

**ITINERARIO RAGUSA-CATANIA**

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 3 - Dallo svincolo n. 5 "Grammichele" (compreso) allo svincolo n. 8 "Francofonte" (escluso)

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PA897**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

<b>Sintagma</b>	Dott. Ing.	N. Granieri	Dott. Ing.	M. Abram
	Dott. Ing.	F. Durastanti	Dott. Ing.	F. Pambianco
	Dott. Ing.	V. Truffini	Dott. Ing.	M. Briganti Botta
	Dott. Arch.	A. Bracchini	Dott. Ing.	L. Gagliardini
	Dott. Ing.	L. Nani	Dott. Geol.	G. Cerquiglini

MANDANTI:

<b>GP INGEGNERIA</b> GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA s.r.l.	Dott. Ing.	G. Guiducci	Dott. Ing.	G. Lucibello
	Dott. Ing.	A. Signorelli	Dott. Arch.	G. Guastella
	Dott. Ing.	E. Moscatelli	Dott. Geol.	M. Leonardi
<b>cooprogetti</b>	Dott. Ing.	A. Bela	Dott. Ing.	G. Parente
	Dott. Arch.	E. A. E. Crimi	Dott. Ing.	L. Ragnacci
	Dott. Arch.	M. Panfili	Dott. Arch.	A. Strati
<b>GEOTECHNICAL DESIGN GROUP</b>	Dott. Arch.	P. Ghirelli	Archeol.	M. G. Liseno
	Dott. Ing.	D. Caraccioli	Dott. Ing.	F. Aloe
	Dott. Ing.	S. Sacconi	Dott. Ing.	A. Salvemini
<b>ICARIA</b> società di ingegneria	Dott. Ing.	V. Rotisciani	Dott. Ing.	G. Verini Supplizi
	Dott. Ing.	G. Pulli	Dott. Ing.	V. Piunno
	Dott. Ing.	F. Macchioni	Geom.	C. Sugaroni
<b>OMNISERVICE</b> ENGINEERING	Dott. Ing.	P. Agnello		

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



**GEOLOGIA**

**Relazione rilievi geomeccanici**

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T03GE01GEORE03A	A	
LO408Z	E	2101	CODICE ELAB. T03GE01GEORE03		
A	Emissione		Giu 2021	G. Cerquiglini	F. Durastanti N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RILEVAMENTO GEOMECCANICO PER IL PROGETTO ESECUTIVO .....</b>	<b>6</b>
2.1	STAZIONE GEOMECCANICA SGL03.1 .....	17
2.1	STAZIONE GEOMECCANICA SGL3.02 .....	21
<b>3</b>	<b>RILEVAMENTO GEOMECCANICO PER IL PROGETTO DEFINITIVO.....</b>	<b>25</b>
3.1	STAZIONE GEOMECCANICA SG13.....	28
3.2	STAZIONE GEOMECCANICA SG14.....	29
3.3	STAZIONE GEOMECCANICA SG15.....	30
3.4	STAZIONE GEOMECCANICA SG16.....	31
3.5	STAZIONE GEOMECCANICA SG17.....	32
3.6	STAZIONE GEOMECCANICA SG18.....	33
3.7	STAZIONE GEOMECCANICA SG19.....	34
3.8	STAZIONE GEOMECCANICA SG20.....	35
3.9	STAZIONE GEOMECCANICA SG30.....	36
3.10	STAZIONE GEOMECCANICA SG31.....	37
3.11	STAZIONE GEOMECCANICA SG33.....	38
3.12	STAZIONE GEOMECCANICA SG34.....	39
3.13	STAZIONE GEOMECCANICA SG35.....	40
3.14	STAZIONE GEOMECCANICA SG46.....	41
3.15	STAZIONE GEOMECCANICA SG49.....	42
3.16	STAZIONE GEOMECCANICA SG50.....	43
3.17	STAZIONE GEOMECCANICA SG51.....	44
3.18	STAZIONE GEOMECCANICA SG52.....	45
3.19	STAZIONE GEOMECCANICA SG53.....	46
3.20	STAZIONE GEOMECCANICA SG54.....	47
3.21	STAZIONE GEOMECCANICA SG55.....	48
3.22	STAZIONE GEOMECCANICA SG56.....	49
3.23	STAZIONE GEOMECCANICA SG57.....	50

<b>3.24 STAZIONE GEOMECCANICA SG58.....</b>	<b>51</b>
<b>3.25 STAZIONE GEOMECCANICA SG59.....</b>	<b>52</b>
<b>3.26 STAZIONE GEOMECCANICA SG60.....</b>	<b>53</b>
<b>3.27 STAZIONE GEOMECCANICA SG61.....</b>	<b>54</b>

## 1 PREMESSA

Nell'ambito della redazione del progetto esecutivo del lotto 3 del nuovo collegamento viario compreso fra lo svincolo della SS 514 di "Chiaromonte" con la SS115 e lo svincolo della Ragusana" si è fatto riferimento ai risultati di due campagne di rilevamento geomeccanico

- Campagna per il progetto definitivo (dicembre 2012 – marzo 2013) costituita da n. 27 stazioni
- Campagna integrativa per il progetto esecutivo (marzo 2021) costituita da n. 2 stazioni di rilevamento geomeccanico

L'ubicazione precisa delle stazioni è riportata sia nella carta geologica che nell'elaborato Planimetria ubicazione indagini.

Nelle tabelle che seguono si riassumono i risultati delle stazioni eseguite nell'ambito del lotto 3 (ex lotti 5 e 6 del PD)

STAZIONI GEOMECCANICHE PE (Campagna 2021)					
Stazione (n)	RMR Base	RMR Corretto	CLASSE RMR	GSI	Litologia
SGL3.01	62,8	55,8	III-mediocre	57,8	Colate di lava (Pvl)
SGL3.02	63,7	56,7	III-mediocre	58,7	Lava a Pillows (Ppw)

STAZIONI GEOMECCANICHE PD (Campagna 2012-2013)				
Stazione (n)	Lotto (n)	Valore BMR	Classe ammasso	Litologia
SG13	L3(exL6PD)	66	II - ammasso buono	Colate di lava (Pvl)
SG14	L3(exL6PD)	62	II - ammasso buono	Colate di lava e piroclastiti massive (Pvl)
SG15	L3(exL6PD)	70	II - ammasso buono	Colate di lava (Pvl)
SG16	L3(exL6PD)	64	II - ammasso buono	Lava a pillows (Ppw)
SG17	L3(exL6PD)	62	II - ammasso buono	Colate di lava (Pvl)

