



COMUNE DI GALLIPOLI
Provincia di Lecce



Cava di carparo ubicata in Località "Mater Gratie" Comune di Gallipoli (LE)
F° 12 part.lle 10, 11, 69.

IL TECNICO	dott. geol. Luca ORLANDUCCI
COMMITTENTE PROPRIETA' AREA	DITTA MARIO MAURO GRJM S.R.L.
UBICAZIONE DATI CATASTALI	Gallipoli (LE) Loc. "Mater Gratie" F° 12 – part.lle 10; 11; 69

**PROGETTO DI MESSA IN SICUREZZA E RIPRISTINO DELLO STATO DEI LUOGHI DELLA
CAVA DI CARPARO SITA IN LOCALITÀ "MATER GRATIE" AREA 2 – SITO B**
RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA

Riferimento:

| Data: FEBBRAIO 2025

| Aggiornamento:



PREMESSA

Per incarico della ditta Mario Mauro si redige la presente relazione geologica-idrogeologica frutto dei rilievi ed indagini c/o una cava di calcarenite sita in località "Mater Gratie" del Comune di Gallipoli (LE) al Foglio 12 part. lle 10, 11 e 69 in parte.

A partire dai dati scaturiti dall'indagine è stato possibile la ricostruzione del modello geologico dell'area oltre al modello idrogeologico in termini di quota di attestazione della falda al di sotto del piano campagna.

I dati a disposizione hanno consentito di elaborare un modello geologico oltre alla determinazione di parametri fisico-meccanici del substrato ed idrogeologici della cava oggetto di messa in sicurezza.

Il presente studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente: D.M. 17 gennaio 2018 "*Norme tecniche per le costruzioni*"; CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP; D.M. 11/031988, art B5 e Delib. G.R. 6320/89 art. 2.24.

Tav.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI IN OGGETTO



1. SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Così come è evidente dalle pareti di sbancamento nell'intera cava, **il litotipo è costituito da calcareniti bioclastiche a grana media denominate localmente “carparo”** e sul piano campagna sormontati da una sottile copertura di terreno eluvio-colluviale dello spessore decimetrico.

La scelta dei parametri fisico-meccanici presi in considerazione per la verifica della stabilità dei fronti di scavo, è stata fatta considerando i parametri più conservativi, e quindi inserendo nei codici di calcolo, le caratteristiche peggiori, calcolate dal rilievo strutturale dell'ammasso roccioso e dalle prove di laboratorio.

L'assetto stratigrafico dell'area di interesse è caratterizzato, dalla presenza di una potente successione di rocce calcarenitiche Plio-Pleistoceniche.

Il rilevamento geologico di superficie ha consentito di ricostruire la successione litostratigrafica dei terreni presenti all'interno della cava, e riportate nelle pagine seguenti.

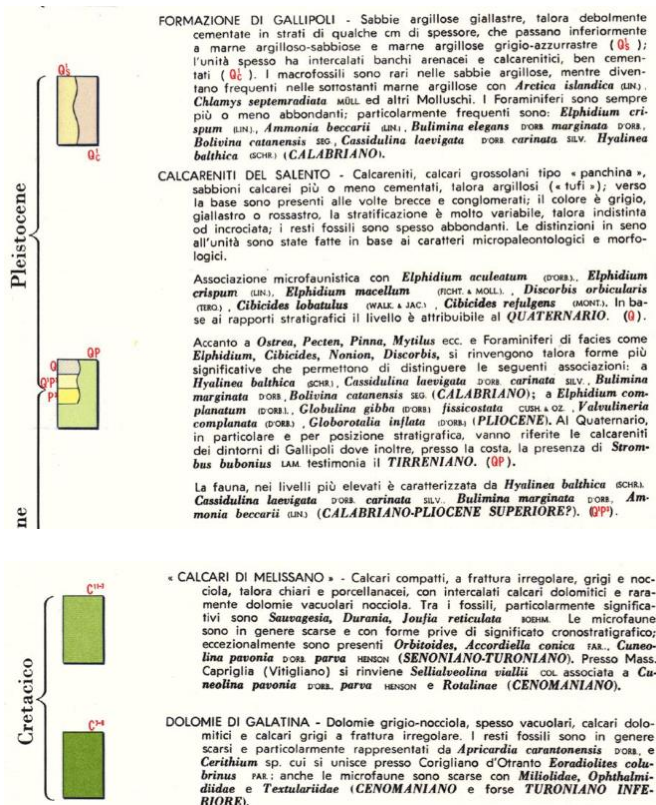
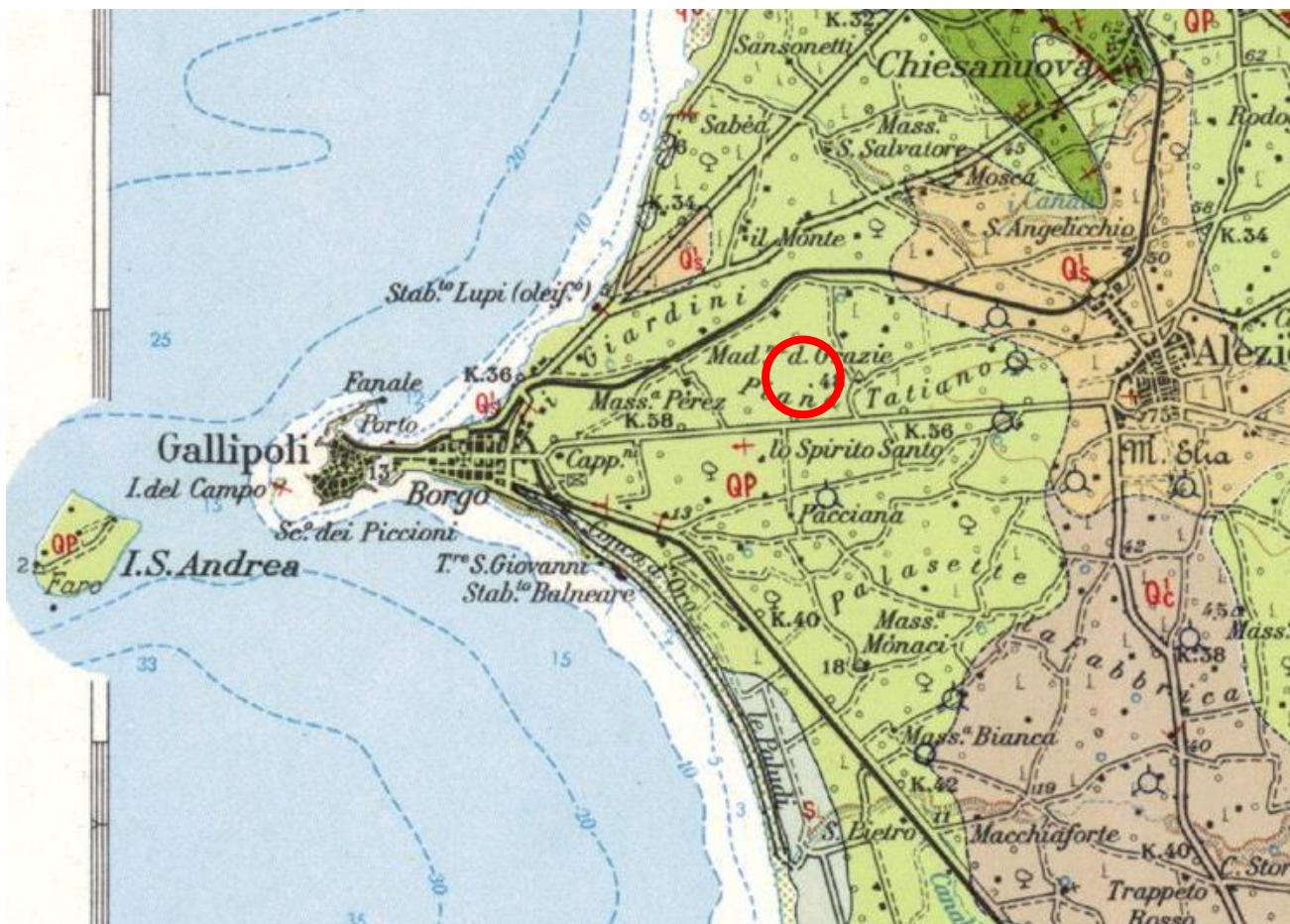




Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4

Tav.2 punti di presa delle foto



 Punto di presa

2. ·INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'andamento geologico del territorio in cui ricade la cava in oggetto, è caratterizzato dalla presenza in affioramento unicamente da facies riferibili al pliocene superiore-Pleistocene. Tali sedimenti sono trasgressivi sui calcari mesozoici ascritti alla formazione dei Calcari di Melissano che non affiorano nell'area di intervento, ma si rinvencono ad oltre 100 m di profondità. Si rinvencono invece estesamente più a nord, nella porzione topograficamente più elevata e più interna del territorio dove presentano un assetto strutturale a pieghe molto ampie.

Vari fenomeni plicativi e disgiuntivi con gli assi disposti in direzione NNW-SSE hanno interessato tali depositi calcarei del Cretaceo. Solo marginalmente ed in fasi successive di assestamento del territorio, tali fenomeni, hanno interessato i terreni Plio-pleistocenici più recenti ascritti alle Calcareniti del Salento, ed alla Formazione di Gallipoli.

A Nord-Est e ad Est dell'abitato di Gallipoli e quindi nell'area di nostro interesse, affiorano dei depositi calcarenitici passanti a sabbie calcaree limose-giallastre e limi argillosi.

Sul lato sud della Serra di San Mauro lungo il contatto tettonico che delimita l'affioramento dei calcari, si osservano delle calcareniti e delle sabbie calcaree limo-argillose di colore nocciola, ascritte alla Formazione di Gallipoli (Q^{1s}/Q^{1c}). A tale formazione appartengono i depositi più recenti rappresentati da sabbie calcaree limose contenenti anche granuli di quarzo debolmente cementate in straterelli di arenaria nocciola di forma irregolare, ma con superfici arrotondate dello spessore di pochi centimetri. Intercalate a questi litotipi si ritrovano anche dei livelli di calcareniti più o meno cementate.

Sono depositi irregolari che presentano segni di stratificazione incrociata e sono quasi privi di macrofossili.

Sabbie fini limo-argillose grigio-nerastre e con una percentuale limosa maggiore verso il basso (talvolta presentano livelli ricchi di macrofossili), costituiscono il termine di passaggio con le marne argillose presenti in profondità.

Sia le sabbie che le marne possono essere sostituite parzialmente o totalmente (in eteropia di facies), da calcareniti ed arenarie ben cementate.

La formazione delle Calcareniti del Salento (Q/P) occupa per intero l'area rilevata. E' rappresentata da depositi molto eterogenei, con granulometria e colore variabile,

rappresentati da calcareniti cementate in modo irregolare e che raramente si presentano stratificate. Di colore in genere nocciola-giallastro si associano spesso a sabbioni calcarei parzialmente cementati ed a stratificazione indistinta.

Tali sedimenti nella facies carbonatica, sono definiti in modo improprio "tufi" e di essi non è possibile fare, in base ai caratteri litologici, alcuna distinzione cartografabile. Nella facies calcarenitica, è possibile distinguere due livelli che talvolta sono separati dalla Formazione di Gallipoli.

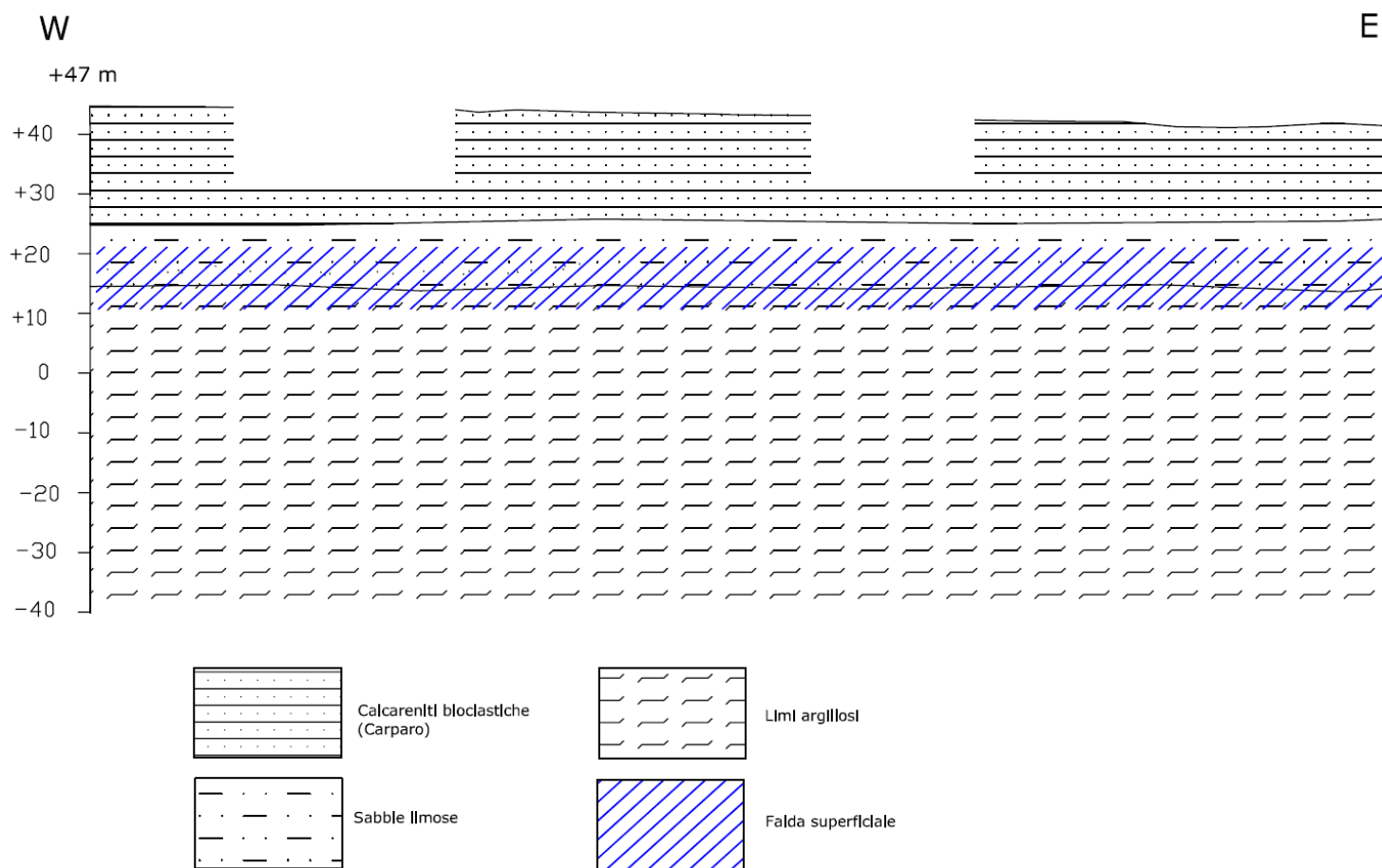
Tali livelli non sono delimitabili sul terreno mancando una esposizione della parte marnoso-argillosa.

