

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J94J17000040001

## U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

### PROGETTO DEFINITIVO

LINEA BOLZANO – MERANO

REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI  
SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE

GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

SCALA:

-

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

N B 1 D 0 1 D 6 9 R H G E 0 0 0 1 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Scuri		S. Rodani		C. Mazzocchi		M. Comedini

15 luglio 2021  
ITALFERR  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE  
Dott. Geol. Massimo Comedini  
Ordine dei Geologi del Lazio  
n° 2103

File:

n. Elab.:

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali	COMMESSA NB1D	LOTTO 01	CODIFICA D69RH	DOCUMENTO GE0001002	REV. A	FOGLIO 2 di 30
---	------------------	-------------	-------------------	------------------------	-----------	-------------------

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	4
3	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI .....	5
3.1	ROCK MASS RATING (RMR) .....	5
3.2	Q-SYSTEM .....	11
3.2.1	<i>Resistenza dei giunti – modello Barton</i> .....	17
3.2.2	<i>Scelta dei parametri</i> .....	17
3.3	IL CRITERIO DI ROTTURA DI HOEK & BROWN .....	18
3.4	CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI .....	19

## FIGURE

FIGURA 1.	CLASSIFICAZIONE RMR, PUNTEGGI RELATIVI ALLA RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA (DA BIENIAWSKI, 1989). .....	6
FIGURA 2.	CLASSIFICAZIONE RMR, PUNTEGGI RELATIVI AD RQD (DA BIENIAWSKI, 1989). .....	7
FIGURA 3.	CLASSIFICAZIONE RMR, PUNTEGGI RELATIVI ALLA SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITÀ (DA BIENIAWSKI, 1989). .....	7
FIGURA 4.	CLASSIFICAZIONE RMR, PUNTEGGI RELATIVI ALLA RELAZIONE TRA RQD E LA SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITÀ (DA BIENIAWSKI, 1989). .....	8
FIGURA 5.	CLASSIFICAZIONE RMR, PUNTEGGI RELATIVI ALLE CONDIZIONI DEI GIUNTI (DA BIENIAWSKI, 1989). .....	8
FIGURA 6:	VALORI DI RQD E RISPETTIVO NUMERO DI GIUNTI PER METRO CUBO. ....	11
FIGURA 7:	NUMERO DI FAMIGLIE DI GIUNTI E RISPETTIVE CLASSI .....	12
FIGURA 8:	GIUNTI CON E SENZA CONTATTO TRA LE PARETI .....	12
FIGURA 9:	ESEMPI DI SUPERFICI DI GIUNTO CON DIVERSI VALORI DI JR. ....	13
FIGURA 10.	UBICAZIONE DELLE STAZIONI GEOMECCANICHE ESEGUITE CON IL RISPETTIVO VALORE DI RMR. ....	20
FIGURA 11.	GRAFICO DELLE CLASSIFICAZIONI GEOMECCANICHE PER L'UNITÀ IGNIMBRITICA DI GRIES (IGR) .....	21
FIGURA 12.	GRAFICO DELLE CLASSIFICAZIONI GEOMECCANICHE PER L'UNITÀ IGNIMBRITICA DI ORA (ORA) .....	22
FIGURA 13.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO WP1478 .....	23
FIGURA 14.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO WP1483 .....	24
FIGURA 15.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO WP1485 .....	25
FIGURA 16.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO WP1486 .....	26
FIGURA 17.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO WP1488 .....	27
FIGURA 18.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO WP1504 .....	28
FIGURA 19.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO WP1505 .....	29
FIGURA 20.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO WP1506 .....	30

## TABELLE

TABELLA 1.	PARAMETRI DELLA CLASSIFICAZIONE RMR E LORO COEFFICIENTI NUMERICI .....	9
TABELLA 2.	COMPENSAZIONE DEI COEFFICIENTI NUMERICI IN BASE ALL'ORIENTAMENTO DEI GIUNTI .....	10
TABELLA 3.	CLASSI DI ROCCIA DETERMINATE IN BASE ALLA SOMMA DEI COEFFICIENTI NUMERICI .....	10
TABELLA 4.	CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLE CINQUE CLASSI DI AMMASSO .....	10
TABELLA 5:	VALORI DI JR. ....	13
TABELLA 6:	VALORI DI JA .....	14
TABELLA 7:	VALORI DI JW .....	15
TABELLA 8:	VALORI DI SRF .....	16



LINEA BOLZANO – MERANO  
REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI  
SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	3 di 30

TABELLA 9 - VALORI DI  $\phi_B$  PROPOSTI DA BARTON PER DIVERSI TIPI DI MATERIALE.....18  
TABELLA 10. QUADRO DI RIFERIMENTO DEI RILEVAMENTI GEOMECCANICI. ....19  
TABELLA 11. CLASSIFICAZIONI GEOMECCANICHE PER L'UNITÀ IGNIMBRITICA DI GRIES (IGR) .....21  
TABELLA 12. CLASSIFICAZIONI GEOMECCANICHE DELL'UNITÀ IGNIMBRITICA DI ORA (ORA).....22

## 1 PREMESSA

Il presente documento illustra i risultati delle stazioni geomeccaniche tradizionali (a terra) eseguite sui litotipi vulcanici affioranti in corrispondenza del colle del Virgolo. In totale sono state eseguite 8 stazioni i cui risultati vengono illustrati nei successivi paragrafi.

## 2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

AFTES (2003) Guidelines for characterisation of rock masses useful for the design and the construction of underground structures.

Barton N. (2011) “Near-surface rock engineering and fractured reservoirs rock mechanics, each linked by geophysics” – Short Course – Centro di GeoTecnologie Università degli Studi di Siena.

Barton N., Bieniawski, Z.T. (2008) – RMR and Q – Setting records. Tunnels & Tunnelling International, February.

Barton N., Lien R. & Lunde J. (1974) “Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mechanics”, 6 (4).

Bieniawski, Z.T. (1989) – Engineering Rock Mass Classifications. – John Wiley & Sons.

Bruschi A. (2004) – Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica, Dario Flaccovio Editore.

Hoek & Marinos (2000). – GSI, a geologically friendly tool for rock mass strength estimation. Proc. GeoEng2000 Conference, Melbourne. 1422-1442.

Hoek. E., Carranza-Torres C., Corkum B., Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 Edition.

Hoek. E., Diederichs M.S. (2005) Empirical estimation of rock mass modulus, Int. J. Of Rock Mechanics and Mining Sciences, Elsevier.

ISRM (1978) Suggested methods for the description of discontinuities in rock masses.

NGI (2013) Using the Q-system. Rock mass classification and support design. Handbook.

AGI (1977) Raccomandazioni “Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”.

AGI (1994) “Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio”.

	LINEA BOLZANO – MERANO REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE					
	Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	5 di 30

### 3 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Un ammasso roccioso è costituito da blocchi di materiale roccioso integro separati da giunti o da discontinuità. Il suo comportamento meccanico dipende quindi, sia dalle proprietà meccaniche del materiale roccioso intatto sia dalle caratteristiche delle discontinuità.

L'importanza relativa di questi due fattori è legata al rapporto tra la spaziatura delle discontinuità e la scala del problema in esame. Esistono, in linea generale, due approcci al problema: l'ammasso può essere considerato come un mezzo discontinuo nel quale i movimenti possono avvenire esclusivamente lungo le discontinuità, oppure può essere approssimato ad un mezzo continuo (sebbene fisicamente non lo sia) ai fini del problema in esame ed il suo comportamento descritto tramite parametri complessivi.