**T03GE01GEORE02 - Relazione rilievi geomeccanici**

SG18	L3(exL6PD)	58	III - ammasso discreto	Lava a pillows (Ppw)
SG19	L3(exL6PD)	50	III - ammasso discreto	Colate di lava (Pvl)
SG20	L3(exL6PD)	45	III - ammasso discreto	Colate di lava (Pvl)
SG30	L3(exL5PD)	74	II - ammasso buono	Piroclastiti massive (Pv)
SG31	L3(exL5PD)	49	III - ammasso discreto	Breccia vulcanica (Pv)
SG33	L3(exL5PD)	65	II - ammasso buono	Formazione Trubi – calcari marnosi (Pm)
SG34	L3(exL5PD)	63	II - ammasso buono	Formazione Trubi – calcari marnosi (Pm)
SG35	L3(exL5PD)	66	II - ammasso buono	Calcari di base (Mg)
SG46	L3(exL6PD)	44	III - ammasso discreto	Colate di lava (Pvl)
SG49	L3(exL5PD)	60	III - ammasso discreto	Formazione Carlentini – facies vulcanoclastica (Mv)
SG50	L3(exL5PD)	68	II - ammasso buono	Calcari di base (Mg)
SG51	L3(exL5PD)	64	II - ammasso buono	Calcari di base (Mg)
SG52	L3(exL5PD)	43	III - ammasso discreto	Cataclasite della formazione Tellaro (Mm)
SG53	L3(exL5PD)	46	III - ammasso discreto	Formazione Carlentini – facies vulcanoclastica (Mv)
SG54	L3(exL5PD)	32	IV - ammasso scadente	Formazione Tellaro – Marne (Mm)
SG55	L3(exL5PD)	60	III - ammasso discreto	Calcari di base (Mg)
SG56	L3(exL5PD)	58	III - ammasso discreto	Calcari di base (Mg)
SG57	L3(exL6PD)	45	III - ammasso discreto	Colate di lava (Pvl)
SG58	L3(exL6PD)	54	III - ammasso discreto	Colate di lava (Pvl)
SG59	L3(exL6PD)	54	III - ammasso discreto	Colate di lava (Pvl)
SG60	L3(exL6PD)	52	III - ammasso discreto	Colate di lava (Pvl)
SG61	L3(exL6PD)	64	II - ammasso buono	Colate di lava (Pvl)

MANDATARIA:

MANDANTI:

Nei paragrafi a seguire sono stati riportati rispettivamente:

- Per le stazioni eseguite nel PE (paragrafo 2)

Relazione descrittiva delle metodologie di rilevamento e di elaborazione utilizzate

Scheda riassuntiva con documentazione fotografica, risultati elaborazione e reticolo di Schmidt per ogni singola stazione

- Per le stazioni eseguite nel PD (paragrafo 3)

Scheda riassuntiva con documentazione fotografica per ogni singola stazione

Tabulato di calcolo BMR per ogni singola stazione

Reticolo di Schmidt per ogni singola stazione

## 2 RILEVAMENTO GEOMECCANICO PER IL PROGETTO ESECUTIVO

Nell'ambito della redazione del progetto esecutivo del lotto 3 del nuovo collegamento viario compreso fra lo svincolo della SS 514 di "Chiaromonte" con la SS115 e lo svincolo della Ragusana" è stato eseguito un rilevamento geomeccanico integrativo costituito da due stazioni di rilevamento geomeccanico eseguite su altrettanti affioramenti delle unità basaltiche presenti lungo il corridoio di progetto. Le stazioni sono state ubicate su affioramenti ritenuti rappresentativi delle formazioni affioranti e sui quali valutare l'indice BMR (Bieniawski, 1973) necessario per la classificazione degli ammassi rocciosi.

L'ubicazione precisa delle stazioni (denominate SGL3.01 ed SGL3.02) è riportata nella carta geologica di dettaglio e nella planimetria ubicazione indagini.

Secondo questo sistema, la classificazione dell'ammasso roccioso utilizza i seguenti parametri: Resistenza della roccia alla compressione monoassiale;

- RQD (Rock quality designation);
- Spaziatura delle discontinuità;
- Condizioni delle discontinuità;
- Condizioni idrogeologiche;
- Orientamento delle discontinuità;

A ciascun punto sopra indicato equivale un valore numerico; valori più alti indicano migliori condizioni della roccia e quindi una maggiore stabilità del versante analizzato.

Alla presente nota sono allegare tutte le schede che riportano i valori finali della qualità dell'ammasso roccioso, per la stazione geomeccanica effettuata, e la disposizione degli elementi strutturali, identificati nella fase di rilevamento svolto in campagna, all'interno del reticolo di Schmidt.

### **Metodo di rilievo ed analisi**

Il rilevamento di superficie è stato svolto al fine di individuare i caratteri principali e gli elementi geologici più importanti, quali aspetti stratigrafici e tettonici.

E' stato inoltre definito l'assetto strutturale dell'area, la geometria e la cinematica delle strutture presenti, con particolare riguardo agli elementi tettonici principali e l'evoluzione e la successione delle fasi deformative. Segue l'esposizione dei dati mesostrutturali, anche sotto forma di diagrammi.

Sono stati raccolti una serie di dati relativi al grado di alterazione dell'ammasso, alle linee di discontinuità, alle loro caratteristiche medie di comportamento meccanico e di resistenza, alla loro disposizione nello spazio e alla loro frequenza e persistenza.

Nel corso del rilevamento strutturale sono state svolte osservazioni ed analisi puntuali, in corrispondenza di una stazione strutturale, con esecuzione di misure di giacitura di elementi strutturali piani o ad andamento rettilineo (planar and linear structural elements, structures, features, foliations and lineations).

Le misure relative all'orientazione delle strutture a scala maggiore sono state riportate in apposite schede prestampate nelle quali sono state riportate le misure di giacitura degli elementi strutturali planari o lineari

**T03GE01GEORE02 - Relazione rilievi geomeccanici**

singolari, considerati come non pervasivi o realmente tali per ciascuno dei quali può essere sufficiente anche una sola misura, e di elementi pervasivi della cui orientazione si vuol conoscere la frequenza relativa.

Per le analisi di frequenza di questi ultimi è stato necessario disporre di un congruo numero di misure di giacitura; dalle analisi è stato possibile risalire alla ricostruzione di singole strutture, di particolari associazioni di strutture e di elementi strutturali.

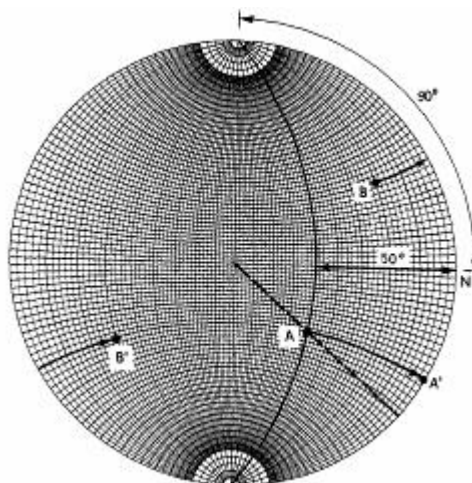
Una volta eseguita la raccolta degli elementi presso ogni singola stazione strutturale è stato utilizzato il reticolo di Schmidt per rendere più chiara la rappresentazione della giacitura di piani e rette in proiezione stereografica. Su di esso sono riportate le ciclografiche di piani che hanno la stessa direzione e diverse inclinazioni e immersione.

Sul reticolo sono riportate anche le proiezioni della giacitura di un piano verticale, con direzione perpendicolare a quella delle suddette ciclografiche, e le proiezioni di semicerchi minori paralleli a quest'ultimo. La proiezione del piano verticale è rappresentata da un diametro perpendicolare a quello definito asse del reticolo. La distanza tra i semicerchi minori non è costante; essa varia in maniera tale che questi intersechino le ciclografiche di punti posti ad intervalli angolari uguali.

Ciò vale anche per gli intervalli in cui le intersezioni con le ciclografiche suddividono le proiezioni dei semicerchi minori. In generale, intervalli angolari uguali non corrispondono a segmenti di ciclografica uguali. Fa eccezione la ciclografica del piano orizzontale (cioè il cerchio di proiezione) sulla quale ad archi di uguale lunghezza corrispondono intervalli angolari uguali.

