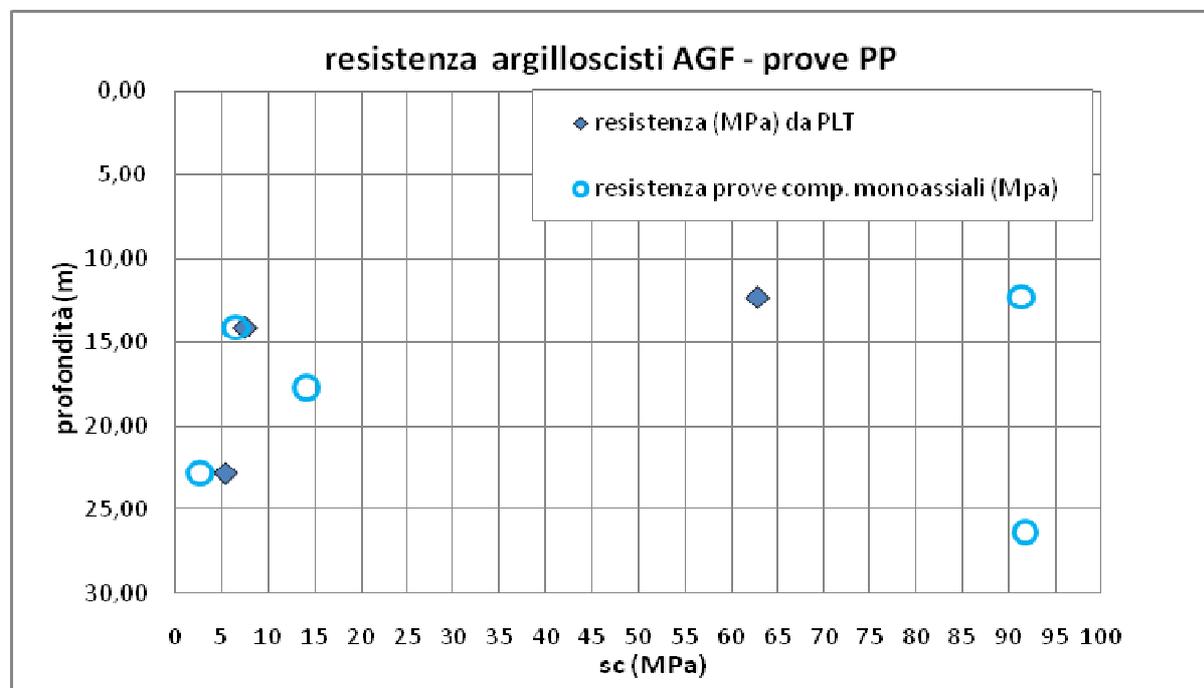


Figura 7-4. Valori di resistenza a di compressione nei campioni di marne

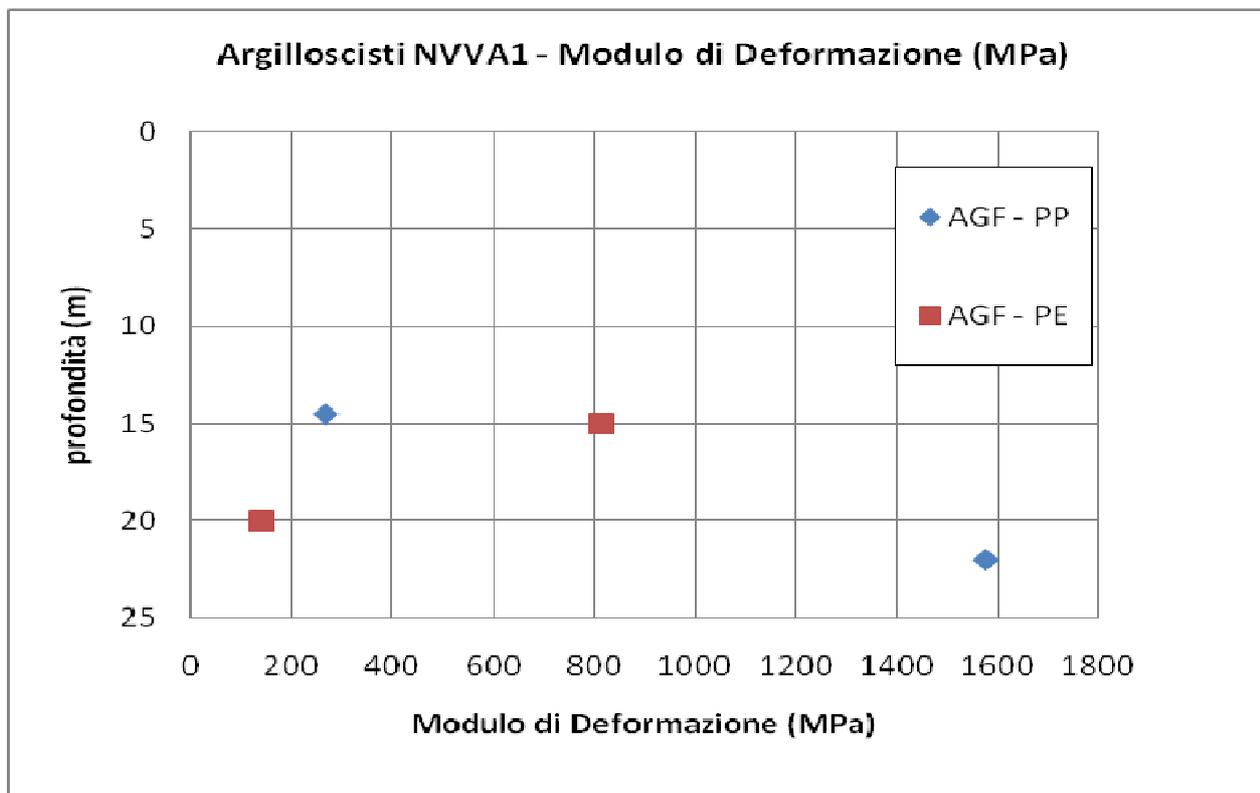


Figura 7-5. Prove dilatometriche – Modulo di Deformazione

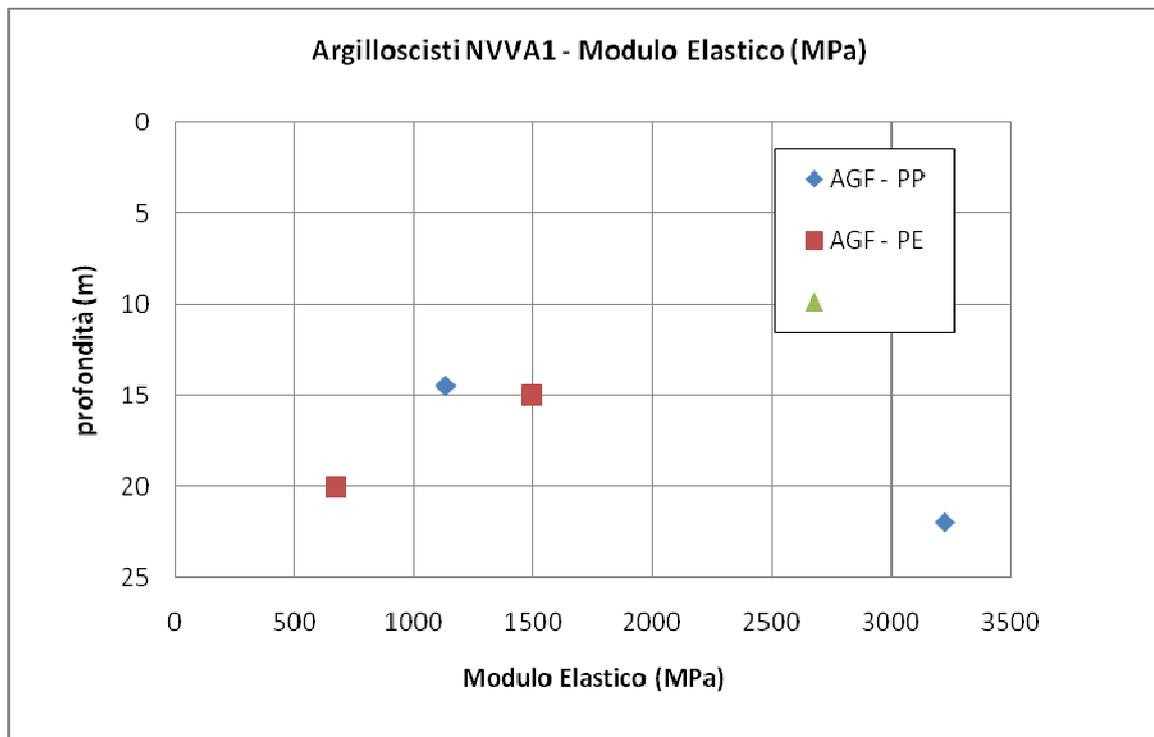


Figura 7-6. Prove dilatometriche – Modulo Elastico