Seguendo il primo approccio è necessario, oltre che conoscere l'orientazione delle discontinuità, effettuare una stima della resistenza al taglio disponibile lungo i piani di discontinuità basata sulle caratteristiche misurate. Nel secondo caso si ricorre generalmente a schemi classificativi di tipo empirico (RMR – Bieniawski, 1989; GSI – Hoek & Marinos, 2000), che sono in grado di fornire i parametri progettuali di uso comune e che hanno dimostrato nel corso degli anni la loro validità ed applicabilità a casi reali.

Nel caso in esame, l'osservazione degli affioramenti disponibili e del loro comportamento fornisce indicazioni circa il ruolo delle discontinuità e delle proprietà macroscopiche dell'ammasso (si veda la relazione sulle attività di campagna).

Al fine della determinazione delle caratteristiche fisico – meccaniche del materiale intatto alla scala del campione si è fatto riferimento, ove possibile, alle prove di laboratorio, ai dati acquisiti durante le fasi rilevamento (martello di Schmidt, prove di indice manuale, ecc.), ed ai dati bibliografici.

#### 3.1 Rock Mass Rating (RMR)

Il sistema RMR (Rock Mass Rating), noto anche con il nome di “Classificazione Geomeccanica”, venne sviluppato da Bieniawski a partire dal 1973 per gallerie in rocce competenti fratturate. Nella versione 1989 la classificazione dell'ammasso roccioso secondo il sistema RMR si basa sui seguenti sei parametri:

- Resistenza a compressione monoassiale del materiale intatto;
- Rock Quality Designation (RQD);
- Spaziatura delle discontinuità;
- Condizioni delle discontinuità;
- Condizioni dell'acqua nel sottosuolo;
- Orientazione delle discontinuità.

Bieniawski propone che ciascun parametro non debba necessariamente dare un ugual contributo al comportamento dell'ammasso roccioso. Esso applica pertanto a tali parametri una serie di intervalli di importanza: a punteggi più alto corrispondono condizioni dell'ammasso migliori. Per ogni famiglia delle discontinuità vengono valutate condizioni medie e i punteggi vengono interpolati utilizzando 5 tabelle di riferimento (charts A – E) (Figura 1, Figura 2, Figura 3, Figura 4, Figura 5).

La chart D (Figura 6) viene utilizzata se il parametro RQD, o il parametro che individua la spaziatura delle discontinuità, è mancante; l'interpolazione è basata sui dati di correlazione elaborati da Priest e Hudson (1976).

È assegnato ad ogni parametro un punteggio (rating) all'interno dell'intervallo di importanza che lo caratterizza ed infine si perviene ad un valore globale per l'ammasso sommando i punteggi relativi a ciascun parametro. Tale valore globale, ottenuto utilizzando i primi cinque parametri (RMRbase), viene ulteriormente affinato tenendo

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	6 di 30

conto di un sesto parametro che considera la compensazione dei coefficienti numerici in base all'orientamento dei giunti (RMRcorretto) rispetto allo scavo; nel caso in esame questo passaggio non è stato effettuato: è stato dunque calcolato solo RMRbase.

Il coefficiente RMR varia tra 0 e 100 e può essere suddiviso in 5 intervalli (0 ÷ 20, 21 ÷ 40, 41 ÷ 60, 61 ÷ 80, 81 ÷ 100) all'interno dei quali l'ammasso roccioso presenta diversi valori delle caratteristiche di resistenza, tempo medio di autoportanza e lunghezza massima di scavo stabile.

Nelle Tabella 3, Tabella 4, Tabella 5, Tabella 6 sono riportati i parametri su cui si basa la Classificazione Geomeccanica RMR di Bieniawski.

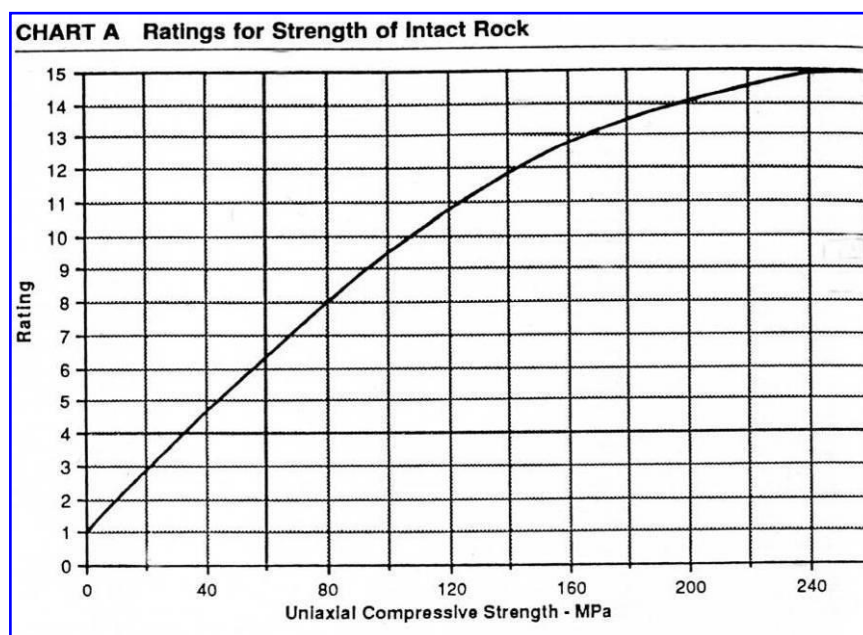


Figura 1. Classificazione RMR, punteggi relativi alla resistenza della roccia intatta (da BIENIAWSKI, 1989).

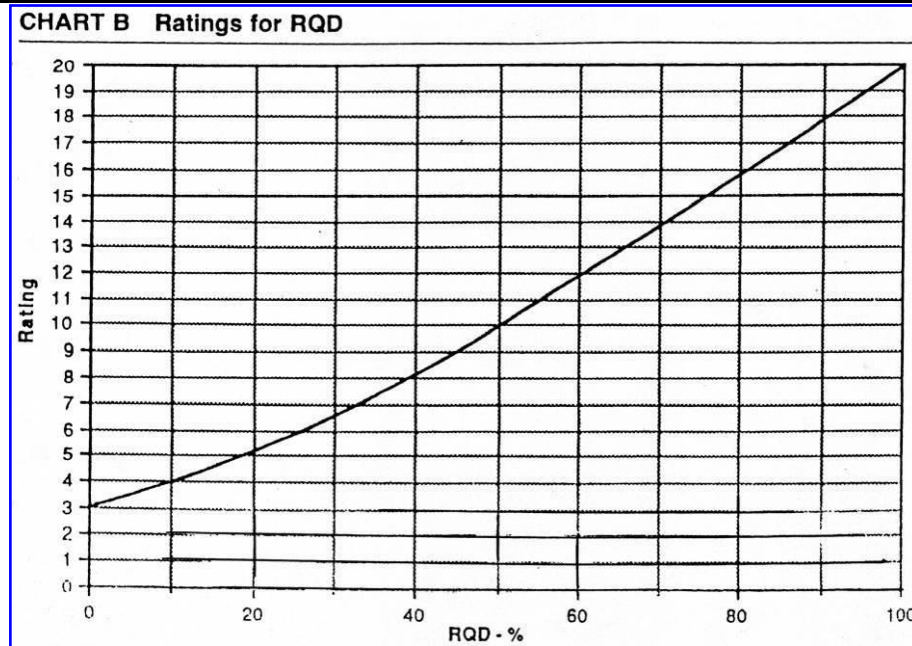


Figura 2. Classificazione RMR, punteggi relativi ad RQD (da BIENIAWSKI, 1989).