Per confrontare le differenze nella frequenza di giaciture è stata usata la proiezione equivalente (equal area projection), dalla quale si ottiene una corrispondenza biunivoca tra punti e linee (semicerchi massimi e cerchi minori) della semisfera delle giaciture ed i punti di una porzione del piano orizzontale delimitata ancora da un cerchio di raggio  $r$ , uguale a quello della semisfera delle giaciture (e che, anche in questo caso, corrisponde alla proiezione di tale bordo).

Come detto il reticolo adoperato è il cosiddetto reticolo equivalente, o di Schmidt; Nel reticolo equivalente sono rappresentate le proiezioni di semicerchi massimi e di semicerchi minori, le quali però non sono più archi di cerchi.



Reticolo di Schmidt

L'interesse per la sola giacitura di determinate strutture primarie o secondarie può nascere dal fatto che esse sono pervasive, si ripetono, cioè, con una certa frequenza nel corpo roccioso considerato. Delle strutture pervasive



può essere specificata tanto l'orientazione che la posizione relativa rispetto ad un sistema di riferimento; di quelle non pervasive basta solo specificare la giacitura rispetto allo stesso sistema. Una singola posizione del piano di simmetria può talora essere considerata come struttura singolare, non pervasiva, a condizione che possa essere identificata e distinta dalle altre posizioni, come nel caso di una faccia del cristallo parallela ad un piano di simmetria.

L'anisotropia di un corpo roccioso omogeneo dipende dall'esistenza e dall'orientazione relativa di strutture pervasive primarie e secondarie. Esistono strutture pervasive la cui giacitura è assimilabile a quella di piani o rette, che vengono dette rispettivamente strutture planari e lineari. Le superfici di strato di un corpo sedimentario non deformato o le frequenti fratture isorientate normali agli strati (diaciasi), sono strutture planari. Le intersezioni tra le fratture su descritte e le superfici di strato, danno luogo a una o più strutture lineari.

Se si misura la giacitura di un certo numero di superfici di strato si osserva in realtà che essa presenta una certa variabilità; lo studio analitico di tale dispersione ha permesso di rappresentare in proiezione equivalente un numero di misure sufficientemente elevato per mettere in evidenza un addensamento di poli.

Misurando in una regione sufficientemente ampia la giacitura di strutture che localmente appaiono planari (o rettilinee) si osserva che essa varia con una certa continuità; infatti in questo caso la rappresentazione delle giaciture in proiezione equivalente mostra una discreta dispersione.

Va evidenziato che la forma della struttura non è rilevabile in maniera univoca dalla distribuzione dei poli. Quest'ultima sarebbe stata identica per un bacino di uguale forma e sarebbe stata ancora la stessa se, invece che in una sola struttura, le misure fossero state effettuate su di un numero indeterminato di strutture simili (cupole e bacini di uguale forma anche se di dimensioni diverse). La simmetria assiale è però fuori discussione, così come è evidente che la forma della struttura è piuttosto dolce, perché non sono rappresentate forti inclinazioni, e che la sua sommità (o il suo fondo) è piuttosto piatto e relativamente esteso, dato il gran numero di giaciture prossime all'orizzonte. Questa considerazione suggerisce un criterio che si può seguire per ottenere informazioni sull'orientazione di strutture penetrative non planari (o rettilinee), specie quando esse sono di forma complicata e non sempre visibili o accessibili nella loro integrità.

L'addensamento o la rarefazione di poli che rappresentano la giacitura di un singolo elemento strutturale (localmente) piano o rettilineo in un unico corpo roccioso può dare già un'idea dell'esistenza di giaciture preferenziali. Se le differenze sono meno marcate, o, se si vuole determinare la giacitura «media» attribuibile ad un raggruppamento di poli, conviene passare ad una rappresentazione della densità relativa dei poli che cadono nell'unità di superficie della semisfera delle giaciture e, quindi, all'impiego della proiezione equivalente di queste. L'analisi si può eseguire analiticamente, ma non esiste, ad esempio, una maniera univoca per definire cosa si debba intendere per giacitura media di un gruppo di giaciture.

L'analisi grafica della distribuzione delle orientazioni ha condotto alla costruzione di diagrammi di densità, sovrapponibili alla proiezione equivalente, su cui sono tracciate curve di isofrequenza ad intervalli che vengono scelti arbitrariamente tenendo conto, di volta in volta, della maggiore o minore dispersione dei poli. Le curve vengono tracciate, per interpolazione, dopo aver assegnato ad un numero sufficientemente elevato di punti della superficie compresa nel cerchio di proiezione, un valore della densità di poli nel loro intorno, espressa per ciascun punto dalla percentuale di poli che sono contenuti in un intorno circolare di area uguale ad una certa frazione di quella della emisfera delle giaciture. Gli intorni circolari sulla semisfera delle giaciture non sono più tali sulla proiezione equivalente e risultano tanto più deformati quanto più ci si avvicina al cerchio di proiezione.

La proiezione equivalente si utilizza anche per rappresentare sinotticamente (con simboli diversi) i poli relativi a differenti strutture planari e lineari di uno stesso corpo roccioso. Proiezioni di singoli elementi strutturali planari o rettilinei, o di più elementi strutturali dei due tipi, attraverso la simmetria delle loro distribuzioni possono rivelare la simmetria di un corpo roccioso deformato.

### Classificazione degli ammassi

Le classificazioni di Beniawsky e Romana (la seconda è derivata dalla prima, che risultava troppo "conservativa") consentono di soddisfare i quesiti richiesti e le problematiche che si presentano.

La classificazione di Beniawsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

- A1 = resistenza a compressione uniassiale;
- A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);
- A3 = spaziatura delle discontinuità;
- A4 = condizioni delle discontinuità;
- A5 = condizioni idrauliche;
- A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'Rock Mass Rating (RMR, Beniawsky) e con le dovute correzioni apportate da Romana nel 1985 lo Slope Mass Rating (SMR).

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMR}_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 \quad \text{RMR corretto} = \text{RMR}_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

### Valore di A1

A1 si può ricavare sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale  $S_u$ .

### *La prova Point Load Test*

La prova Point Load ha il vantaggio di essere portatile; da essa si deriva l'indice di carico puntuale  $I_s$  che viene correlato alla resistenza alla compressione uniassiale  $S_u$  mediante la relazione:

$$S_u = K I_s$$

$K$  è un coefficiente moltiplicativo per il quale l'ISRM consiglia il valore 24, ma nella pratica si è evidenziato come tale valore non è univoco ma largamente variabile. Palmström suggerisce di variare  $K$  in funzione di  $I_s$  secondo lo schema seguente:

IS (MPa)	K
< 3,5	14
3,5 – 6,0	16
6,0 – 10,0	20
> 10,0	25

### Le prove sclerometriche

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la "durezza di rimbalzo" della roccia. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$Su = 0,775 R + 21,3$$

### Standard ISRM

In una fase preliminare delle indagini, mancando prove di campagna o di laboratorio, il valore di Su può essere stimata osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo.

