

**ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
ADEGUAMENTO A 4 CORSIE
NEL TRATTO GROSSETO - SIENA (S.S. 223 "DI PAGANICO")
DAL KM 41+600 AL KM 53+400 - LOTTO 9**

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **FI15**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

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

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

IL GEOLOGO:

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

IL R.U.P.

Dott. Ing.
Raffaele Franco Carso

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

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

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. D. Carlucci	Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Arch. N. Kamenicky	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. A. Rea	Geom. C. Vischini
Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. V. De Gori	Dott. Ing. V. Piunno
Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. C. Consorti	Dott. Ing. G. Pulli
Dott. Ing. E. Bartolucci	Geom. F. Dominici	Geom. C. Sugaroni
Dott. Geol. G. Cerquiglini		
Geom. S. Scopetta		
Dott. Ing. L. Sbrenna		
Dott. Ing. E. Sellari		
Dott. Ing. L. Dinelli		
Dott. Ing. L. Nani		
Dott. Ing. F. Pambianco		
Dott. Agr. F. Berti Nulli		



GEOLOGIA E GESTIONE MATERIE

Relazione geomeccanica

CODICE PROGETTO		NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.		
L O F I 1 5	E	1 9 0 1	A	-
		CODICE ELAB.		
		T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 2		
A	Emissione	28/02/2020	R. Salucci	G. Cerquiglini
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO
				APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
2	METODO DI RILIEVO ED ANALISI.....	3
3	CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI	7
	3.1.1 Risultati della stazione geomeccanica strutturale SRG1	15
	3.1.2 Risultati della stazione geomeccanica strutturale SRG2	20

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è finalizzata a descrivere i risultati di un rilevamento geostrutturale eseguito per il progetto esecutivo della S.S. 223 “di Paganico”, itinerario internazionale E78 SGC Grosseto – Fano Adeguamento a 4 corsie del tratto dal km 41+600 al km53+400.

Il tracciato stradale in studio ricade nel settore meridionale della provincia di Siena nei territori dei comuni di Monticiano, Murlo e Sovicille.

Nell’ambito dei rilievi eseguiti sono state realizzate n. 2 stazioni di rilevamento geomeccanico in corrispondenza di due affioramenti, delle unità geologiche del Calvare Cavernoso e delle Argille a Palombini presenti all’interno del corridoio stradale di progetto, ritenuti rappresentativi delle formazioni affioranti e sui quali valutare l’indice BMR (Bieniawski, 1973) necessario per la classificazione degli ammassi rocciosi.

L’ubicazione planimetrica delle stazioni (denominate SRG1 ed SRG2) è riportata nella carta geologica di dettaglio.

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 allegate 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.

2 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.

Sono stati inoltre definiti 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 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.

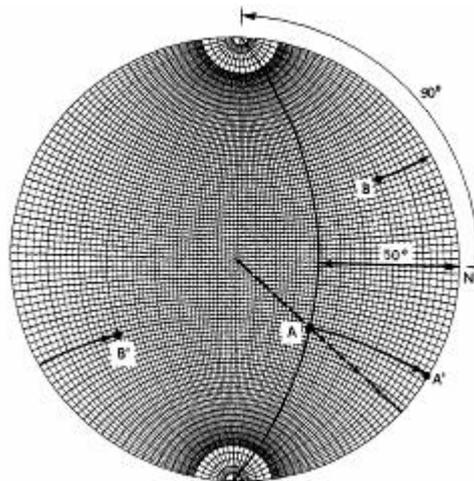
Sul reticolo sono riportate anche le proiezioni della giacitura di un piano verticale, con direzione perpendicolare a quella delle suddette ciclografiche e le proiezioni di semicerchi minori paralleli a quest’ultimo. La proiezione del piano verticale è rappresentata da un diametro perpendicolare a quello 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 ad 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.