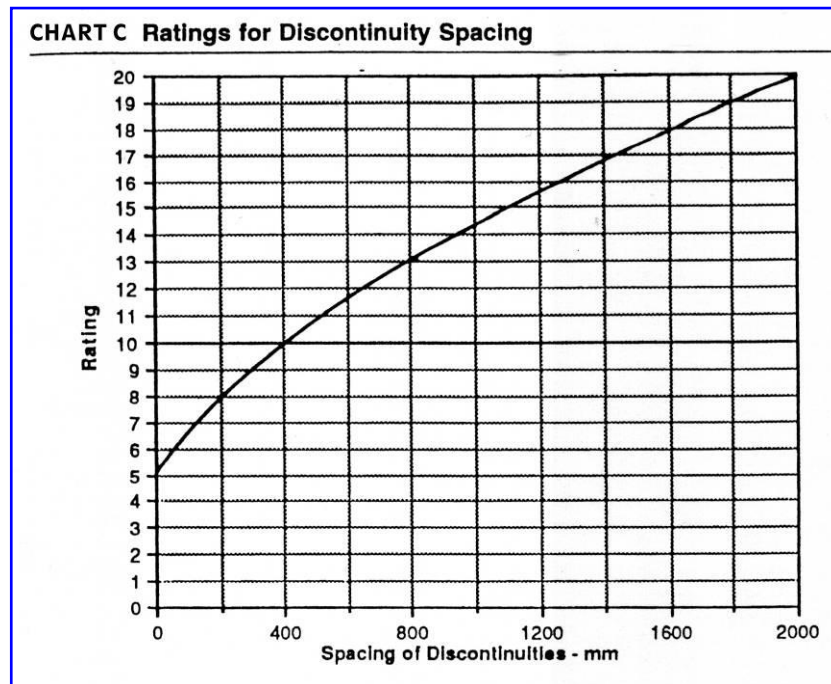


Figura 3. Classificazione RMR, punteggi relativi alla spaziatura delle discontinuità (da BIENIAWSKI, 1989).

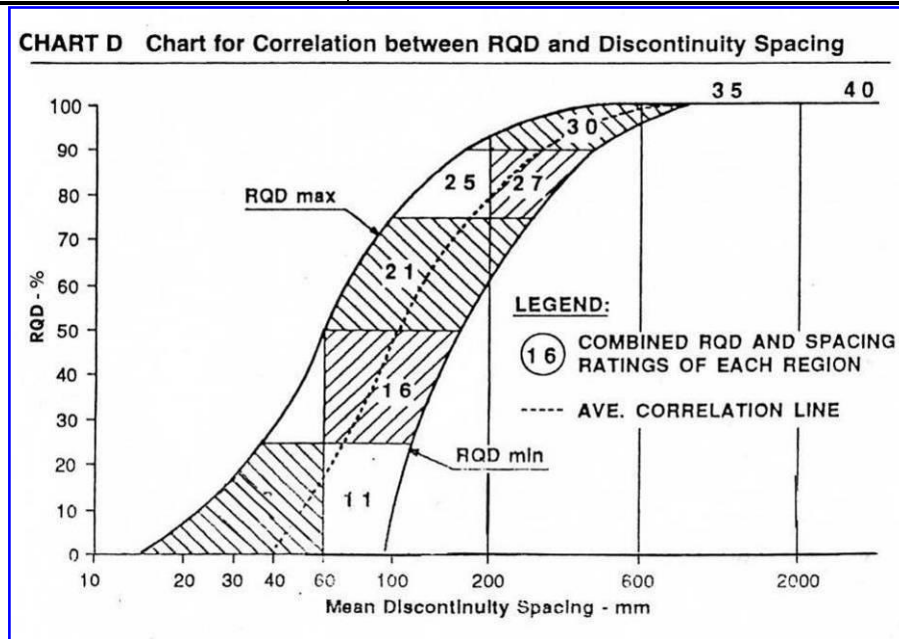


Figura 4. Classificazione RMR, punteggi relativi alla relazione tra RQD e la spaziatura delle discontinuità (da BIENIAWSKI, 1989).

**CHART E Guidelines for classification of Discontinuity Conditions**

Parameter	Ratings				
Disc. Length	< 1m	1 ÷ 3 m	3 ÷ 10 m	10 ÷ 20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Separation	None	< 0.1 mm	0.1 ÷ 1 mm	1 ÷ 5 mm	> 5 mm
	6	5	4	1	0
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slikensided
	6	5	3	1	0
Infilling	Hard filling		Soft filling		
	None	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
	6	4	2	2	0
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Mod. weathered	Highly weathered	Decomposed
	6	5	3	1	0

Figura 5. Classificazione RMR, punteggi relativi alle condizioni dei giunti (da BIENIAWSKI, 1989).



	Parametri		Intervallo di valori					preferibile la compressione
	resistenza della roccia intatta	Point load test Resist. a compress. uniass	> 10	4 ÷ 10	2 ÷ 4	1 ÷ 2	5 ÷ 25	
1		punteggio	> 250	100 ÷ 250	50 ÷ 100	25 ÷ 50	1 ÷ 5	< 1
2		RQD (%)	90 ÷ 100	75 ÷ 90	50 ÷ 75	25 ÷ 50	2	< 25
3		punteggio	20	17	13	8	3	
		spaziatura delle discontinuità (cm)	> 200	60 ÷ 200	20 ÷ 60	6 ÷ 20	< 6	
4		punteggio	20	15	10	8	5	
		condizioni delle discontinuità	sup. molto scabrose	sup. scabrose	sup. poco scabrose	sup. lisce	riemp. di argilla molle di spess. > 5 mm	
			disc. chiuse e non continue	apertura delle discontinuità < 1mm	apertura delle discontinuità < 1mm	riemp. argilloso di spess. > 5 mm		
			pareti asciutte	pareti umide	pareti bagnate	disc. persistenti	disc. persistenti	disc. persistenti
		punteggio	30	25	20	10	0	
5		venute d'acqua in 10 m di galleria	nessuna	< 10	10 ÷ 25	25 ÷ 125	> 125	
		acqua nel sottosuolo (L/min)	0	< 0.1	0.1 ÷ 0.2	0.2 ÷ 0.5		
		rapp. (press. nei giunti/tens. princ. max)						
		cond. generali della roccia	compl. asciutta	umida	bagnata	stillicidi	venute d'acqua	
		punteggio	15	10	7	4	0	

Tabella 1. Parametri della classificazione RMR e loro coefficienti numerici.

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	10 di 30

direzione ed immersione delle discontinuità		molto favorevole	favorevole	indifferente	sfavorevole	molto sfavorevole
punteggio	gallerie	0	- 2	- 5	- 10	- 12
	fondazioni	0	- 2	- 7	- 15	- 25
	frane	0	- 5	- 25	- 50	- 60

**Tabella 2. Compensazione dei coefficienti numerici in base all'orientamento dei giunti.**

somma dei punteggi (RMR)	100 ÷ 81	80 ÷ 61	60 ÷ 41	40 ÷ 21	20 ÷ 0
classe	I	II	III	IV	V
descrizione della roccia	molto buona	buona	discreta	scadente	molto scadente

**Tabella 3. Classi di roccia determinate in base alla somma dei coefficienti numerici.**

classe	I	II	III	IV	V
tempo medio di auto portanza	20 anni	1 anno	1 settimana	10 ore	30 minuti
lunghezza max di scavo stabile	15 m	10 m	5 m	2.5 m	1 m
coesione dell'ammasso (kPa)	> 400	300 ÷ 400	200 ÷ 300	100 ÷ 200	< 100
angolo d'attrito interno (°)	> 45	35 ÷ 45	25 ÷ 35	15 ÷ 35	< 15

**Tabella 4. Caratteristiche geomeccaniche delle cinque classi di ammasso.**

### 3.2 Q-System

La classificazione di Barton è stata sviluppata al Norwegian Geotechnical Institute nel 1974. Un consistente aggiornamento è stato eseguito prima nel 1993, poi nel 2002, introducendo in totale nel database quasi 2000 nuovi casi di studio. Il più recente aggiornamento, NGI 2013, riguarda invece solamente la parte relativa ai rinforzi nelle opere in sotterraneo.