Dalla risposta della roccia si possono ricavare i seguenti valori:

LA ROCCIA SI INCIDE CON L'UNGHIA O SI SBRICIOLO CON LE MANI	0,25 – 1 MPA
SI SBRICIOLO SOTTO I COLPI DELLA PUNTA, LASTRE SOTTILI SI ROMPONO CON FACILITÀ CON LE MANI	1 – 5 MPA
LA PUNTA LASCIA DEBOLI BUCHI, LASTRE SOTTILI SI ROMPONO CON FORTI PRESSIONI DELLE MANI	5 – 25 MPA
LA ROCCIA SI FRATTURA CON UN COLPO	25 – 50 MPA
SI FRATTURA DOPO DUE-TRE COLPI	50 – 100 MPA
SI FRATTURA SOLO DOPO MOLTI COLPI	100 – 200 MPA
SI SCHEGGIA SOLAMENTE	> 200 MPA

Definita la resistenza a compressione Su è possibile ricavare il valore del primo parametro A1.

Se si utilizzano prove Point Load o prove sclerometriche risulta più agevole, rispetto alle tabelle e ai grafici proposte da Beniauskis, ricavare il valore di A1 trasformando i grafici in forma di equazioni:

$A1=4/49,25 \times S + 1,368$	$A1=4/49,25 \times S + 1,368$
$A1=4/49,25 \times S + 1,368$	$A1=4/49,25 \times S + 1,368$
$A1=4/49,25 \times S + 1,368$	$A1=4/49,25 \times S + 1,368$
$A1=4/49,25 \times S + 1,368$	$A1=4/49,25 \times S + 1,368$
$A1=4/49,25 \times S + 1,368$	$A1=4/49,25 \times S + 1,368$
$A1=4/49,25 \times S + 1,368$	$A1=4/49,25 \times S + 1,368$
$A1=4/49,25 \times S + 1,368$	$A1=4/49,25 \times S + 1,368$
$A1=4/49,25 \times S + 1,368$	$A1=4/49,25 \times S + 1,368$

Qualora si utilizzi lo Standard ISRM si usa la tabella proposta da Bieniawsky nell'ultima versione del sistema (1989):

SU (MPa)	>	100 - 200	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
COEFFICIENTE A1	15	12	7	4	2	1	0

### Valore di A2

Se si effettuano sondaggi è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente A2, dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \times 100$$

dove:

- Lc = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm

- Lt = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata Lc.

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura.

Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

dove Jv è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0,1 n)} (0,1 n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Bieniawsky:

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
<= 26,5	A2 = 3/26,6 x RQD + 3
26,5 ÷ 39	A2 = 2/12,4 x RQD + 1,71
39 ÷ 76,6	A2 = 7/37,6 x RQD + 0,739
> 76,6	A2 = 5/23,4 x RQD + 1,367

Valore di A3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante le seguenti relazioni:

SPAZIATURA (M)	EQUAZIONE
$\leq 0,2$	$A3 = 15s + 5$
$0,2 \div 0,4$	$A3 = 10s + 6$
$0,4 \div 0,66$	$A3 = 7,752s + 5,9$
$0,66 \div 0,94$	$A3 = 7,067s + 7,35$
$0,94 \div 1,6$	$A3 = 6,07s + 8,288$
$1,6 \div 2,0$	$A3 = 5s + 10$
$> 2,0$	$A3 = 20$

Valore di A4

Determinare dalle tavole di classificazione di Benjawsky il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo.

Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

I valori da assegnare sono:

*V1 – Persistenza del giunto*

PERSISTENZA (M)	V1
$< 1$	6
$1 \div 3$	4
$3 \div 10$	2
$10 \div 20$	1
$> 20$	0

*V2 – Apertura del giunto*

APERTURA (MM)	V2
COMPLETAMENTE CHIUSO	6
< 0,1	5
0,1 ÷ 1	4
1 ÷ 5	1
> 5	0

*V3 – Rugosità del giunto*

RUGOSITA'	V3
MOLTO RUGOSA	6
RUGOSA	5
LEGGERMENTE RUGOSA	3
LISCIA	1
LEVIGATA	0

*V4 – Alterazione delle pareti*

ALTERAZIONE	V4
NON ALTERATE	6
LEGGERMENTE ALTERATE	5
MEDIAMENTE ALTERATE	3
MOLTO ALTERATE	1
DECOMPOSTE	0

*V5 – Riempimento delle discontinuità*

RIEMPIMENTO (MM)	RIEMPIMENTO	V5
-	ASSENTE	6
< 5	COMPATTO	4
> 5	COMPATTO	2
< 5	SOFFICE	2
> 5	SOFFICE	0

*Valore di A5*

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniausky si ottiene:

VENUTE D'ACQUA SU 10 M DI LUNGHEZZA	NESSUNA	< 10 L/MIN	10-25 L/MIN	25-125 L/MIN	> 125 L/MIN
CONDIZIONE	ASCIUTTA	UMIDA	BAGNATA	DEBOLI VENUTE	FORTI VENUTE
COEFFICIENTE A5	15	10	7	4	0

*Valore di A6*

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni.

APPLICAZIONE	MOLTO FAVOREVOLE	FAVOREVOLE	MEDIOCRE	SFAVOREVOL E	MOLTO SFAVOREVOL E
GALLERIE	0	-2	-5	-10	-12
FONDAZIONI	0	-2	-7	-15	-25

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniausky risulta troppo "conservativo" e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

**Valore di RMR (Rock Mass Rating) e parametri caratteristici dell'ammasso**

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMRc calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

RMR <sub>c</sub>	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZIONE	MOLTO BUONO	BUONO	MEDIOCRE	SCADENTE	MOLTO SCADENTE

Dal valore di RMRb si possono derivare i parametri caratteristici dell'ammasso.

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

$$GSI = RMR - 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte ( $A5 = 15$ ). Tale relazione è da ritenersi valida per  $RMR > 23$ .

### Slope massiv Rating (SMR, Romana 1985)

Romana propone di aggiungere al valore di RMR (di base), alcuni fattori di aggiustamento sulla base dell'orientamento relativo fra discontinuità e fronte del versante e aggiungere un ulteriore fattore che tiene conto del metodo di scavo:

$$SMR = RMRb + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Il primo fattore di aggiustamento è il prodotto di tre fattori:

- F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti. F2 è riferito all'inclinazione del giunto nell'ipotesi di rottura planare.
- F3 mantiene le relazioni proposte da Beniauskis per l'inclinazione fra fronte e giunti.
- F4 rappresenta un fattore di correzione legato al metodo di scavo ed è stato fissato empiricamente.

Le condizioni di stabilità verificate sono relative rotture planari e per ribaltamento (toppling); il metodo è stato esteso anche alle rotture a cuneo di recente da Anbalagan et al.