Gli affioramenti calcarenitici sono di modesta estensione e poiché l'unità ha litotipi con caratteri che si alternano in modo irregolare è difficile riconoscere l'esatta posizione stratigrafica dei singoli lembi.

I sedimenti ascritti alle Calcareniti del Salento ed alla Formazione di Gallipoli, sono parzialmente coevi, per cui nella zona esistono delle eteropie con passaggi laterali da una unità all'altra, il banco calcarenitico mostra spessori al più di qualche metro, nel centro e più ad Ovest dell'abitato di Gallipoli, si contrappone uno spessore dello stesso che raggiunge spessori di 20 m spostandosi più ad Est, e quindi nella cava rilevata, a queste calcareniti in tutti i casi segue una successione di sabbie prima e poi limi e limi argillosi grigio-azzurri con spessori che superano anche i 100 m.

Il rapporto stratigrafico di questa formazione con quella più antica sottostante: Calcari di Melissano (C¹¹⁻⁷), è discordante e tra esse esiste una grossa lacuna stratigrafica. La formazione cretacea è rappresentata da calcari bianchi e nocciola a frattura irregolare, talora porcellanacei e di colore più chiaro. Verso il basso della serie sono presenti calcari dolomitici più scuri e dolomie calcaree vacuolari nocciola.

Tav. 3 Sezione geologica ed idrogeologica



Tav. 4 TRACCIA DELLE SEZIONI E DEI FRONTI OGGETTO DI VERIFICA



3 · IDROGEOLOGIA

Come precedentemente accennato, nella zona manca un ben definito reticolo idrografico.

Tuttavia, ad una mancanza di acque superficiali fa riscontro, in profondità, la presenza di una cospicua falda idrica, ospitata in pressione all'interno del complesso cretaceo, e denominata falda profonda.

3.1 Acque superficiali

Non si riscontrano nella zona rilevata elementi idrologici superficiali di una certa importanza, limitandosi gli stessi ad alcune lievi e brevi incisioni, formatesi in periodi molto più piovosi dell'attuale e ora attive soltanto in occasione di precipitazioni particolarmente intense.

3.2 Falde superficiali

La presenza di livelli permeabili della formazione superficiale, e considerando e la successione stratigrafica caratterizzata da litotipi poco permeabili e/o impermeabili più in profondità, permette l'instaurarsi di una falda "superficiale" effimera il cui livello statico sia attestata a circa -25 m di profondità dal piano campagna aumentando quindi la produttività della falda in periodi in cui le occorrenze pluviometriche si intensificano, e di conseguenza potendola considerare di fatto una falda sospesa.

Le quote minime dovute all'escavazione per l'attività di cava non risultano inferiori a +31,5 m come da rilievo, ragione per la quale nelle aree più depresse la falda risulta presente a profondità comunque superiore a -6,0 m dal piano calpestio.

3.3 Falda profonda

La fitta rete di fessure e cavità che interessa invece l'ammasso cretaceo, fa sì che al suo interno possa aversi circolazione idrica.

Tale falda viene alimentata tramite le infiltrazioni dalla superficie di acque piovane e trova il suo naturale equilibrio attraverso gli sversamenti che avvengono in corrispondenza della linea di costa, dove le acque arrivano in virtù di un gradiente idraulico diretto dalle zone interne verso la costa.

Il livello di base su cui tale circolazione si esplica, è rappresentato dalla superficie delle acque marine di invasione continentale sulle quali l'acqua dolce di falda

galleggia grazie alla sua minore densità.

I rapporti tra i due tipi di acque sono regolati dalla legge di Ghyben-Herzberg; essa lega lo spessore della parte dolce di acquifero al carico piezometrico; in forma semplificata ma più che sufficientemente approssimata si ha:

$$H = [\rho_f / (\rho_m - \rho_f)] * h$$

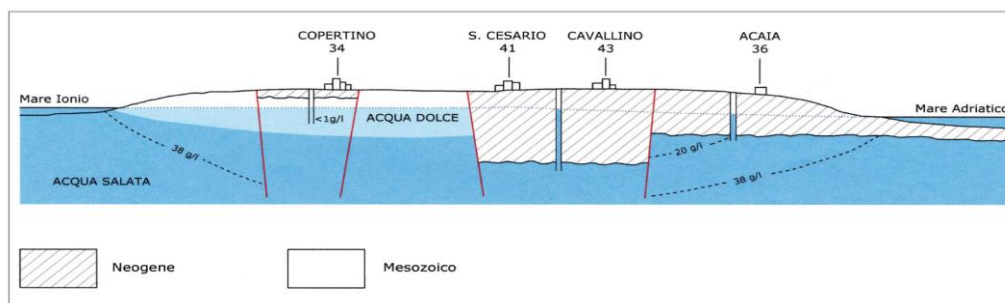
dove:

H = Profondità dell'interfaccia;

ρ_f = Densità dell'acqua dolce (~1.000 g/cm³);

ρ_m = Densità dell'acqua marina (~ 1.027g/cm³);

h = Livello statico.



Sezione idrologica schematica della Penisola Salentina.