La classificazione di Barton individua, tra gli altri, tre parametri fondamentali che influenzano la stabilità di un ammasso roccioso:

- Grado di fratturazione (Dimensione dei blocchi);
- Attrito lungo i giunti;
- Condizioni di stress.

Il valore di Q viene calcolato dalla:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

I valori indici sono:

1. RQD: rappresenta la sommatoria dei tratti con lunghezza superiore a 10 cm rispetto alla lunghezza totale della carota o della scanline, è espresso come percentuale rispetto alla lunghezza totale;

1 RQD (Rock Quality Designation)			RQD
A	Very poor	(> 27 joints per m <sup>3</sup> )	0-25
B	Poor	(20-27 joints per m <sup>3</sup> )	25-50
C	Fair	(13-19 joints per m <sup>3</sup> )	50-75
D	Good	(8-12 joints per m <sup>3</sup> )	75-90
E	Excellent	(0-7 joints per m <sup>3</sup> )	90-100

Note: i) Where RQD is reported or measured as ≤ 10 (including 0) the value 10 is used to evaluate the Q-value  
 ii) RQD-intervals of 5, i.e. 100, 95, 90, etc., are sufficiently accurate

**Figura 6: Valori di RQD e rispettivo numero di giunti per metro cubo.**

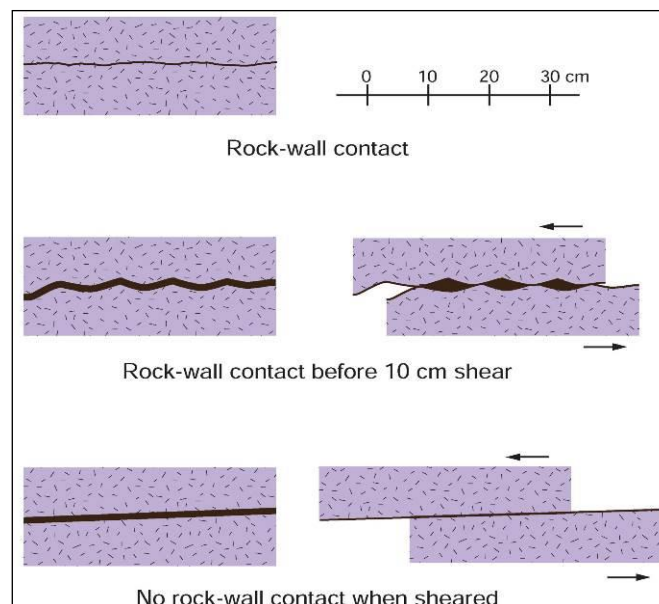
2. J<sub>n</sub> (Joint Set Number): indica il numero di famiglie di giunti presenti nell'ammasso roccioso. All'interno del conteggio devono essere considerati anche i giunti non appartenenti ad alcuna famiglia e considerati perciò *random*. Per capire meglio quali siano le principali famiglie di giunti, in funzione della loro orientazione è consigliabile plottare le giaciture dei giunti all'interno di *stereo net*, cosicché le differenti direzioni appariranno come aree a maggior concentrazione di punti nello stereogramma;

2 Joint set number		$J_n$
A	Massive, no or few joints	0,5-1,0
B	One joint set	2
C	One joint set plus random joints	3
D	Two joint sets	4
E	Two joint sets plus random joints	6
F	Three joint sets	9
G	Three joint sets plus random joints	12
H	Four or more joint sets, random heavily jointed "sugar cube", etc	15
J	Crushed rock, earth like	20

Note: i) For tunnel intersections, use  $3 \times J_n$   
 ii) For portals, use  $2 \times J_n$

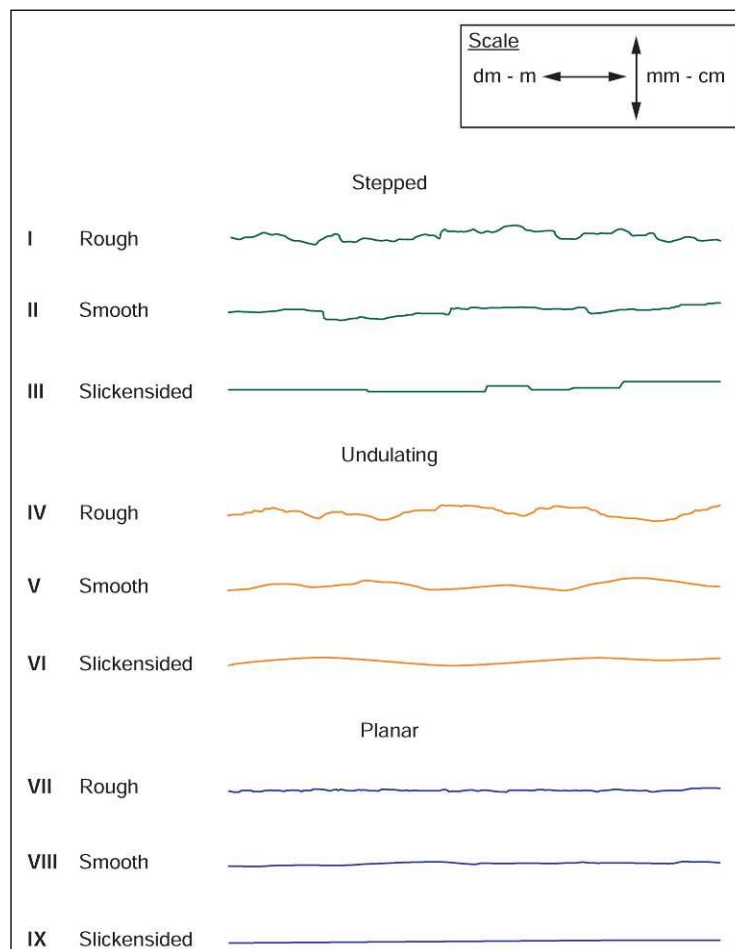
**Figura 7: Numero di famiglie di giunti e rispettive classi.**

3.  $J_r$  (Join Roughness Number): indica il grado di rugosità della famiglia più sfavorevole dal punto di vista della stabilità dell'ammasso. La rugosità deve essere stimata anche in base alla presenza e all'eventuale tipo di materiale di riempimento dei giunti, poiché, qualora le pareti del giunto non entrino in contatto tra loro durante lo scivolamento, la stima di tale parametro perde di significato (Figura 8). Per classificare i valori di rugosità (Tabella 5) di un giunto i profili ottenuti mediante il pettine di Barton devono essere confrontati con profili standard come quelli di Figura 9;



**Figura 8: Giunti con e senza contatto tra le pareti.**

3 Joint Roughness Number		$J_r$
a) Rock-wall contact, and b) Rock-wall contact before 10 cm of shear movement		
A	Discontinuous joints	4
B	Rough or irregular, undulating	3
C	Smooth, undulating	2
D	Slickensided, undulating	1.5
E	Rough, irregular, planar	1.5
F	Smooth, planar	1
G	Slickensided, planar	0.5

**Tabella 5: Valori di  $J_r$ .**

**Figura 9: Esempi di superfici di giunto con diversi valori di  $J_r$ .**

4.  $J_a$  (Join Alteration Number): indica il grado di alterazione delle fratture, determinato sulla famiglia di giunti più sfavorevole, e dipende dallo spessore e dalla natura del riempimento. I tre gruppi (Tabella 6) in

cui si classifica il riempimento dei giunti si basano sullo spessore e sul grado di contatto tra le pareti durante lo scorrimento lungo i piani di scivolamento. In Tabella 6 è indicato anche un valore approssimato dell'angolo di attrito  $\Phi$  in funzione del grado di alterazione del giunto;