Sulla base della tabella che segue si attribuiscono i valori ai fattori:

CASO		MOLTO FAVOREVOLE	FAVOREVOLE	MEDIOCRE	SFAVOREVOLE	MOLTO SFAVOREVOLE
PLANARE TOPPLING CUNEO	$\alpha J - \alpha F$ $\alpha J - \alpha F - 180^\circ$ $\alpha I - \alpha F$	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
PLANARE CUNEO	$\beta J$ $\beta I$	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
	F2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
TOPPLING	F2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PLANARE CUNEO	$\beta J - \beta F$ $\beta I - \beta F$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
TOPPLING	$\beta J - \beta F$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
	F3	0	-6	-25	-50	-60



dove:

$\alpha_j$  = immersione del giunto

$\alpha_i$  = immersione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

$\alpha_f$  = immersione del fronte del versante

$\beta_j$  = inclinazione del giunto

$\beta_i$  = inclinazione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

$\beta_f$  = inclinazione del fronte

Il fattore F4 vale invece:

METODO DI SCAVO	F4
SCARPATA NATURALE	15
ABBATTIMENTO CON PRETAGLIO	10
ABBATTIMENTO CONTROLLATO	8
ABBATTIMENTO NORMALE	0
ABBATTIMENTO NON CONTROLLATO	-8

Calcolato il valore di SMR, si possono avere indicazioni generali, fornite da Romana, sul grado di stabilità della scarpata, sul tipo di cinematismo di rottura che si può instaurare e su quanto possano pesare eventuali interventi di stabilizzazione:

SMR	100 – 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZIONE	MOLTO BUONA	BUONA	MEDIOCRE	SCADENTE	MOLTO SCADENTE
STABILITA'	SICURAMENTE STABILE	STABILE	PARZIALMENTE STABILE	INSTABILE	SICURAMENTE INSTABILE
MODO DI ROTTURA	ASSENTE	POSSIBILI BLOCCHI	LUNGO PIANI O PER CUNEI	LUNGO PIANI O SU GRANDI CUNEI	SU GRANDI PIANI O ROTOTRASLAZIONALI
STABILIZZAZIONE	NESSUNA	OCCASIONALE	SISTEMATICA	ESTESA	RIPROFILARE LA SCARPATA

## 2.1 STAZIONE GEOMECCANICA SGL03.1

Di seguito si riportano i risultati della classificazione dell'ammasso così come emersa dalla stazione di rilevamento geomeccanico eseguita su un affioramento di basalto (unità PVL) di lunghezza pari a circa 4 m e di altezza pari a 2 m (orientato circa 135°-70°), posizionato come da allegata carta geologica.

Stazione (n)	RMR Base	RMR Corretto	CLASSE RMR	GSI	SMR	CLASSE SMR
SGL3.01	62,8	55,8	III-mediocre	57,8	45.3	III Mediocre

Questi valori risultano essere la media ottenuta dai parametri specifici di ogni famiglia riconosciuta all'interno della stazione strutturale effettuata.



*Stazione geomeccanica SGL3.01*

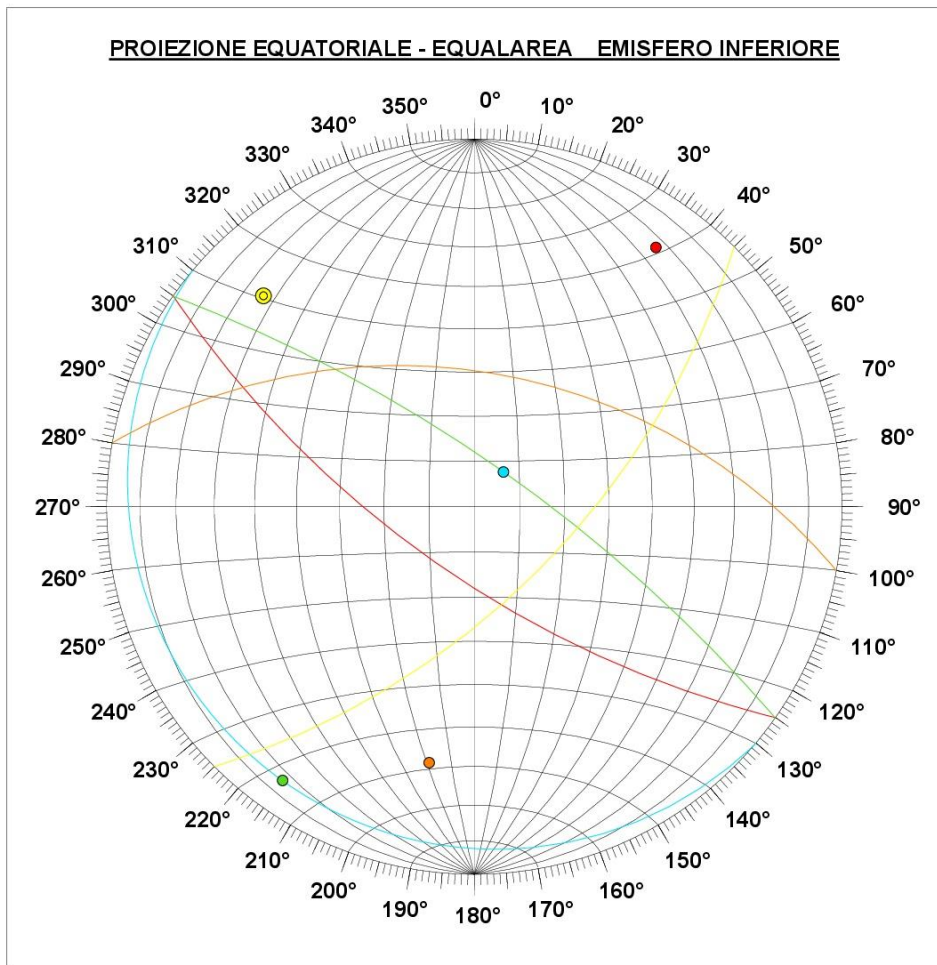
Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SGL3.01					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
TIPOLOGIA	Frattura	Frattura	Frattura	Frattura	
IMMERSIONE	2015	220°	10°	35°	
INCLINAZIONE	75°	10°	60°	80°	

Al fine di chiarire in maniera più idonea l'assetto strutturale dell'ammasso è stato ricostruito per la stazione SGL3.01 il reticolo di Schmidt che si allega alla presente

**RETICOLO DI SCHMIDT**

Committente: ANAS spa	
Riferimento: COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE RG-CT	
Località: LOTTO 3	
Progressiva:	Quota:
Stazione: SGL3.01	Data: Marzo 2021



Famiglia:	<span style="color:red">●</span> 1	<span style="color:blue">●</span> 2	<span style="color:orange">●</span> 3	<span style="color:green">●</span> 4	
Tipo:	Frattura	Frattura	Frattura	Frattura	<span style="color:yellow">⊙</span> VERSANTE
Immersione:	215 °	220 °	10 °	35 °	Immersione : 135 °
Inclinazione:	75 °	10 °	60 °	80 °	Inclinazione : 70 °

Software SGEO

Utilizzando i sotto elencati valori di input rilevati in campagna è stato valutato il Rock Mass Rating (RMR) dell'affioramento:

- Indice di rimbalzo (R)=26
- Numero di fratture per metro di roccia =12
- Spaziatura delle discontinuità (s)=0,4 m
- Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m
- Apertura del giunto = 1 – 5 mm
- Giunto rugoso
- Pareti leggermente alterate
- Riempimento assente
- Roccia asciutta
- Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni: mediocre

Resistenza a compressione Su (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
41,4	66

V1	V2	V3	V4	V5
4	1	5	5	6

Dove:

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto

V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto

V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto

V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti

V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6
4,7	13,1	9,0	21	15	-7

Dove:

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta

A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD

A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità

A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità

A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche

A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

**Stazioni Geomeccaniche Lotto 3**

Sulla base dei dati sopra descritti è stata definita la classificazione dell'ammasso roccioso e la conseguente caratterizzazione geomeccanica:

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione	Geological Strength Index(GSI)
62,8	57,8	Terza	Mediocre	57,8

Partendo dai sopraelencati valori di RMR e stato valutato il valore di Slope Mass Rating (SMR) tenendo conto dei sottoelencati parametri di input:

- Rottura: ribaltamento
- Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio: condizione mediocre
- Inclinazione dei giunti: condizione mediocre
- Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti: condizione mediocre
- Metodo di scavo: abbattimento normale

Fattori di aggiustamento

F1	F2	F3	F4
0,7	1	-25	0

Dove:

- F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti
- F2 è riferito all'inclinazione del giunto
- F3 mette in relazione l'inclinazione del fronte e quella dei giunti
- F4 è legato al metodo di scavo

Ne deriva la seguente classificazione corretta dell'ammasso roccioso

SMR	Classe	Descrizione
45.3	Terza	Mediocre

Per la quale si valuta il seguente grado di stabilità, tipo di cinematico di rottura, eventuali interventi di stabilizzazione

Stabilità	Modo di rottura	Stabilizzazione
Parzialmente stabile	Lungo piani o per cunei	Sistematica

## 2.1 STAZIONE GEOMECCANICA SGL3.02

Di seguito si riportano i risultati della classificazione dell'ammasso così come emersa dalla stazione di rilevamento geomeccanico eseguita su un affioramento di basalto (unità PPv) di lunghezza pari a circa 5 m e di altezza pari a 3 m (orientato circa 155°-85°), posizionato come da allegata carta geologica.

Stazione (n)	RMR Base	RMR Corretto	CLASSE RMR	GSI	SMR	CLASSE SMR
SGL3.02	63,7	56,7	III-mediocre	58,7	46,2	III Mediocre

Questi valori risultano essere la media ottenuta dai parametri specifici di ogni famiglia riconosciuta all'interno della stazione strutturale effettuata.



*Stazione geomeccanica SGL3.02*

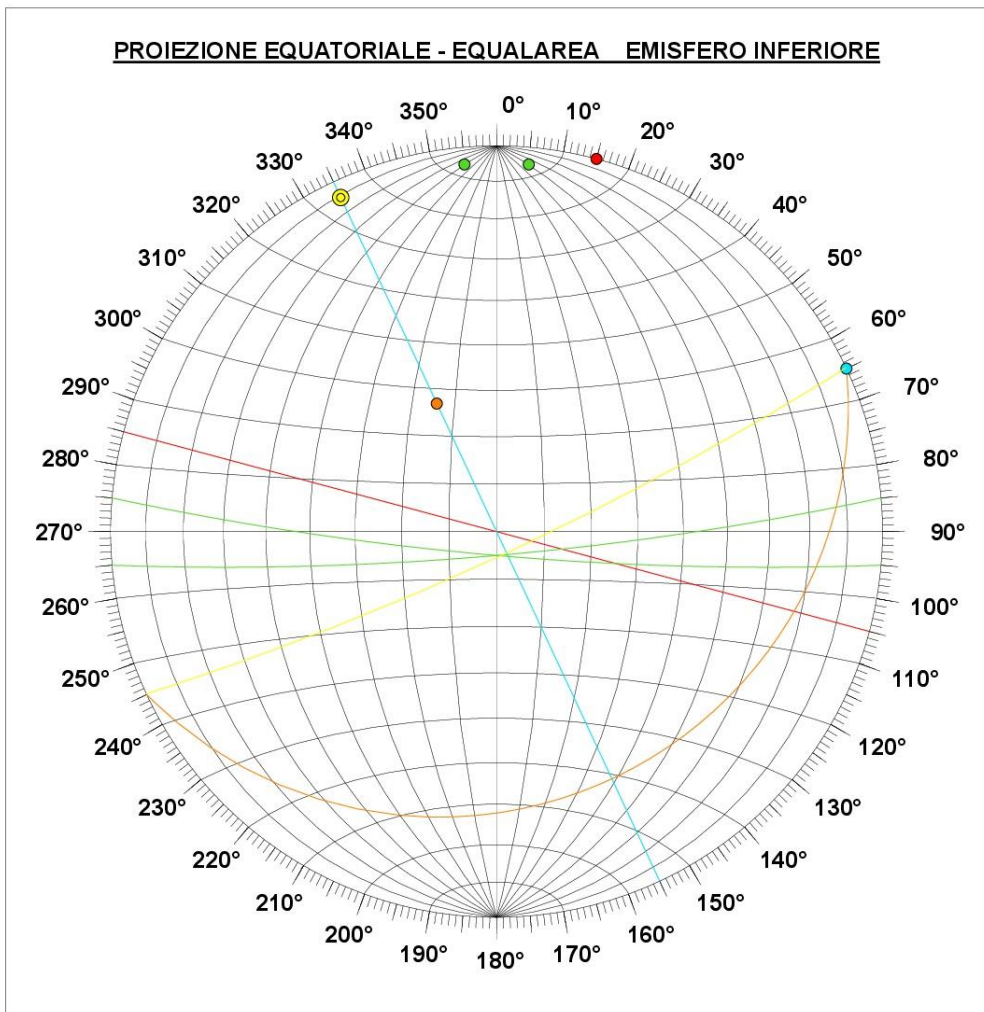
Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SGL3.02					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
TIPOLOGIA	Frattura	Frattura	Frattura	Frattura	
IMMERSIONE	195°	245°	155°	180°	
INCLINAZIONE	90°	90°	30°	85°	

Al fine di chiarire in maniera più idonea l'assetto strutturale dell'ammasso è stato ricostruito per la stazione SGL3.02 il reticolo di Schmidt che si allega alla presente

**RETICOLO DI SCHMIDT**

Committente: ANAS spa	
Riferimento: COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE RG- CT	
Località: LOTTO 3	
Progressiva:	Quota:
Stazione: SGL3.02	Data: Marzo 2021



Famiglia:	<span style="color:red">●</span> 1	<span style="color:cyan">●</span> 2	<span style="color:orange">●</span> 3	<span style="color:green">●</span> 4		
Tipo:	Frattura	Frattura	Frattura	Frattura		<span style="color:yellow">○</span> VERSANTE
Immersione:	195 °	245 °	155 °	180 °		Immersione : 155 °
Inclinazione:	90 °	90 °	30 °	85 °		Inclinazione : 85 °

Software SGEO

Utilizzando i sotto elencati valori di input rilevati in campagna è stato valutato il Rock Mass Rating (RMR) dell'affioramento:

- Indice di rimbalzo (R)=25
- Numero di fratture per metro di roccia =12
- Spaziatura delle discontinuità (s)=0,3 m
- Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m
- Apertura del giunto = 0,11 – 1 mm
- Giunto leggermente rugoso
- Pareti leggermente alterate
- Riempimento assente
- Roccia asciutta
- Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni: mediocre

Resistenza a compressione Su (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
40,7	66

V1	V2	V3	V4	V5
4	4	3	5	6

Dove:

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto

V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto

V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto

V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti

V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6
4.6	13,1	9,0	22	15	-7

Dove:

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta

A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD

A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità

A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità

A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche

A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità



**Stazioni Geomeccaniche Lotto 3**

Sulla base dei dati sopra descritti è stata definita la classificazione dell'ammasso roccioso e la conseguente caratterizzazione geomeccanica:

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione	Geological Strength Index(GSI)
63,7	56,7	Terza	Mediocre	58,7

Partendo dai sopraelencati valori di RMR e stato valutato il valore di Slope Mass Rating (SMR) tenendo conto dei sottoelencati parametri di input:

- Rottura: ribaltamento
- Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio: condizione mediocre
- Inclinazione dei giunti: condizione mediocre
- Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti: condizione mediocre
- Metodo di scavo: abbattimento normale

Fattori di aggiustamento

F1	F2	F3	F4
0,8	1	-25	0

Dove:

- F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti
- F2 è riferito all'inclinazione del giunto
- F3 mette in relazione l'inclinazione del fronte e quella dei giunti
- F4 è legato al metodo di scavo

Ne deriva la seguente classificazione corretta dell'ammasso roccioso

SMR	Classe	Descrizione
46,3	Terza	Mediocre

Per la quale si valuta il seguente grado di stabilità, tipo di cinematico di rottura, eventuali interventi di stabilizzazione

Stabilità	Modo di rottura	Stabilizzazione
Parzialmente stabile	Lungo piani o per cunei	Sistematica

### **3 RILEVAMENTO GEOMECCANICO PER IL PROGETTO DEFINITIVO**

Nell'ambito dei rilevamenti eseguiti per il progetto definitivo è stato condotto anche un rilievo geomeccanico-strutturale nell'ambito del quale sono state realizzate n. 27 stazioni di misura per valutare l'indice BMR (Bieniawski, 1973) necessario per la classificazione degli ammassi rocciosi.