3 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 il 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:

$$\text{RMR di base} = \text{RMRb} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMRc} = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

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 – 1,0	20
> 6,0	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 sbriciola con le mani	0,25 – 1 MPa
Si sbriciola 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 Beniaowsky, ricavare il valore di A1 trasformando i grafici in forma di equazioni:

VALORE DI S_u (MPa)	EQUAZIONE
$\leq 44,5$	$A1 = \frac{4}{44,5} S_u + 1$
$44,5 \div 93,75$	$A1 = \frac{4}{49,25} S_u + 1,368$
$93,75 \div 140$	$A1 = \frac{3}{46,25} S_u + 2,919$
$140 \div 180$	$A1 = 0,0375 S_u + 6,75$
$180 \div 240$	$A1 = 0,025 S_u + 9$
> 240	$A1 = 15$

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

S_u (MPa)	> 200	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:

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

dove:

L_c = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm
 L_t = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata L_c .

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 J_v 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 Beniawsky:

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
$\leq 26,5$	$A2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$
$26,5 \div 39$	$A2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$
$39 \div 76,6$	$A2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$
$> 76,6$	$A2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$

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

Valore di A4

Determinare dalle tavole di classificazione di Beniawsky 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 ÷ 3	4
3 ÷ 10	2
10 ÷ 20	1
> 20	0

V2 – Apertura del giunto

APERTURA (mm)	V2
COMPLETAMENTE	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 Beniauskis 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	SFAVOREVOLE	MOLTO SFAVOREVOLE
GALLERIE	0	-2	-5	-10	-12
FONDAZIONI	0	-2	-7	-15	-25

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniauskis 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:

RMRC	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	<= 20
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZIONE	MOLTO BUONO	BUONO	MEDIOCRE	SCADENTE	MOLTO SCADENTE

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:

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

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 Beniawsky 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 <u>Toppling</u> 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	β_j β_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
<u>Toppling</u>	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°	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
<u>Toppling</u>	$\beta_j - \beta_f$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
	F3	0	- 6	- 25	- 50	- 60

α_j = immersione del giunto

α_i = immersione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

α_f = immersione del fronte del versante

β_j = inclinazione del giunto

β_i = inclinazione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

β_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 ROTOTRASLAZIONA
STABILIZZAZIONE	NESSUNA	OCCASIONALE	SISTEMATICA	ESTESA	RIPROFILARE LA SCARPATA

3.1.1 Risultati della stazione geomeccanica strutturale SRG1

Di seguito si riportano i risultati della classificazione dell’ammasso così come emersa dalla stazione di rilevamento geomeccanico eseguita su un affioramento di Calcare Cavernoso brecciato di lunghezza pari a circa 4 m e di altezza pari a 2,5 m (orientato circa 350°-75°), posizionato come da allegata carta geologica.

Stazione (n)	RMR Base	RMR Corretto	CLASSE RMR	GSI	SMR	CLASSE SMR
1	58,6	51,6	III-mediocre	53,6	61,3	II Buona