4 Joint Alteration Number		$\Phi_r$ approx.	$J_a$
<b>a) Rock-wall contact (no mineral fillings, only coatings)</b>			
A	Tightly healed, hard, non-softening, impermeable filling, i.e., quartz or epidote.		0.75
B	Unaltered joint walls, surface staining only.	25-35°	1
C	Slightly altered joint walls. Non-softening mineral coatings; sandy particles, clay-free disintegrated rock, etc.	25-30°	2
D	Silty or sandy clay coatings, small clay fraction (non-softening).	20-25°	3
E	Softening or low friction clay mineral coatings, i.e., kaolinite or mica. Also chlorite, talc gypsum, graphite, etc., and small quantities of swelling clays.	8-16°	4
<b>b) Rock-wall contact before 10 cm shear (thin mineral fillings)</b>			
F	Sandy particles, clay-free disintegrated rock, etc.	25-30°	4
G	Strongly over-consolidated, non-softening, clay mineral fillings (continuous, but <5mm thickness).	16-24°	6
H	Medium or low over-consolidation, softening, clay mineral fillings (continuous, but <5mm thickness).	12-16°	8
J	Swelling-clay fillings, i.e., montmorillonite (continuous, but <5mm thickness). Value of $J_a$ depends on percent of swelling clay-size particles.	6-12°	8-12
<b>c) No rock-wall contact when sheared (thick mineral fillings)</b>			
K	Zones or bands of disintegrated or crushed rock. Strongly over-consolidated.	16-24°	6
L	Zones or bands of clay, disintegrated or crushed rock. Medium or low over-consolidation or softening fillings.	12-16°	8
M	Zones or bands of clay, disintegrated or crushed rock. Swelling clay. $J_a$ depends on percent of swelling clay-size particles.	6-12°	8-12
N	Thick continuous zones or bands of clay. Strongly over-consolidated.	12-16°	10
O	Thick, continuous zones or bands of clay. Medium to low over-consolidation.	12-16°	13
P	Thick, continuous zones or bands with clay. Swelling clay. $J_a$ depends on percent of swelling clay-size particles.	6-12°	13-20

**Tabella 6: Valori di  $J_a$ .**

5.  $J_w$  (Join Water Number): indica le condizioni idrogeologiche dell'ammasso. Questo parametro risulta molto importante poiché l'acqua che circola nei giunti può ammorbidire o dilavare il riempimento minerale e ridurre, di conseguenza, l'attrito lungo le pareti del giunto. Inoltre l'acqua può ridurre lo stress normale alle pareti del giunto favorendo lo scorrimento relativo tra due blocchi. In Tabella 7 sono riportati i coefficienti di  $J_w$  relativi alle diverse condizioni idrogeologiche identificate nell'ammasso roccioso;

5 Joint Water Reduction Factor		$J_w$
A	Dry excavations or minor inflow ( humid or a few drips)	1.0
B	Medium inflow, occasional outwash of joint fillings (many drips/"rain")	0.66
C	Jet inflow or high pressure in competent rock with unfilled joints	0.5
D	Large inflow or high pressure, considerable outwash of joint fillings	0.33
E	Exceptionally high inflow or water pressure decaying with time. Causes outwash of material and perhaps cave in	0.2-0.1
F	Exceptionally high inflow or water pressure continuing without noticeable decay. Causes outwash of material and perhaps cave in	0.1-0.05
Note: i) Factors C to F are crude estimates. Increase $J_w$ if the rock is drained or grouting is carried out ii) Special problems caused by ice formation are not considered		

**Tabella 7: Valori di  $J_w$** 

6. SRF (Stress Reduction Factor): descrive la relazione che intercorre tra stress e resistenza in un ammasso roccioso; in generale è di complessa definizione: è funzione dello stato tensionale in rocce massive o del disturbo tettonico. Può essere valutato, in special modo, con riferimento alle opere in sotterraneo, come rapporto tra la resistenza a compressione uniassiale e lo stress principale maggiore. Si possono distinguere 4 situazioni di stress principale (a, b, c, d) così come indicato in Tabella 8.



6 Stress Reduction Factor				SRF
<b>a) Weak zones intersecting the underground opening, which may cause loosening of rock mass</b>				
A	Multiple occurrences of weak zones within a short section containing clay or chemically disintegrated, very loose surrounding rock (any depth), or long sections with incompetent (weak) rock (any depth). For squeezing, see 6L and 6M			10
B	Multiple shear zones within a short section in competent clay-free rock with loose surrounding rock (any depth)			7.5
C	Single weak zones with or without clay or chemical disintegrated rock (depth $\leq$ 50m)			5
D	Loose, open joints, heavily jointed or "sugar cube", etc. (any depth)			5
E	Single weak zones with or without clay or chemical disintegrated rock (depth > 50m)			2.5
Note: i) Reduce these values of SRF by 25-50% if the weak zones only influence but do not intersect the underground opening				
<b>b) Competent, mainly massive rock, stress problems</b>				
		$\sigma_c / \sigma_1$	$\sigma_1 / \sigma_c$	SRF
F	Low stress, near surface, open joints	>200	<0.01	2.5
G	Medium stress, favourable stress condition	200-10	0.01-0.3	1
H	High stress, very tight structure. Usually favourable to stability. May also be unfavourable to stability dependent on the orientation of stresses compared to jointing/weakness planes*	10-5	0.3-0.4	0.5-2 2-5*
J	Moderate spalling and/or slabbing after > 1 hour in massive rock	5-3	0.5-0.65	5-50
K	Spalling or rock burst after a few minutes in massive rock	3-2	0.65-1	50-200
L	Heavy rock burst and immediate dynamic deformation in massive rock	<2	>1	200-400
Note: ii) For strongly anisotropic virgin stress field (if measured): when $5 \leq \sigma_1 / \sigma_3 \leq 10$ , reduce $\sigma_c$ to $0.75 \sigma_c$ . When $\sigma_1 / \sigma_3 > 10$ , reduce $\sigma_c$ to $0.5 \sigma_c$ , where $\sigma_c$ = unconfined compression strength, $\sigma_1$ and $\sigma_3$ are the major and minor principal stresses, and $\sigma_{\theta}$ = maximum tangential stress (estimated from elastic theory)				
iii) When the depth of the crown below the surface is less than the span: suggest SRF increase from 2.5 to 5 for such cases (see F)				
<b>c) Squeezing rock: plastic deformation in incompetent rock under the influence of high pressure</b>				
		$\sigma_1 / \sigma_c$		SRF
M	Mild squeezing rock pressure	1-5		5-10
N	Heavy squeezing rock pressure	>5		10-20
Note: iv) Determination of squeezing rock conditions must be made according to relevant literature (i.e. Singh et al., 1992 and Bhasin and Grimstad, 1996)				
<b>d) Swelling rock: chemical swelling activity depending on the presence of water</b>				SRF
O	Mild swelling rock pressure			5-10
P	Heavy swelling rock pressure			10-15

**Tabella 8: Valori di SRF**

Nell'equazione del Q il primo quoziente ( $RQD/J_n$ ) è rappresentativo della dimensione dei blocchi isolati dai sistemi fratturativi, il secondo ( $J_r/J_a$ ) è rappresentativo delle resistenza d'attrito disponibile al contatto tra i blocchi



e il terzo ( $J_w/SRF$ ) tiene conto dell'influenza della circolazione d'acqua nell'ammasso e dello stato tensionale al contorno.