L'ubicazione delle stazioni è riportata con specifica simbologia sia nelle carte geologiche che nelle carte ubicazione indagini.

Secondo il sistema utilizzato, la classificazione dell'ammasso roccioso utilizza i seguenti parametri:

- Resistenza della roccia alla compressione monoassiale;
- RQD (Rock quality designation);
- Spaziatura delle discontinuità;
- Condizioni delle discontinuità;
- Condizioni idrogeologiche;
- Orientamento delle discontinuità.

A ciascun punto sopra indicato equivale un valore numerico; valori più alti indicano migliori condizioni della roccia.

In corrispondenza delle 56 stazioni distribuite sugli affioramenti litoidi posizionati nel corridoio di progetto, compatibilmente con le difficoltà logistiche legate alla presenza di coperture detritiche o di affioramenti situati in zone non raggiungibili, sono state svolte tutte le analisi strutturali e geomeccaniche finalizzate alla caratterizzazione degli ammassi rocciosi attraversati dal progetto.

In corrispondenza di ogni stazione sono stati raccolti una serie di dati relativi al grado di alterazione dell'ammasso, alle linee di discontinuità, alle loro caratteristiche medie di comportamento meccanico e di resistenza, alla loro disposizione nello spazio e alla loro frequenza e persistenza. Sono state inoltre condotte misure di giacitura di elementi strutturali piani o ad andamento rettilineo (planar and linear structural elements, structures, features, foliations and lineations).

Le misure relative all'orientazione delle strutture a scala maggiore sono state riportate in apposite schede prestampate nelle quali sono state indicate le misure di giacitura degli elementi strutturali planari o lineari singolari, considerati come non pervasivi o realmente tali per ciascuno, dei quali può essere sufficiente anche una sola misura, e di elementi pervasivi della cui orientazione si vuol conoscere la frequenza relativa.

Per le analisi di frequenza di questi ultimi è stato necessario disporre di un congruo numero di misure di giacitura; dalle analisi è stato possibile risalire alla ricostruzione di singole strutture, o di particolari associazioni delle medesime, e di elementi strutturali.

Una volta eseguita la raccolta degli elementi presso ogni stazione strutturale è stato utilizzato il reticolo di Schmidt per rendere più chiara la rappresentazione della giacitura di piani e rette in proiezione stereografica. Su di esso sono riportate le ciclografiche di piani che hanno la stessa direzione e diverse inclinazione e immersione.

Sul reticolo sono riportate, inoltre, le proiezioni della giacitura di un piano verticale, con direzione perpendicolare a quella delle suddette ciclografiche, e le proiezioni di semicerchi minori paralleli a quest'ultimo.

Come prima accennato, nello svolgimento dei rilievi geomeccanici è stata seguita la metodologia di Z. T. BIENIAWSKI (1989), che individua la classifica BMR (Basic Mass Rating) che, con le dovute correzioni, consentirà ai progettisti geotecnici di valutare la classifica RMR (Rock Mass Rating).

Come noto la classificazione di Bieniawski è basata sulla determinazione dei seguenti parametri riferiti all'ammasso roccioso stesso:

- Resistenza a compressione;
- Rock Quality Designation (RQD);
- Spaziatura discontinuità più significativa;
- Condizioni delle discontinuità:
  - Persistenza;
  - Apertura;
  - Rugosità a piccola scala (JRC);
  - Riempimento;
  - Alterazione (JCS);

- Condizioni idrogeologiche;

Ognuno dei 5 parametri individua 5 ratings (R1, R2, R3, R4, R5) che, sommati, determinano il Basic Mass Rating (indice BMR) variabile da 0 a 100, al quale sono associati una classe di appartenenza, un giudizio di qualità globale dell'ammasso e parametri di resistenza al taglio e di deformabilità secondo Bieniawski.

Successivamente l'ammasso roccioso può essere valutato in funzione di 3 contesti progettuali (gallerie, versanti, fondazioni) sulla base dei rapporti geometrici esistenti fra l'opera e le giaciture della discontinuità più critica, proponendo un valore di penalizzazione (C) che può portare alla diminuzione del valore BMR, consentendo di valutare il valore del Rock Mass Rating (RMR).

Di seguito si riporta il rapporto fra BMR e RMR:

$BMR = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$  (riferito genericamente all'ammasso)

$RMR = BMR - C$  (riferito all'ammasso in relazione al contesto progettuale)

Mentre il valore Basic Mass Rating (BMR), precedentemente valutato, esprime un giudizio qualitativo dell'ammasso, con il valore di RMR potrà essere valutato l'ammasso in relazione alle effettive condizioni progettuali ed applicative, soprattutto in relazione alla giacitura delle discontinuità.

Bieniawski ipotizza le seguenti possibilità delle varie condizioni:

- molto favorevole
- favorevole
- media
- sfavorevole
- molto sfavorevole

In funzione del contesto progettuale l'ammasso roccioso deve quindi essere valutato sulla base dei rapporti geometrici esistenti fra l'opera e le giaciture della famiglia di discontinuità più critica, proponendo

un valore di penalizzazione (C) che porta alla diminuzione del valore BMR, consentendo di valutare il valore del Rock Mass Rating (RMR).

E' necessario comunque evidenziare che le stazioni geomeccaniche sono state eseguite su affioramenti litoidi delle diverse formazioni affioranti che rappresentano quindi le facies più competenti delle unità che saranno interessate dal progetto.

### 3.1 STAZIONE GEOMECCANICA SG13

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di lave (Pvl) posizionato in asse tracciato circa alla pk 17+820 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG13



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG13					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	241	177	119	241	345
INCLINAZIONE	82	45	25	12	70

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 66.

### 3.2 STAZIONE GEOMECCANICA SG14

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche alternate a piroclastiti massivi (Pvl) posizionato circa 150 m a sud del tracciato in corrispondenza della pk 16+350 carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG14



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG14					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	230	306	212	23	318
INCLINAZIONE	84	86	54	85	12

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 62.

### 3.3 STAZIONE GEOMECCANICA SG15

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche (Pvl) posizionato circa 30 m a sud est del tracciato in corrispondenza della 15+000 carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG15



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG15					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	242	19	180	25	
INCLINAZIONE	63	17	14	68	

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 70.