In questo caso, la falda profonda carbonatica mesozoica risulta in pressione, poiché tali calcari, presenti a profondità superiori a 100m sono sormontati da una successione di argille e/o limi argillosi, poco o per nulla permeabili.

3.4 Caratteri di permeabilità

Sulla base delle caratteristiche litologiche osservate ed in precedenza descritte, è possibile valutare la permeabilità media delle formazioni presenti nel territorio studiato ed operare una prima distinzione in:

- *formazioni permeabili per porosità;*
- *formazioni permeabili per fratturazione e carsismo;*

3.4.1 Formazioni permeabili per porosità

Appartengono a questa categoria i sedimenti a grana grossa, media e medio fine, e cioè le sabbie e le calcareniti presenti nell'area. Il valore del coefficiente di permeabilità (k) è dell'ordine dei 10^{-5} m/s per le sabbie e **10^{-4} m/s per le calcareniti.**

A queste seguono in profondità litotipi con percentuali argillose piuttosto elevate caratterizzando i sedimenti con una permeabilità decisamente bassa (**$10^{-7} \div 10^{-8}$ m/s**)

3.4.2 Formazioni permeabili per fratturazione e carsismo

Questo tipo di permeabilità è in genere caratteristica dei litotipi calcarei, il coefficiente di permeabilità viene valutato mediamente intorno ai $10^{-4} \div 10^{-3}$ m/s ma può risultare più elevato in particolari zone ad elevato grado di carsificazione.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Nel valutare il comportamento geomeccanico di terreni lapidei (ad es. le calcareniti presenti nell'area di progetto), a differenza di quanto accade per un terreno sciolto (sabbie, limi, argille) occorre tenere presenti una serie di problematiche legate alla non corrispondenza tra le proprietà fisico-meccaniche che la roccia possiede quando viene considerata a livello di campione di laboratorio e quelle invece che caratterizzano l'ammasso roccioso nel suo complesso. La *meccanica delle rocce*, quindi, risulta assai più complessa e più difficilmente determinabile compiutamente rispetto alla *meccanica delle terre* la quale è retta da formule che conducono a risultati ben precisi una volta che siano noti i parametri geotecnici della terra stessa (ricavabili dalle prove di laboratorio).

Infatti a differenza di una terra, la cui assimilazione ad un mezzo omogeneo ed isotropo non è una forzatura tale da condizionarne il risultato, la resistenza di un terreno lapideo dipende solo in minima parte dalle sue caratteristiche intrinseche (densità apparente, coesione, attrito, resistenza a compressione monoassiale) quanto dalle condizioni geologico-strutturali dell'ammasso roccioso nel suo complesso e quindi è legata alla presenza di discontinuità sedimentologiche (variazioni del grado di cementazione), stratigrafiche (giunti di stratificazione), strutturali (piani di fratturazione, faglie, ecc.), nonché dall'incidenza di fattori quali lo stato di alterazione ed il grado di carsificazione.

Quest'ultimo aspetto risulta di primaria rilevanza in tutte le rocce lapidee affioranti nella nostra regione essendo esclusivamente rocce di composizione carbonatica le quali sono andate incontro per lunghi periodi di tempo a fenomeni di dissoluzione carsica (calcarei) e paracarsica (calcareniti).

I sistemi di classificazione si basano sull'esame degli indici di qualità ed alcuni parametri caratteristici scelti in modo da fornire un giudizio il più possibile completo sulle caratteristiche globali dell'ammasso roccioso.

La classificazione di **Bieniawski** (1973), nota come classificazione **RMR** (acronimo di *Rock Mass Rating*), tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della roccia e dell'ammasso roccioso e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema affrontato (gallerie, versanti o fondazioni).

I parametri sono:

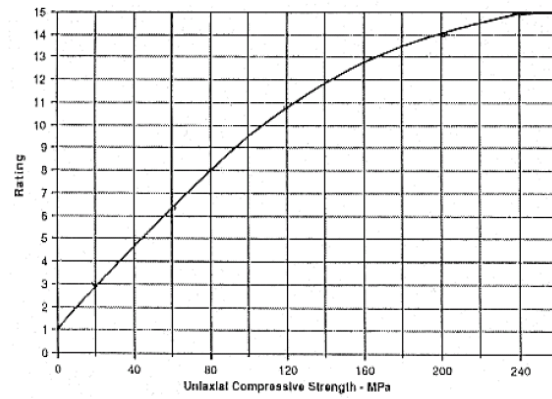
- A1: Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
- A2: Indice di qualità RQD (Rock Quality Designation);
- A3: Spaziatura dei giunti;
- A4: Condizioni dei giunti (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, materiale di riempimento);
- A5: Condizioni idrauliche dei giunti;
- Ic: Indice di correzione.

Ad ogni parametro è associata una scala di valori parziali la cui somma algebrica fornisce il valore dell'indice complessivo dell'ammasso roccioso (denominato RMR), ovvero:

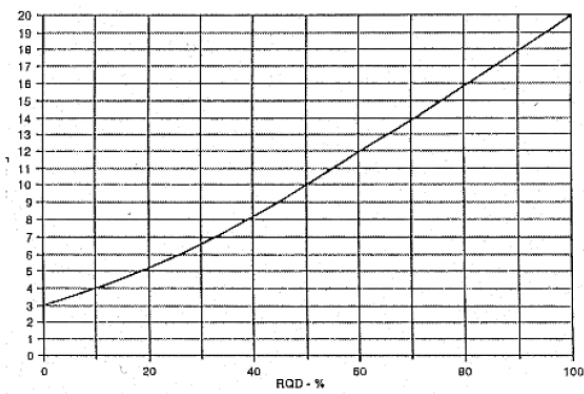
$$RMR = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) - Ic$$

La formulazione originaria del metodo di classificazione di Bieniawski (1973), ha subito diverse modifiche, integrazioni ed aggiornamenti, che hanno portato alla definizione di varie versioni, di cui le più usate sono quelle del 1976, del 1979 e del 1989. Nel presente studio è stata adottata la versione più recente, ovvero quella del 1989.

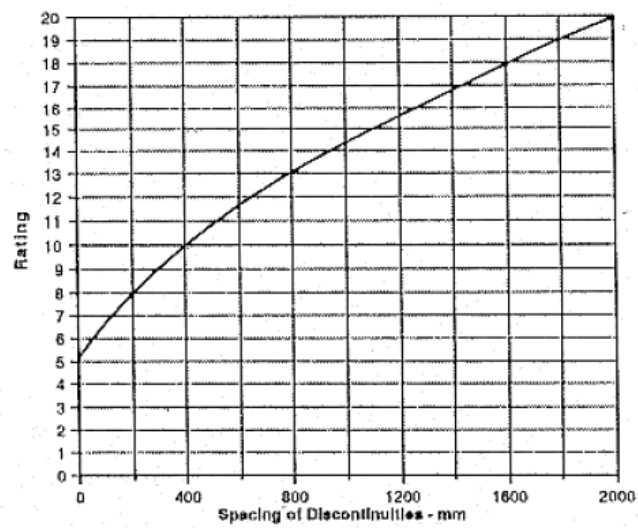
Per classificare l'ammasso roccioso in esame si è fatto quindi riferimento ai grafici ed alle tabelle relative al metodo RMR 89, che, per chiarezza e completezza di trattazione, sono state di seguito allegate.