### 3.2.1 Resistenza dei giunti – modello Barton

Attraverso questo modello è possibile effettuare una stima della resistenza al taglio della discontinuità. Tale resistenza è funzione di:

$\sigma$  = livello della tensione normale agente;

$\phi_b$  = angolo di attrito del materiale su cui avviene lo scivolamento (senza asperità);

$i$  = angolo effettivo delle asperità.

E si esprime mediante la relazione:

$$\tau = \sigma \cdot \tan(\phi_b + i)$$

Data la difficoltà di misurare l'angolo delle rugosità "i" in una discontinuità reale, Barton (1973) ha proposto di sostituire tale angolo con il parametro JRC attraverso l'equazione:

$$\tau = \sigma \cdot \tan\left(\phi_b + JRC \log \frac{\sigma_c}{\sigma}\right)$$

Dove:

$\sigma_c$  = resistenza alla compressione monoassiale della roccia intatta;

$\sigma$  = tensione normale.

Per poter tenere conto del grado di alterazione delle pareti del giunto, Barton ha proposto di sostituire il valore  $\sigma$  con il parametro JCS (Coefficiente di resistenza del giunto) determinabile attraverso l'esecuzione di prove sclerometriche sulle pareti del giunto.

Se il valore della tensione normale è molto basso o nullo, il termine logaritmico tende all'infinito e la relazione perde di validità. In questo caso il valore massimo della parte di equazione sotto parentesi deve assumere un valore pari a  $70^\circ$ .

Il campo di validità per i valori  $JCS/\sigma$  è compreso tra 3 e 100. Per livelli tensionali molto alti ( $JCS/\sigma = 1$ ) le asperità vengono tagliate e ci si riconduce all'equazione:

$$\tau = \sigma \tan \phi$$

### 3.2.2 Scelta dei parametri

Il valore dell'angolo di attrito di base da utilizzare nelle relazioni di Barton, dovrebbe essere determinato da prove di taglio eseguite su provini di roccia aventi superfici lisce.

In mancanza di tali prove, una stima di  $\phi_b$ , si può avere utilizzando i valori proposti da Barton o desunti da bibliografia.

Roccia	phi di base
Conglomerato	35
Arenaria	26 - 35
Arenaria flyshoide	27 - 30
Calccare	31 - 37
Calccare microcristallino	37 - 41
Marna	28 - 31
Marna scagliosa	31 - 33
Siltite	31 - 33
Argillite	27
Basalto	35 - 38
Granito a grana fine	31 - 35
Granito a grana grossa	31 - 35
Porfirite	31
Dolerite	36
Anfibolite	32
Gneiss	26 - 29
Calcescisti	29 - 33
Argilloscisti	26 - 30
Scisti	25 - 30

**Tabella 9 - valori di  $\phi_b$  proposti da Barton per diversi tipi di materiale**

Il valore di JRC può essere determinato mediante i profili standard di Barton, il valore del parametro JCS è ottenuto attraverso prove sclerometriche effettuate in sito (martello di Schmidt).

### 3.3 Il criterio di rottura di HOEK & BROWN

Il criterio di rottura di Hoek-Brown generalizzato per gli ammassi rocciosi (Hoek - Brown Failure Criterion, 2002 edition) rappresenta un involucro di rottura curvo che, al contrario del classico criterio di Mohr-Coulomb utilizzato nell'ambito della meccanica delle terre, non può essere descritto da una coppia di parametri (coesione ed angolo d'attrito) nel piano sforzo normale-sforzo di taglio.

La formulazione originale prevede la descrizione dell'involucro di rottura nel piano degli sforzi principali:

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

$\sigma_{ci}$  indica la resistenza a compressione uniaassiale del materiale intatto;

$m_b$ ,  $s$  ed  $a$  sono costanti che caratterizzano l'ammasso roccioso.

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	19 di 30

Per quanto riguarda le costanti  $m_b$ ,  $s$  ed  $a$ , Hoek, Carranza-Torres e Corkum (2002) hanno proposto le seguenti relazioni con l'indice GSI:

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right);$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right);$$

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

in cui  $m_i$  è una costante che caratterizza il materiale roccioso, determinata mediante prove triassiali di laboratorio o stimata dai dati di letteratura. Per la valutazione del parametro  $m_i$  si può inoltre fare riferimento alla seguente relazione essendo disponibili prove di trazione indiretta ("Brasiliana"):

$$m_i \approx \sigma_c / \sigma_t$$

$\sigma_t$  indica la resistenza alla trazione indiretta

$\sigma_c$  indica la resistenza a compressione uniassiale del materiale intatto

### 3.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Sono state eseguite e successivamente elaborate 8 stazioni geomeccaniche tradizionali, ubicate lungo il colle del Virgolo ed in ragione dell'assetto litostratigrafico e tettonico.

Per i dettagli sui dati geologici e geomeccanici raccolti in sito si faccia riferimento alle schede riportate nel rapporto sulle stazioni geomeccaniche (elaborato NB1D01D69RHGE0005003A), secondo la seguente Tabella 10.

Unità geomeccaniche	Formazioni geologiche	Waypoint Geomeccanica
Ignimbriti	Ignimbriti di Ora (ORA)	WP1483, WP1485, WP1486, WP1488
Ignimbriti	Ignimbriti di Gries (IGR)	WP1478, WP1504, WP1505, WP1506,

**Tabella 10. Quadro di riferimento dei rilevamenti geomeccanici.**

I parametri per il calcolo degli indici di classificazione geomeccanica sono stati valutati per ognuna delle stazioni di rilevamento (WP).

I risultati delle classificazioni geomeccaniche sono riportati in Tabella 11 e Tabella 12 ed in forma grafica in Figura 11 e Figura 12.

I valori di  $Q$  sono calcolati in riferimento a un SRF pari a 2.5 in considerazione del fatto che gli ammassi rocciosi analizzati si trovano sulla superficie topografica.

I valori di GSI sono quelli stimati in campagna nel corso dei rilievi di terreno mediante gli abachi di riferimento.

Le ubicazioni delle stazioni di rilevamento geomeccanico sono riportate in Figura 10.