### 3.4 STAZIONE GEOMECCANICA SG16

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di lave a pillows (Ppw) posizionato circa 150 m a sud est del tracciato in corrispondenza della pk 10+630 carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG16



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG16					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	123	246	343		
INCLINAZIONE	19	79	83		

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 64.



### 3.5 STAZIONE GEOMECCANICA SG17

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche massive (Pvl) posizionato circa 100 m a sud del tracciato in corrispondenza della pk 10+980 carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG17



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG17					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	177	98	113	41	8
INCLINAZIONE	69	77	45	62	82

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 62.

### 3.6 STAZIONE GEOMECCANICA SG18

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di lave a pillows (Ppw) posizionato circa 20 m a sud del tracciato in corrispondenza della pk 8+350 carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG18



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG18					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	342	181	250	205	
INCLINAZIONE	58	68	60	65	

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 58.

### 3.7 STAZIONE GEOMECCANICA SG19

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche massive (Pvl) posizionato a circa 100 m a sud del tracciato in corrispondenza della pk 8+350 carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG19



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG19					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	300	282	23	124	173
INCLINAZIONE	83	21	82	82	27

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 50.

### 3.8 STAZIONE GEOMECCANICA SG20

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche molto fratturate (Pvl) posizionato circa 100 m a nord del tracciato in corrispondenza della pk 7+750 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG20



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG20					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	105	326	37	64	
INCLINAZIONE	69	59	38	40	

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 45.

### 3.9 STAZIONE GEOMECCANICA SG30

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di Piroclastiti massive (Pv) posizionato circa 80 m a Nord del tracciato in corrispondenza della pk 4+250 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG30



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG30					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	143	125	198		
INCLINAZIONE	74	75	35		

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 74.

### 3.10 STAZIONE GEOMECCANICA SG31

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di breccia vulcanica (Pv) posizionato circa 30 m a Nord del tracciato in corrispondenza della pk 3+250 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG31



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG31					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	282	17	141		
INCLINAZIONE	84	82	17		

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 49.

### 3.11 STAZIONE GEOMECCANICA SG33

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di calcari marnosi della Formazione Trubi (Pm) posizionato circa 120 m a Nord del tracciato in corrispondenza della pk 2+050 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG33



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG33					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	300	216	282	281	94
INCLINAZIONE	39	84	80	23	14

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 65.

### 3.12 STAZIONE GEOMECCANICA SG34

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di calcari marnosi della Formazione dei Trubi (Pm) posizionato circa 80 m a nord del tracciato in corrispondenza della pk 2+100 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG34



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG34					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	315	240	342	174	
INCLINAZIONE	53	42	15	86	

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 63.



### 3.13 STAZIONE GEOMECCANICA SG35

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di calcari marnosi della Formazione dei Calcari di Base (Mg) posizionato circa 70 m a sud est del tracciato in corrispondenza della pk 0+850 carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG35



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG35					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	223	48	332		
INCLINAZIONE	34	60	14		

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 66.

### 3.14 STAZIONE GEOMECCANICA SG46

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche massive (Pvl) posizionato circa 50 m a sud del tracciato circa alla pk 11+180 carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG46



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG46					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	276	6	18		
INCLINAZIONE	84	87	10		

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 44.

### 3.15 STAZIONE GEOMECCANICA SG49

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di vulcaniti clastiche della Formazione Carlentini (Mv) posizionato in asse tracciato circa alla pk 1+200 carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG49



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG49					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	74	172	14	94	118
INCLINAZIONE	83	85	62	21	31

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 60.

### 3.16 STAZIONE GEOMECCANICA SG50

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di calcare della Formazione dei calcari di base (Mg) posizionato in asse tracciato circa alla pk 1+180 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG50



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG50					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	55	160	24		
INCLINAZIONE	89	14	61		

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 68.

### 3.17 STAZIONE GEOMECCANICA SG51

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di calcari della Formazione del calcare di base (Mg) posizionato in asse tracciato circa alla pk 1+180 carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG51



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG51					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	104	64	6	178	328
INCLINAZIONE	84	89	14	76	39

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 64.

### 3.18 STAZIONE GEOMECCANICA SG52

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di cataclasite della formazione Tellaro (Mm) posizionato circa 40 m a nord del tracciato in corrispondenza della pk 1+340 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG52



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG52					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	254	220	270	173	
INCLINAZIONE	34	88	85	89	

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 43.

### 3.19 STAZIONE GEOMECCANICA SG53

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di vulcaniti clastiche della Formazione Carlentini (Mv) posizionato circa 70 m a nord ovest del tracciato in corrispondenza della pk 1+150 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG53



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG53					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	321	231	60		
INCLINAZIONE	87	81	16		

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 46.

### 3.20 STAZIONE GEOMECCANICA SG54

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di marne argillose della Formazione Tellaro (Mm) posizionato circa 60 m a nord ovest del tracciato in corrispondenza della pk 1+100 carreggiata sinistra del lotto 5.

Stazione geomeccanica SG54



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG54					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	64	133	220	102	
INCLINAZIONE	30	51	80	49	

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso scadente ascrivibile alla Classe IV con un BMR pari a 32.



### 3.21 STAZIONE GEOMECCANICA SG55

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di calcari della formazione del Calcarea di base (Mg) posizionato circa 60 m a nord del tracciato in corrispondenza della pk 1+150 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG55



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG55					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	134	90	64	204	
INCLINAZIONE	89	30	34	89	

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 60.

### 3.22 STAZIONE GEOMECCANICA SG56

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di calcari della Formazione dei Calcari di base (Mg) posizionato circa 40 m a nord del tracciato in corrispondenza della pk 1+180 carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG56



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG56					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	310	30	259		
INCLINAZIONE	89	90	35		

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile

### 3.23 STAZIONE GEOMECCANICA SG57

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche massive (Pvl) posizionato circa 50 m a nord dell'asse tracciato alla pk 11+250 in carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG57



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG57					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	299	187	144	215	25
INCLINAZIONE	68	68	40	85	85

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 45.

### 3.24 STAZIONE GEOMECCANICA SG58

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche massive (Pvl) posizionato circa 150 m a nord dell'asse tracciato alla pk 11+550 in carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG58



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG58					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	268	138	85	35	
INCLINAZIONE	88	76	82	85	

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 54.

### 3.25 STAZIONE GEOMECCANICA SG59

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche massive (Pvl) posizionato circa 70 m a sud dell'asse tracciato alla pk 10+250 in carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG59



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG59					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	44	190	160	29	339
INCLINAZIONE	82	83	81	31	78

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 54.

### 3.26 STAZIONE GEOMECCANICA SG60

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche massive (Pvl) posizionato in asse tracciato alla pk 10+650 in carreggiata destra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG60



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG60					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	64	231	349	180	131
INCLINAZIONE	83	59	33	82	42

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso discreto ascrivibile alla Classe III con un BMR pari a 52.

### 3.27 STAZIONE GEOMECCANICA SG61

La stazione è ubicata in corrispondenza di un affioramento di colate laviche massive (Pvl) posizionato in asse tracciato alla pk 10+050 in carreggiata sinistra del lotto 3.

Stazione geomeccanica SG61



Qui di seguito sono elencate, le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SG61					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
IMMERSIONE	278	94	170	232	
INCLINAZIONE	80	45	85	25	

Stimando i parametri medi dell'ammasso roccioso, è stato possibile definire il valore del BMR e quindi la classe dell'ammasso stesso. Lo studio ha evidenziato un ammasso buono ascrivibile alla Classe II con un BMR pari a 64.