Parametro A1



Parametro A2



Parametro A3

Parametro A4

PARAMETRI	INTERVALLI DI VALORI				
Lunghezza giunto	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Indice	6	4	2	1	0
Apertura giunto	Chiuso	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
Indice	6	5	4	1	0
Rugosità giunto	Molto rugoso	Rugoso	Leggerm. rugoso	Liscio	Laminato
Indice	6	5	3	1	0
Riempimento	Nessuno	Compatto<5mm	Compatto>5mm	Molle<5mm	Molle>5mm
Indice	6	4	2	2	0
Alterazione giunti	Non alterati	Legg. alterati	Mediam. alterati	Molto alterati	Decomposti
Indice	6	5	3	1	0

Parametro A5

5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Afflusso per 10m di lunghezza del tunnel (litri/min)	Assente	<10	10-25	25-125	>125
		Rapporto Pressione acqua nei giunti/Pressione naturale in sito	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5
		Condizioni generali	Giunti asciutti	Umidi	Bagnati	Stillicidio	Venute d'acqua
		Indice	15	10	7	4	0

Indice di correzione Ic

Orientamento dei giunti		Molto favorevole	Favorevole	Discreto	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie e miniere	Indice	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni		0	-2	-5	-15	-25
Versanti		0	-5	-7	-50	-60

Classificazione dell'ammasso roccioso: Indice RMR

RMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
CLASSE	V	IV	III	II	I
QUALITA'	Molto scadente	Scadente	Discreta	Buona	Ottima

Nel caso specifico, alla luce del rilievo geologico-strutturale effettuato lungo le pareti, si evince che sono rari sia i giunti di stratificazione che i piani di fessurazione.

- $A1 = 1$ (avendo assunto prudenzialmente il valore più basso di quelli normalmente misurati, ovvero ~ 5 MPa);
- $A2 = 12$ (in quanto i valori medi di RQD si possono considerarsi attorno al 40%);
- $A3 = 20$ (le discontinuità hanno una spaziatura superiore a 2,0 m);
- $A4 = 16$ (giunti lunghi, con apertura tra $1\div 5$ mm, leggermente rugosi, con eventuali riempimenti di terre rosse e mediamente alterati);
- $A5 = 15$ (giunti asciutti, visto l'assenza della falda);
- $Ic = -5$ (correzione per versanti su roccia stratificata con condizioni di orientazione dei giunti ritenute favorevoli).

L'indice di qualità RMR attribuibile all'ammasso roccioso in esame risulta pertanto pari a:

$$RMR = (1 + 12 + 20 + 17 + 15) - 5 = 60$$

ovvero si tratta di un ammasso roccioso di III classe, di qualità “discreta”.

Il parametro G.S.I. è legato all'indice BRMR dalla seguente relazione:

$$G.S.I. = BRMR - 5 = 60$$

Pertanto, nel caso specifico, il parametro G.S.I. corrisponde numericamente all'indice RMR. Tale indice di classificazione consente di ricavare i parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso in esame.

A differenza di quanto avviene con le terre sciolte, negli ammassi rocciosi la resistenza al taglio del materiale lapideo non può generalmente essere descritta con il criterio di rottura di Coulomb, poiché quest'ultimo indica una correlazione fra resistenza al taglio del materiale e pressione di confinamento di tipo lineare, mentre nelle masse rocciose tale correlazione è chiaramente e notoriamente di tipo non lineare.

A. CLASSIFICAZIONE DEI PARAMETRI E LORO INDICI									
PARAMETRI			CAMPO VALORI						
1	RESISTENZA ROCCIA INTATTA	Carico puntuale	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Per tale campo di valori è preferibile eseguire prove di compressione monoassiale		
		Compressione uniaassiale	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	INDICE		15	12	7	4	2	1	0
2	ROD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	INDICE		20	17	13	8	3		
3	SPAZIATURA GIUNTI		> 2 m	0,6-2 m	200-600 m	60-200 mm	< 60 mm		
	INDICE		20	15	10	8	5		
4	CONDIZIONE GIUNTI (vedi E)		Superfici molto scabre non continue Pareti roccia dura	Superfici scabre Apertura < 1 mm Pareti roccia dura	Superfici scabre Apertura < 1 mm Pareti roccia dura	Superfici lisce o laminate o riempimento < 5 mm o apertura 1-5 mm Giunti continui	Riempimento tenero spessore > 5 mm o giunti aperti > 5 mm Giunti continui		
	INDICE		30	25	20	10	0		
5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Afflusso per 10m lunghezza tunnel (l/m)	Assente	<10	10-25	25-125	>125		
		Pressione acqua nei giunti Rapp. Soli, nat. in situ	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Condizioni generali	Completamente asciutto	Umido	Molto umido	Stillicidio	Severi problemi idraulici		
	INDICE		15	10	7	4	0		

B. FATTORI CORRETTIVI IN FUNZIONE DELL'ORIENTAMENTO DEI GIUNTI (vedi F)						
Direzione ed inclinazione		Molto favorevole	Favorevole	Discreto	Sfavorevole	Molto sfavorevole
INDICI	Gallerie e miniere	0	-2	-5	-10	-12
	Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25
	Pendii	0	-5	-25	-50	

C. CLASSI DI AMMASSO ROCCIOSO SULLA BASE DELLA SOMMA DEGLI INDICI					
Indice RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	<21
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Molto scadente

D. SIGNIFICATO DELLE CLASSI DI AMMASSO					
Classe	I	II	III	IV	V
Tempo di autosostegno	20 anni per una lunghezza libera dello scavo L=15m	1 anno per L=10m	1 sett. per L=5	10 ore per L=2.5m	30 minuti per L=1m
Coesione dell'ammasso roccioso (KPa)	> 400	300-400	200-300	100-200	< 100
Angolo di attrito dell'ammasso roccioso (°)	> 45	35-45	25-35	15-25	< 15

E. LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE DELLE DISCONTINUITÀ					
Lunghezza delle discontinuità (persistenza) Indici	< 1 m 6	1-3 m 4	3-10 m 2	10-20 m 1	> 20 m 0
Separazione (apertura) Indici	Nessuno 6	< 0.1 mm 5	0.1-1.0 mm 4	1-5 mm 1	> 5 mm 0
Scabrezza Indici	Molto scabro 6	Scabro 5	Leggermente scabro 3	Liscie 1	Liscie o laminate 0
Riempimento Indici	Nessuno 6	Compatto < 5 mm 4	Compatto > 5 mm 2	Tenero < 5 mm 2	Tenero > 5 mm 0
Alterazione Indici	Non alterato 6	Leggerm. alterato 5	Moderatam. alterato 3	Altamente alterato 1	Decomposto 0