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	20 di 30

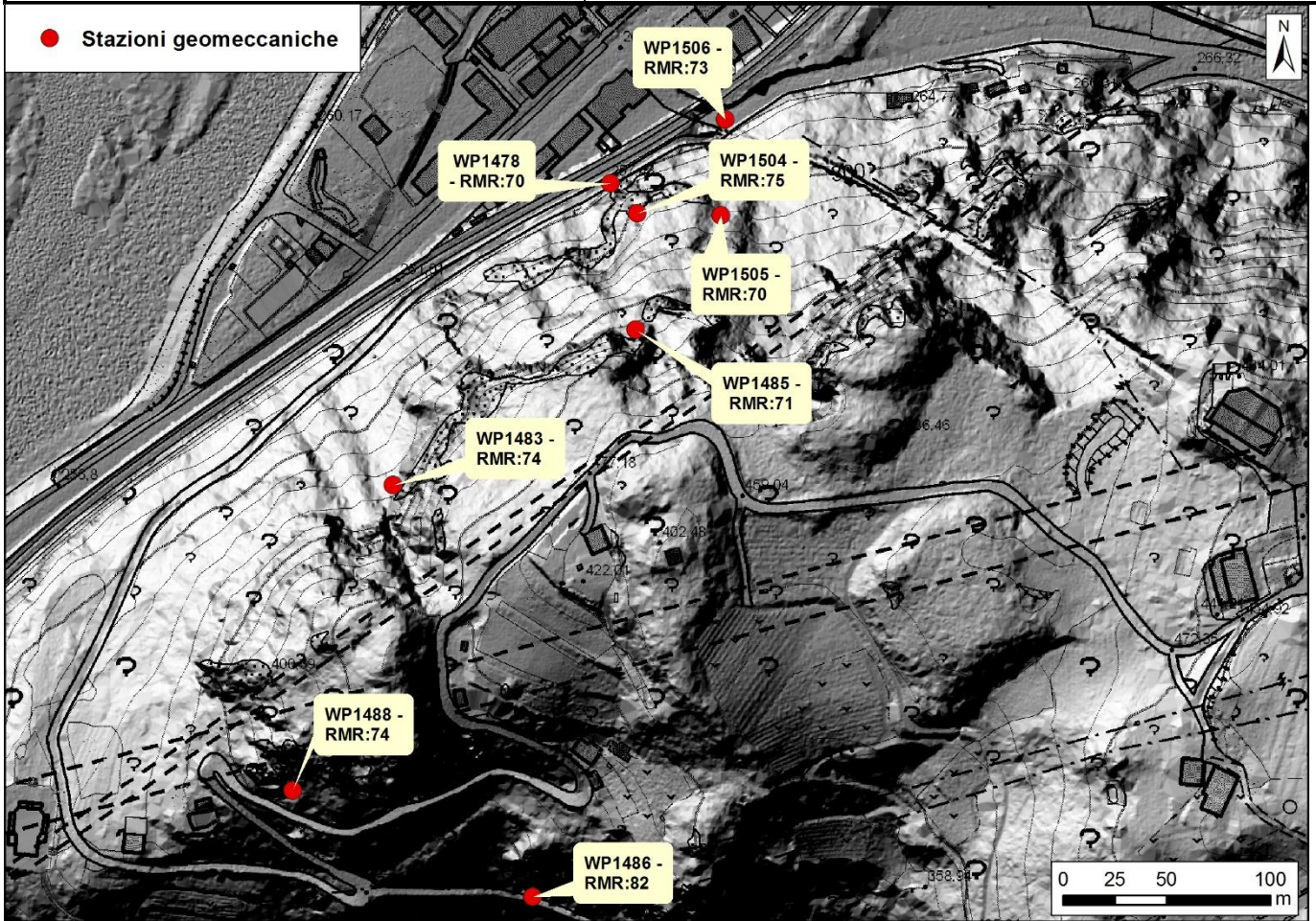


Figura 10. Ubicazione delle stazioni geomeccaniche eseguite con il rispettivo valore di RMR.

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	21 di 30

Ignimibriti - IGR								
	RMR	Classe RMR	Q	Classe Q	GSI min	GSI med	GSI max	Copertura (m)
WP1478	70	II - Buona	7.2	V - Mediocre	50	55	60	0
WP1504	75	II - Buona	10	IV - Buona	75	80	85	39
WP1505	70	II - Buona	8.5	V - Mediocre	50	55	60	47
WP1506	73	II - Buona	9.5	IV - Buona	65	70	75	0

Tabella 11. Classificazioni geomeccaniche per l'unità ignimbratica di Gries (IGR).

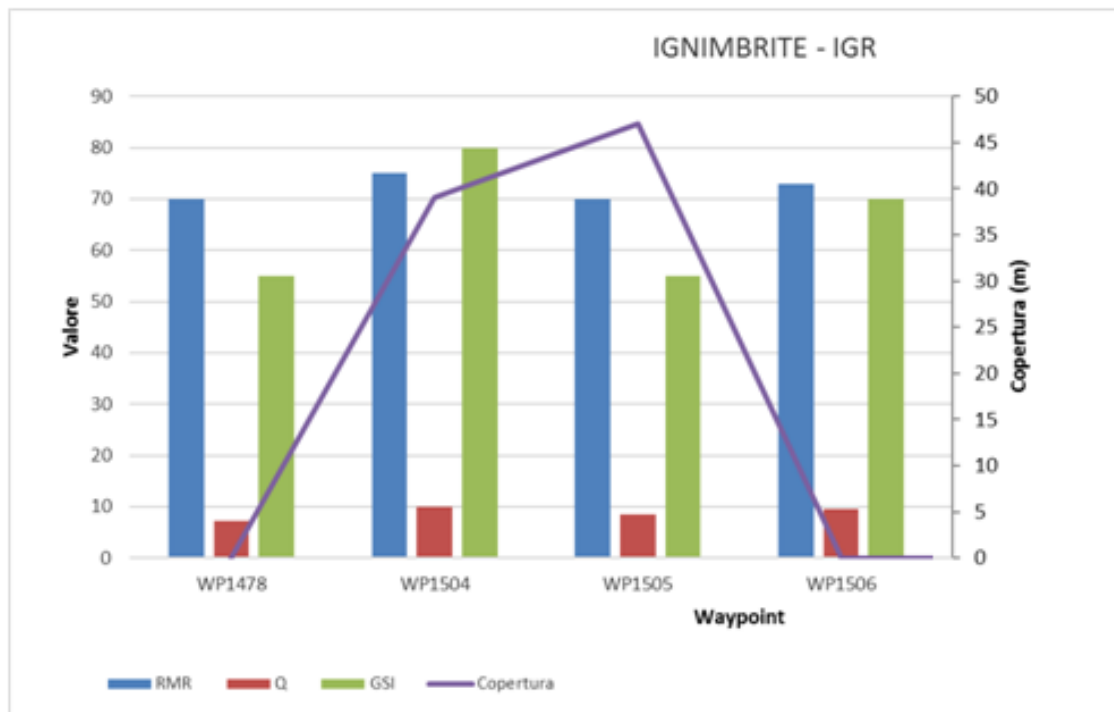
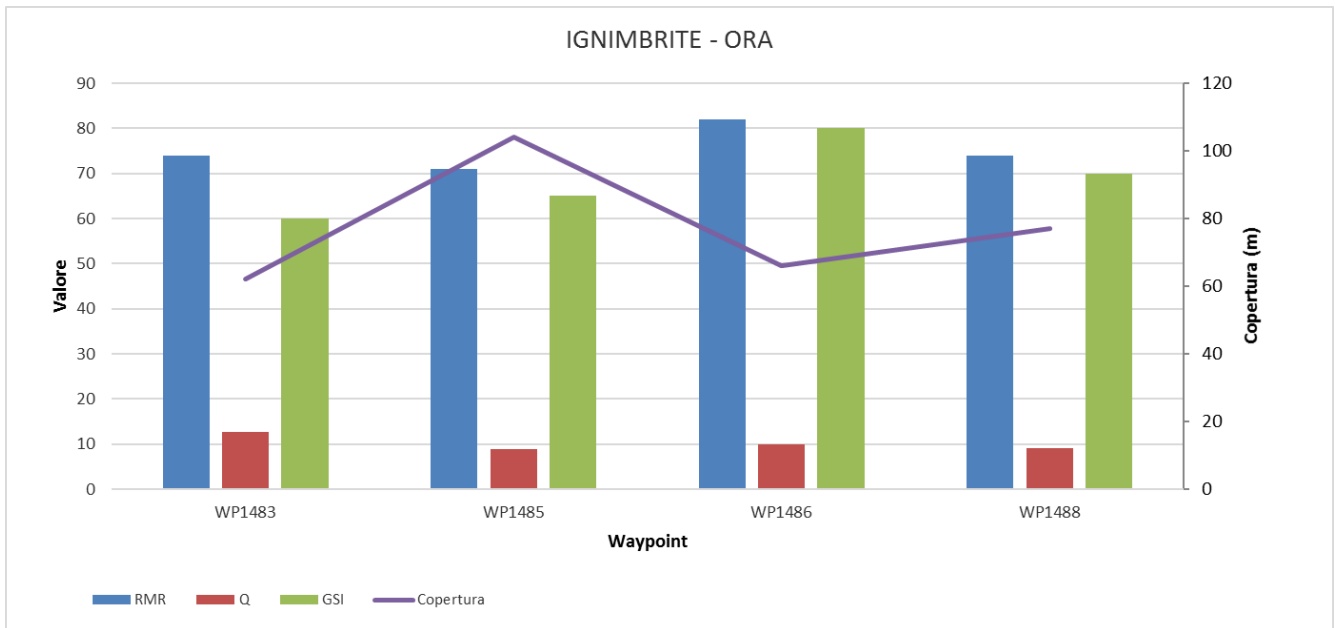


Figura 11. Grafico delle classificazioni geomeccaniche per l'unità ignimbratica di Gries (IGR).