Stazione geomeccanica strutturale SRG1

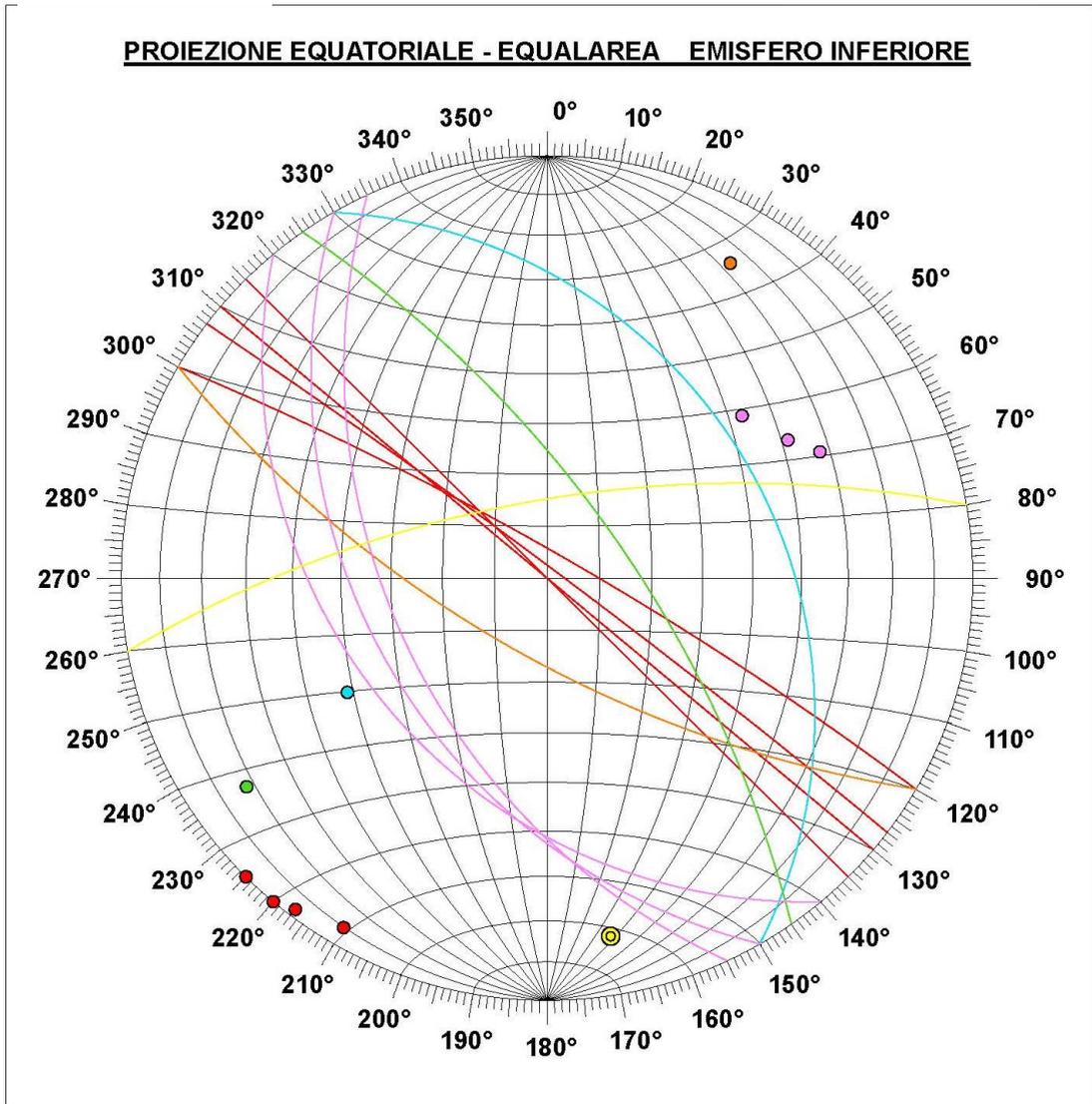
Qui di seguito sono elencate le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SRG1					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
TIPOLOGIA	Frattura	Frattura	Frattura	Frattura	Frattura
IMMERSIONE	38°	60°	210°	55°	238°
INCLINAZIONE	88°	85°	75°	75°	55°

Al fine di chiarire in maniera più idonea l’assetto strutturale dell’ammasso, è stato ricostruito per la stazione SRG1 il reticolo di Schmidt seguente:

RETICOLO DI SCHMIDT

Committente: ANAS Spa	
Riferimento: SS223 TRATTO 1° GROSSETO SIENA	
Località: LOTTO 9	
Progressiva:	Quota:
	Data: Dicembre 2019
Stazione SRG1	



Famiglia:	● 1	● 2	● 3	● 4	● 5	
Tipo:	Frattura	Frattura	Frattura	Frattura	Scistosità	⊙ VERSANTE
Immersione:	38 °	60 °	210 °	55 °	238 °	Immersione : 350 °
Inclinazione:	88 °	45 °	75 °	75 °	55 °	Inclinazione : 75 °