F. EFFETTO DELL'ORIENTAZIONE DELLE DISCONTINUITÀ SULLA STABILITÀ DI UNA GALLERIA			
Perpendicolare all'asse della galleria		Parallelo all'asse della galleria	
Inclinazione delle discontinuità concorde con il verso di avanzamento. Inclinazione discontinuità 45° - 90°	Inclinazione delle discontinuità concorde con il verso di avanzamento. Inclinazione discontinuità 20° - 45°	Inclinazione 45° - 90°	Inclinazione 20° - 45°
Molto favorevole	Favorevole	Molto favorevole	Discreta
Inclinazione delle discontinuità discorde dal verso di avanzamento. Inclinazione delle discontinuità 45° - 90°	Inclinazione delle discontinuità discorde dal verso di avanzamento. Inclinazione delle discontinuità 20° - 45°	Inclinazione 0° - 20° a prescindere dallo strike	
Discreto	Sfavorevole	Discreta	

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI RMR '79-'89

4.1 Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso (metodo di Hoek-Brown e metodo equivalente di Mohr-Coulomb)

Il criterio di rottura secondo Hoek e Brown fu proposto dagli autori nel 1980; la formulazione teorica originaria ha poi subito numerose modifiche ed aggiornamenti, l'ultimo dei quali risale al 2002.

A partire dai valori di compressione uniassiale (σ_{ci}) e delle costanti m_i (costante del litotipo considerato e GSI (*geological strength index*), è stato possibile calcolare mediante software, i parametri dell'ammasso roccioso in situ con il metodo di Hoek-Brown comparato con quello di Mohr-Coulomb per gli scavi in roccia.

L'equazione generalizzata è espressa dalla (1):

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (1)$$

dove:

σ_1' ; σ_3' = tensione di rottura secondo l'asse maggiore e minore

σ_{ci} ; è il valore della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;

s ; a , costanti dell'ammasso roccioso

m_b = valore ridotto della costante m_i caratteristica della roccia intatta, il cui valore è dato da :

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

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

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

D , grado di disturbo dovuto alla tensione subita (=0 per ammassi rocciosi indisturbati;

=1 per quelli estremamente alterati).

GSI = *Geological Strength Index* per l'ammasso roccioso

La resistenza a compressione uniassiale è ottenuta dalla (1) ponendo $\sigma_3' = 0$

$$\sigma_c = \sigma_{ci} \cdot s^a \quad (2)$$

Mentre la resistenza a trazione risulta:

$$\sigma_t = \frac{s\sigma_{ci}}{m_b} \text{ ottenuta ponendo nella (1) } \sigma_1' = \sigma_3' = \sigma_t$$

La resistenza dell'ammasso roccioso viene quindi stimata attraverso la relazione di Mohr-Coulomb:

$$\sigma_{cm}' = \frac{2c' \cos \phi'}{1 - \sin \phi'}$$

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b(s + m_b\sigma_{3n}')^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b\sigma_{3n}')^{a-1}} \right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} \left[(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma_{3n}' \right] (s + m_b\sigma_{3n}')^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6am_b(s + m_b\sigma_{3n}')^{a-1}) / ((1+a)(2+a))}}$$

Poiché il criterio di Hoek e Brown esprime una curva di tipo non lineare, i valori di coesione e angolo di resistenza al taglio variano in funzione dello sforzo normale efficace (σ_n) agente.

I valori di c' e ϕ' si possono quindi ottenere solo attraverso lo sviluppo di una tecnica numerica per la soluzione in forma implicita.

Il software *RocLab*, utilizzato per il calcolo, è un programma di geomeccanica che richiede in input alcuni parametri caratteristici dell'ammasso roccioso indagato e, attraverso una correlazione tra i criteri di rottura di Hoek-Brown e di Mohr-Coulomb, restituisce i valori dei parametri che esprimono e quantificano il grado di resistenza e deformabilità dello stesso ammasso roccioso.

I parametri richiesti in entrata sono:

- resistenza a compressione monoassiale della roccia di cui è costituito l'ammasso roccioso (in MPa): nel caso specifico utilizzeremo i dati ricavati dalle prove di schiacciamento mediante point-load test;
- costante di Hoek-Brown per la roccia intatta (tabulati per i vari tipi di roccia nel data-base interno del programma);
- indice G.S.I.: nel caso specifico è stato ricavato mediante la modellazione geologica, cfr. paragrafo precedente;
- indice di disturbo D (tiene conto degli effetti di disturbo indotti dalle attività di scavo e sbancamento).

Effettuata l'elaborazione dei dati e ricavati gli involucri a rottura di Hoek-Brown e di Mohr-Coulomb (in termini di sforzi principali e di sforzi normali e di taglio), il software restituisce i valori dei seguenti parametri geomeccanici, tutti riferiti all'ammasso

roccioso:

- costanti di Hoek-Brown;
- coesione;
- angolo d'attrito;
- resistenza a trazione;
- resistenza a compressione monoassiale;
- resistenza a compressione globale;
- modulo di deformazione.

Per quanto riguarda l'ammasso roccioso presente nel sottosuolo del sito di progetto, alla luce del modello geologico locale e dei risultati delle prove sono stati inseriti i seguenti dati di input:

resistenza a compressione monoassiale $\rightarrow$ 5 MPa (1000 kg/cm²);

costante di Hoek-Brown per roccia intatta $\rightarrow$ $m_i = 21$ (valore assegnato alle rocce aventi la composizione litologica e la struttura dei calcari);

indice GSI $\rightarrow$ 60 (calcolato precedentemente mediante la classificazione di Bieniawski);

indice di disturbo $D = 0,5$ (in quanto le operazioni di scavo avverranno con mezzi meccanici senza l'impiego di esplosivo).

I risultati dell'elaborazione eseguita dal programma RocLab, sono illustrati e riassunti nei grafici allegati

Si precisa che tali valori si riferiscono all'ammasso roccioso nel suo complesso,

ovvero tengono conto di tutti quei fattori (fratturazione, stratificazione, variazioni del grado di cementazione, discontinuità sinsedimentarie, disuniformità litologiche, ecc..) che concorrono a rendere le caratteristiche di resistenza globali delle masse rocciose in posto molto inferiori a quelle (di picco) misurate in laboratorio su campioni di piccole dimensioni.