Ignimibriti - ORA								
	RMR	Classe RMR	Q	Classe Q	GSI min	GSI med	GSI max	Copertura (m)
WP1483	74	II - Buona	12.7	IV -Buona	55	60	65	62
WP1485	71	II - Buona	8.9	V - Mediocre	60	65	70	104
WP1486	82	I - Molto buona	10	IV -Buona	75	80	85	66
WP1488	74	II - Buona	9	V - Mediocre	65	70	75	77

**Tabella 12. Classificazioni geomeccaniche dell'unità ignimibritica di Ora (ORA).**



**Figura 12. Grafico delle classificazioni geomeccaniche per l'unità ignimibritica di Ora (ORA).**

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	23 di 30

**STAZIONE GEOMECCANICA:**
**WP1478**

Località: Bolzano

Data: 08/01/2019

Orientazione parete:

-

(azimuth)

(dip)

Litotipo:

IGR

**CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO**
**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)**

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	<b>90%</b>	
Numero famiglie di giunti	Jn	<b>15</b>	
Scabrezza del giunto	Jr	<b>3</b>	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	<b>1</b>	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	<b>1</b>	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	<b>2.5</b>	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = \mathbf{7.2}$$

**Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)**

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

61.8

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

43.8

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

43.8

**Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)**

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

54.6

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)**

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	<b>7</b>	
Rock quality designation (RQD)	R2	<b>20</b>	
Spaziatura giunti	R3	<b>10</b>	
Condizione giunti	R4	<b>18</b>	
Condizioni idrauliche	R5	<b>15</b>	
Orientazione delle discontinuità	R6		

$$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(base)$$

70

**Figura 13. Scheda classificazione ammasso roccioso WP1478.**





LINEA BOLZANO – MERANO  
 REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI  
 SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	24 di 30

**STAZIONE GEOMECCANICA:**

**WP1483**

Località: Bolzano

Data: 09/01/2019

Orientazione parete:

	(azimuth)
-	(dip)

Litotipo:

ORA

### CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO

#### CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	95%	
Numero famiglie di giunti	Jn	9.0	
Scabrezza del giunto	Jr	3.0	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1.0	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1.0	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = \mathbf{12.7}$$

#### Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

$$66.9$$

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

$$48.9$$

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

$$48.9$$

#### Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

$$\mathbf{57.9}$$

#### CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	11	
Rock quality designation (RQD)	R2	20	
Spaziatura giunti	R3	10	
Condizione giunti	R4	18	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6		

$$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(base)$$

$$\mathbf{74}$$

Figura 14. Scheda classificazione ammasso roccioso WP1483.



Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	25 di 30

**STAZIONE GEOMECCANICA:**
**WP1485**

Località: Bolzano

Data: 09/01/2019

Orientazione parete:

	(azimuth)
-	(dip)

Litotipo:

ORA
-----

**CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO**
**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)**

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	100%	
Numero famiglie di giunti	Jn	9	
Scabrezza del giunto	Jr	2	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = \mathbf{8.9}$$

**Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)**

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

63.7
------

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

45.7
------

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

45.7
------

**Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)**

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

55.8
------

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)**

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	8	
Rock quality designation (RQD)	R2	20	
Spaziatura giunti	R3	10	
Condizione giunti	R4	18	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6		

$$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(base)$$

71
----

**Figura 15. Scheda classificazione ammasso roccioso WP1485.**

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	26 di 30

## STAZIONE GEOMECCANICA:

**WP1486**

Località: Bolzano

Data: 09/01/2019

Orientazione parete:

(azimuth)  
 (dip)

Litotipo:

ORA

## CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

### CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	100%	
Numero famiglie di giunti	Jn	6	
Scabrezza del giunto	Jr	1.5	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = 10$$

### Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

64.7

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

46.7

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

46.7

### Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

56.5

### CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	10	
Rock quality designation (RQD)	R2	20	
Spaziatura giunti	R3	14	
Condizione giunti	R4	23	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(base)$$

82

Figura 16. Scheda classificazione ammasso roccioso WP1486.

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	27 di 30

**STAZIONE GEOMECCANICA:**
**WP1488**

Località: Bolzano

Data: 09/01/2019

Orientazione parete:

	(azimuth)
-	(dip)

Litotipo:

ORA

**CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO**
**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)**

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	90%	
Numero famiglie di giunti	Jn	12	
Scabrezza del giunto	Jr	3	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = \mathbf{9}$$

**Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)**

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

63.8

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

45.8

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

45.8

**Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)**

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

55.9

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)**

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	10	
Rock quality designation (RQD)	R2	19	
Spaziatura giunti	R3	9	
Condizione giunti	R4	21	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(base)$$

74

**Figura 17. Scheda classificazione ammasso roccioso WP1488.**

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	28 di 30

**STAZIONE GEOMECCANICA:**
**WP1504**

Località: Bolzano

Data: 10/01/2019

Orientazione parete:

	(azimuth)
-	(dip)

Litotipo:

IGR
-----

**CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO**
**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)**

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	100%	
Numero famiglie di giunti	Jn	12	
Scabrezza del giunto	Jr	3	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = \mathbf{10}$$

**Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)**

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

64.7
------

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

46.7
------

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

46.7
------

**Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)**

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

56.5
------

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)**

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	8	
Rock quality designation (RQD)	R2	20	
Spaziatura giunti	R3	11	
Condizione giunti	R4	21	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(base)$$

75
----

**Figura 18. Scheda classificazione ammasso roccioso WP1504.**

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	29 di 30

**STAZIONE GEOMECCANICA:**
**WP1505**

Località: Bolzano

Data: 10/01/2019

Orientazione parete:

	(azimuth)
-	(dip)

Litotipo:

IGR
-----

**CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO**
**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)**

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	85%	
Numero famiglie di giunti	Jn	12	
Scabrezza del giunto	Jr	3	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = \mathbf{8.5}$$

**Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)**

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

63.3
------

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

45.3
------

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

45.3
------

**Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)**

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

55.5
------

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)**

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	8	
Rock quality designation (RQD)	R2	18	
Spaziatura giunti	R3	9	
Condizione giunti	R4	20	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(base)$$

70
----

**Figura 19. Scheda classificazione ammasso roccioso WP1505.**

Relazione sulle stazioni geomeccaniche tradizionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D69RH	GE0001002	A	30 di 30

**STAZIONE GEOMECCANICA:**
**WP1506**

Località: Bolzano

Data: 08/01/2019

Orientazione parete:

	(azimuth)
-	(dip)

Litotipo:

IGR

**CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO**
**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)**

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	95%	
Numero famiglie di giunti	Jn	6	
Scabrezza del giunto	Jr	2	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = \mathbf{9.5}$$

**Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)**

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

64.3

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

46.3

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

46.3

**Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)**

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

56.2

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)**

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	8	
Rock quality designation (RQD)	R2	20	
Spaziatura giunti	R3	10	
Condizione giunti	R4	20	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(base)$$

73

**Figura 20. Scheda classificazione ammasso roccioso WP1506.**