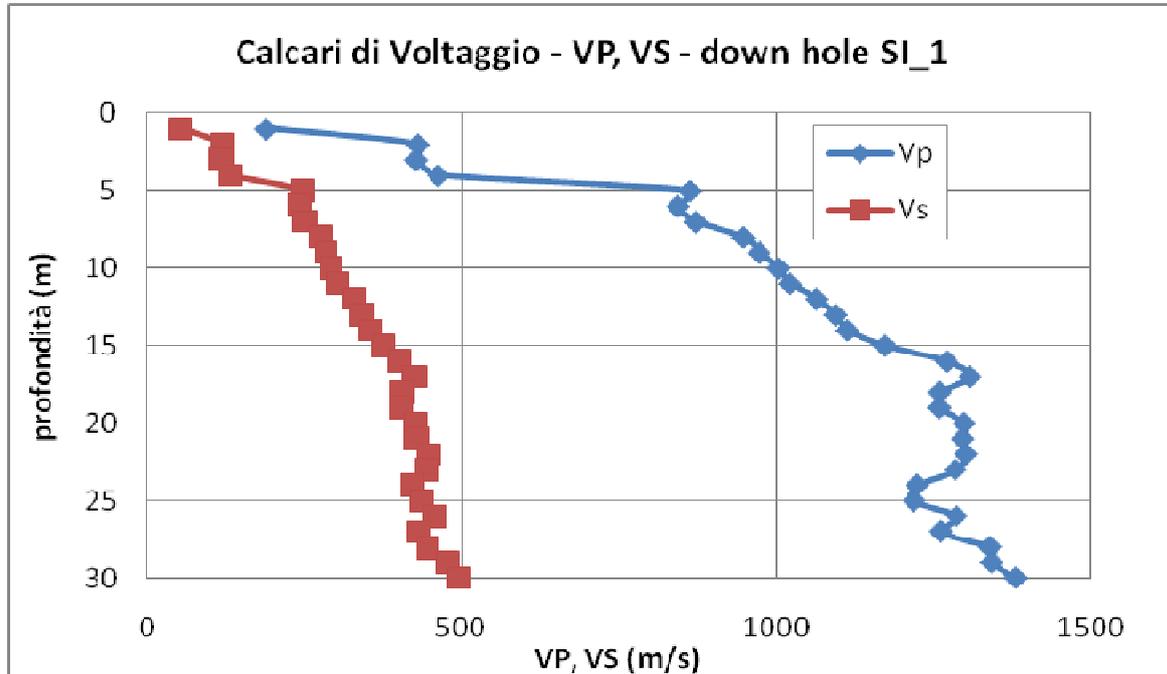


Figura 7-7. Prove cross-hole VP, VS (m/s)

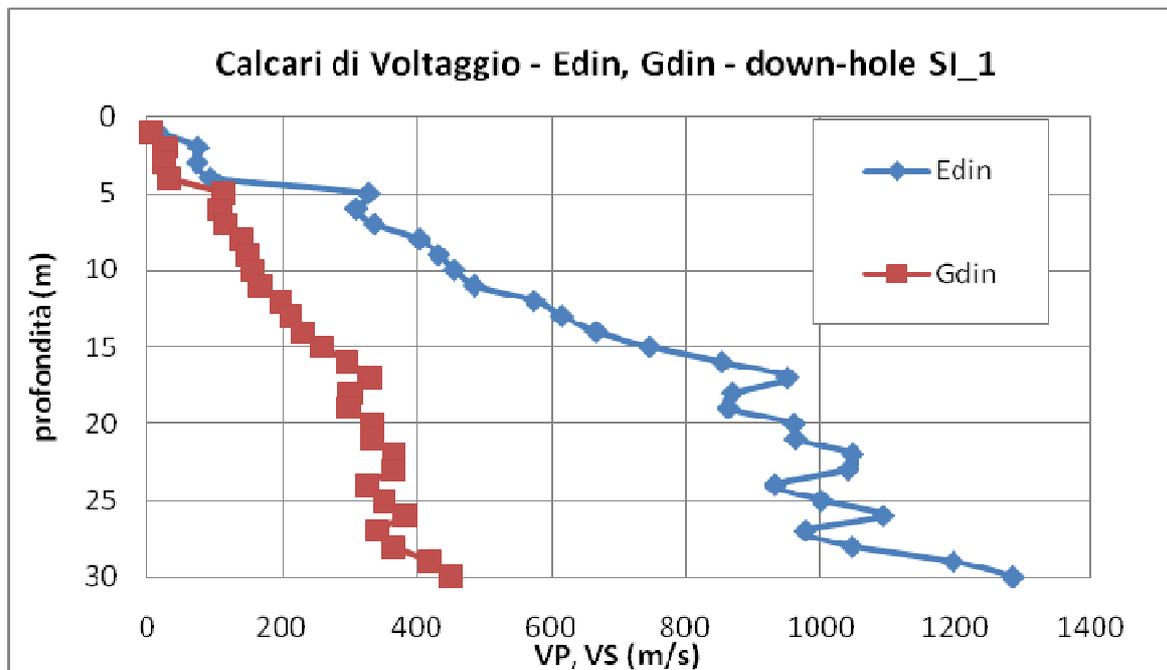


Figura 7-8. Prove cross-hole Modulo Deformazione, Modulo Elastico (m/s)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVRBNVVA10001A01</p> <p style="text-align: right;">Foglio 51 di 51</p>

8. PRINCIPALI CRITICITA' LUNGO IL TRACCIATO

Non sono state evidenziate criticità lungo il tracciato a progetto. L'unica opera d'arte rilevante presente è data dal manufatto a spinta, le cui verifiche sono riportate nella specifica relazione di calcolo.