Pick GSI Value

Rock Type: General

GSI Selection: 60 OK

		SURFACE CONDITIONS				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
	VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60	50		
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
	LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10

DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES

↓

VALORI DI GSI

Pick Mi Value X

List of Mi Values

Agglomerate	19 ± 3
Amphibolites	26 ± 6
Andesite	25 ± 5
Anhydrite	12 ± 2
Basalt	25 ± 5
Breccia	19 ± 5
Breccias	20 ± 2
Chalk	7 ± 2
Claystones	4 ± 2
Conglomerates	21 ± 3
Crystalline Limestone	12 ± 3
Dacite	25 ± 3
Diabase	15 ± 5
Diorite	25 ± 5
Dolerite	16 ± 5
Dolomite	9 ± 2

Selected Mi Value _____

Mi Value:

Filter List _____

☐ Rock Type

- ☒ Sedimentary
- ☐ Igneous
- ☐ Metamorphic

☐ Texture

- ☒ Coarse
- ☐ Medium
- ☐ Fine
- ☐ Very Fine

INDICE M_i

Disturbance Factor D X

Application: ☒ Tunnels ☐ Slopes





Excellent quality controlled blasting or excavation by Tunnel Boring Machine results in minimal disturbance to the confined rock mass surrounding a tunnel.

Mechanical or hand excavation in poor quality rock masses (no blasting) results in minimal disturbance to the surrounding rock mass.

Where squeezing problems result in significant floor heave, disturbance can be severe unless a temporary invert, as shown in the photograph, is placed.

Very poor quality blasting in a hard rock tunnel results in severe local damage, extending 2 or 3 m, in the surrounding rock mass.

Disturbance Factor:

FATTORE DI DISTURBO

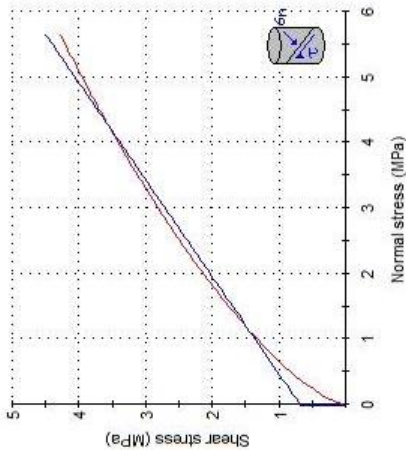
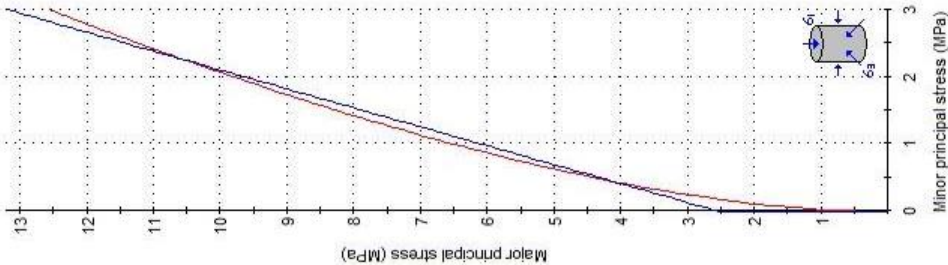
Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification
intact uniaxial compressive strength = 12 MPa
GSI = 60 mi = 17 Disturbance factor = 0.5

Hoek-Brown Criterion
mb = 2.531 s = 0.0048 a = 0.503

Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 0.688 MPa friction angle = 34.01 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.023 MPa
uniaxial compressive strength = 0.821 MPa
global strength = 2.588 MPa
modulus of deformation = 4620.11 MPa



4.2 SCLEROMETRO

Nel completamento dell'indagine, è stato effettuato un rilievo geomeccanico sul fronte delle pareti esposte dallo scavo realizzato.

Si è tenuto conto dei risultati ottenuti utilizzando un martello di Schmidt (sclerometro) modello L (per roccia) con energia di impatto pari a 0,075 kgm, al fine di valutare l'indice di durezza delle pareti esposte, e quindi la corrispondente resistenza a compressione uniassiale della roccia in situ.

Dalle numerose prove eseguite sui fronti, si è ottenuto il valore di durezza statisticamente più significativo ed in seguito, mediante le relazioni riportate in letteratura (di seguito riportate), si è determinata la resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso roccioso.

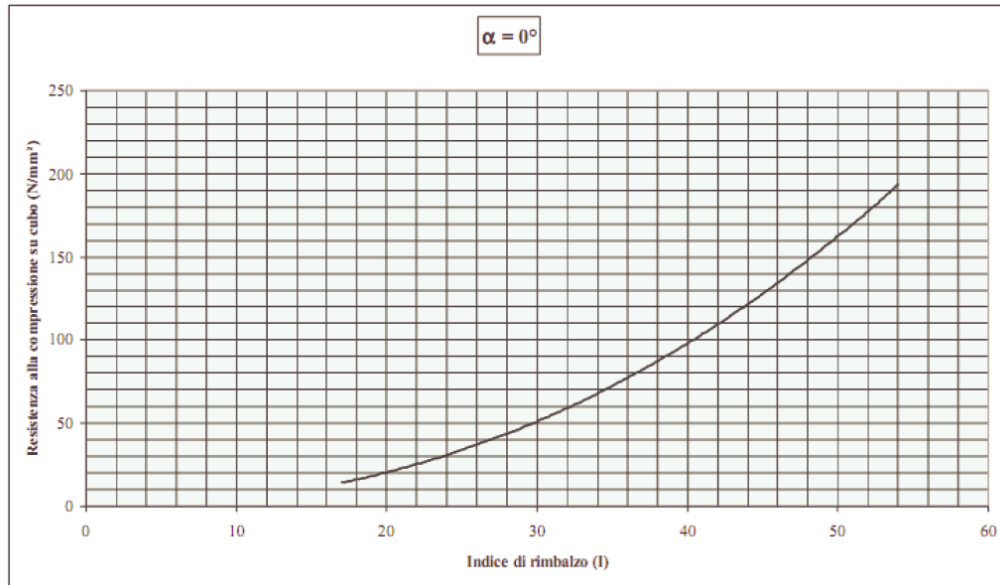
Il valore R, letto sullo strumento dopo il rimbalzo dovrebbe essere sempre corretto in funzione dell'angolo formato dallo strumento con l'orizzontale al momento della prova.