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)=15
- Numero di fratture per metro di roccia =20
- Spaziatura delle discontinuità (s)=0,05 m
- Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m
- Apertura del giunto = giunto chiuso
- Giunto rugoso
- Pareti mediamente alterate
- Riempimento assente
- Rocchia asciutta
- Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni: mediocre

Resistenza a compressione Su (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
32,9	49

V1	V2	V3	V4	V5
4	6	5	3	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
4.0	3,9	5,7	24	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

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

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione
58,6	51,6	Terza	Mediocre

Geological Strenght Index (GSI)
53,6

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

Rottura: planare o a cuneo

Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio: condizione mediocre (20°-10°)

Inclinazione dei giunti: condizione mediocre (30°-35°)

Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti: condizione mediocre (0°)

Metodo di scavo: Scarpata naturale

Fattori di aggiustamento

F1	F2	F3	F4
0,7	0,7	-25	15

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
61,3	Seconda	Buona

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

Stabilità	Modo di rottura	Stabilizzazione
Stabile	Possibili blocchi	Occasionale

3.1.2 Risultati della stazione geomeccanica strutturale SRG2

Di seguito si riportano i risultati della classificazione dell'ammasso così come emersa dalla stazione di rilevamento geomeccanico eseguita su un affioramento di Argille a Palombini di lunghezza pari a circa 4 m sub-orizzontale m (orientato circa 185°-25°), posizionato come da allegata carta geologica.

Stazione (n)	RMR Base	RMR Corretto	CLASSE RMR	GSI	SMR	CLASSE SMR
2	51,4	44,4	III-mediocre	54,1	54,1	III Mediocre



Stazione geomeccanica strutturale SRG2

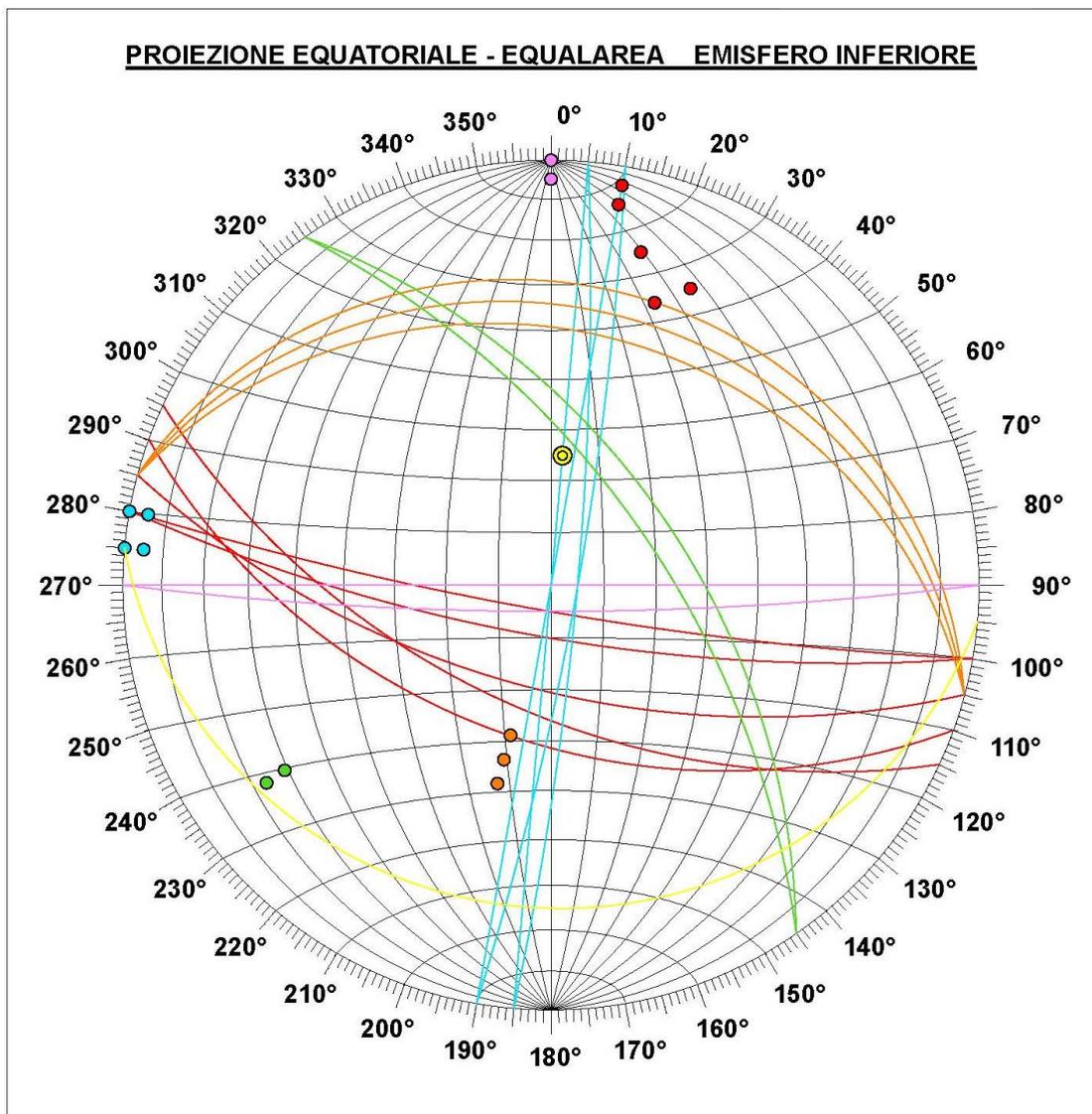
Qui di seguito sono elencate le singole famiglie di fratture presenti, con i relativi valori di immersione e pendenza

STAZIONE SRG2					
FAMIGLIA	1	2	3	4	5
TIPOLOGIA	Strato	Frattura	Frattura	Frattura	Frattura
IMMERSIONE	193°	98°	15°	55°	180°
INCLINAZIONE	74°	88°	75°	68°	88°

Al fine di chiarire in maniera più idonea l'assetto strutturale dell'ammasso, è stato ricostruito per la stazione SRG2 il reticolo di Schmidt seguente:

RETICOLO DI SCHMIDT

Committente: ANAS Spa	
Riferimento: SS223 TRATTO 1° GROSSETO SIENA	
Località: LOTTO 9	
Progressiva:	Quota:
Stazione SRG2	Data: Dicembre 2019



Famiglia:	● 1	● 2	● 3	● 4	● 5
Tipo:	Strato	Frattura	Frattura	Frattura	Frattura
Immersione:	193 °	98 °	15 °	55 °	180 °
Inclinazione:	74 °	88 °	35 °	68 °	88 °

◎ VERSANTE
Immersione : 185 °
Inclinazione : 25 °

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)=10
- Numero di fratture per metro di roccia =35
- Spaziatura delle discontinuità (s)=0,05 m
- Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m
- Apertura del giunto = giunto chiuso
- Giunto rugoso
- Pareti mediamente alterate
- Riempimento assente
- Roccia asciutta
- Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni: mediocre

Resistenza a compressione Su (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
29,0	0

V1	V2	V3	V4	V5
4	6	5	3	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
3,6	3,0	5,7	24	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

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

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione
51,4	44,4	Terza	Mediocre

Geological Strenght Index (GSI)
46,4

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

Rottura: planare o a cuneo

Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio: condizione mediocre (20°-10°)

Inclinazione dei giunti: condizione mediocre (30°-35°)

Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti: condizione mediocre (0°)

Metodo di scavo: Scarpata naturale

Fattori di aggiustamento

F1	F2	F3	F4
0,7	0,7	-25	15

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
54,1	Terza	Mediocre

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

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