Barton e Choubey (1977) suggeriscono di normalizzare la lettura rispetto alla posizione dello sclerometro secondo la seguente tabella:

Rimbalzo	Verso il basso		Verso l'alto		Orizzontale
R	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$
10	0	-0,8	/	/	-3,2
20	0	-0,9	-8,8	-6,9	-3,4
30	0	-0,8	-7,8	-6,2	-3,1
40	0	-0,7	-6,6	-5,3	-2,7
50	0	-0,6	-5,3	-4,3	-2,2
60	0	-0,4	-4,0	-3,3	-1,7

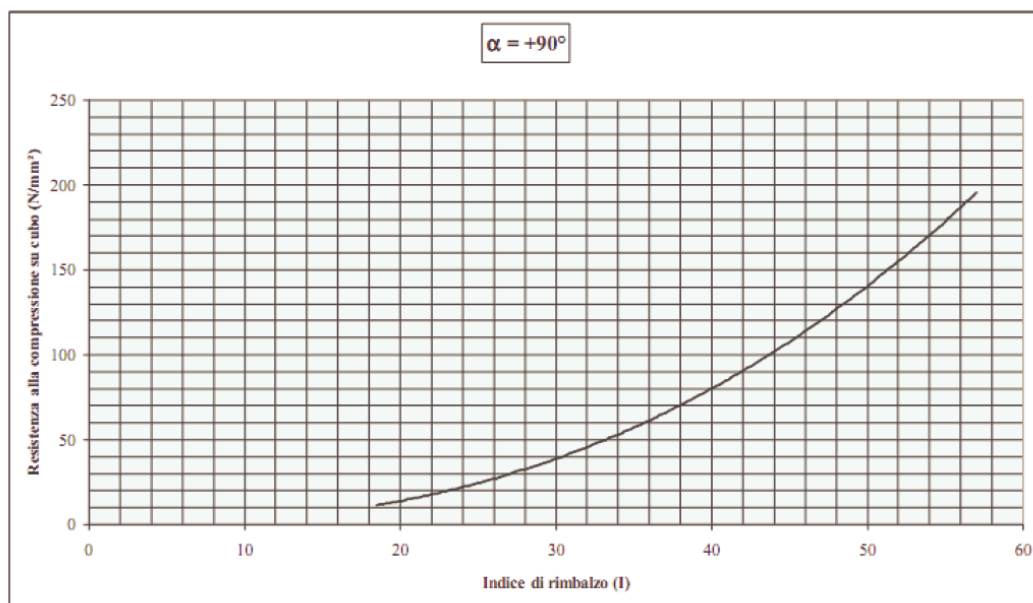
Curva Correlazione

Indice Rimbalzo (IRBm) — Resistenza Compressione (MpA - N/mm²)



Curva Correlazione

Indice Rimbalzo (IRBm) — Resistenza Compressione (MpA - N/mm²)



Il valore medio delle misurazioni effettuate sulle pareti di cava esposti ha dato i seguenti valori:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \text{ (media) } = 20$$

La correlazione di generale utilizzo è quella proposta da Miller (1965) in cui il valore di σ_c è correlato all'indice di rimbalzo R e alla densità della roccia:

$$\text{Log}(\sigma_c) = 0,00088 \cdot \gamma \cdot R + 1,01 \quad (1)$$

A causa della sovrastima del valore di resistenza a compressione, nella formula di Miller è consigliabile utilizzare la (2) per ottenere una minimizzazione dell'errore:

$$\sigma_c = 0,1146 \cdot R^{1,687} \quad (2)$$

A partire da un valore conservativo di $R = 16$

Si perviene a

$$\sigma_c \approx 12 \text{ MPa.}$$

Tale valore di resistenza a compressione si rivela in perfetto accordo con i dati in possesso dello scrivente e riferiti a prove al Point Load Test eseguite su litotipi della stessa formazione geologica.

Una delle classificazioni delle rocce sulla base della resistenza e di uso generalizzato, è quella proposta dall'*International Society for Rock Mechanics* di seguito riportata:

Valore di σ_c (MPa)	Descrizione
1-5	Molto bassa
5-25	Bassa
25-50	Moderatamente bassa
50-100	Mediamente alta
100-250	Alta
> 250	Molto alta

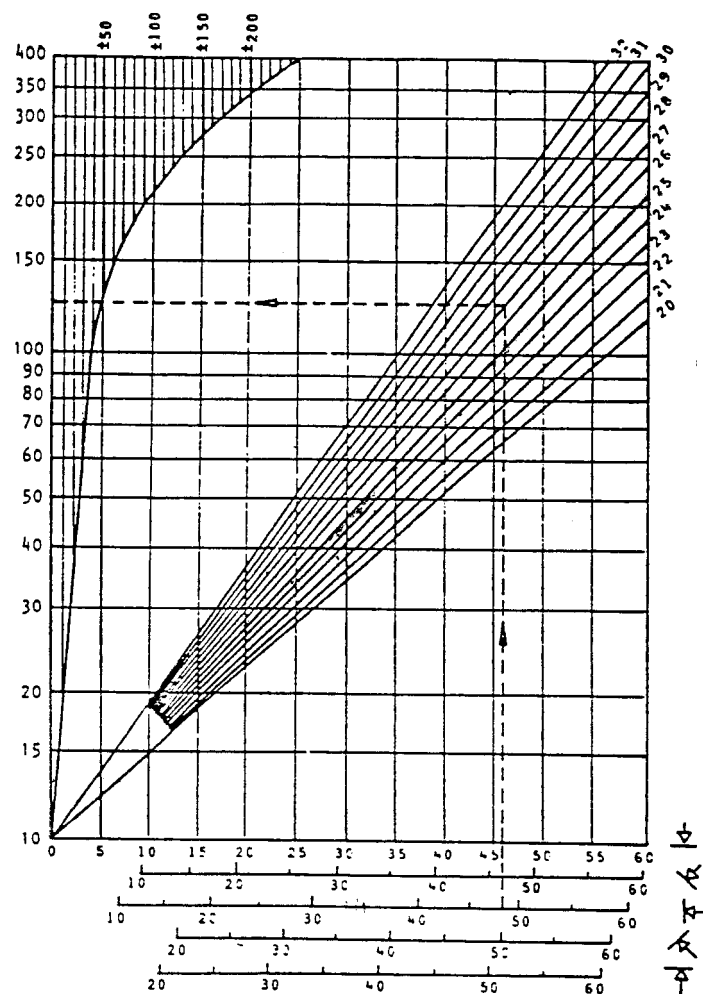


Fig. 1 – In ordinata è riportata la resistenza a compressione monoassiale in MPa; in ascissa le diverse scale dei coeff. di durezza in relazione all'orientamento dato al martello durante la prova. Le rette che correlano la durezza con la resistenza a compressione dipendono dal peso specifico della roccia, espresso in KN/m^3 (Hoek e Bray, 1981)



4.3 ORIENTAZIONE DEI PIANI DI DISCONTINUITÀ NELLO SPAZIO (PROIEZIONI CICLOGRAFICHE)

Il rilevamento delle caratteristiche geometriche e meccaniche delle discontinuità che interessano un ammasso roccioso può essere agevolmente eseguito utilizzando il metodo della scanline, messo a punto per ottenere il maggior numero di parametri geomeccanici direttamente con un rilievo in situ.

Si opera,materializzando una o più scanlines, lungo la quale si effettua un rilievo sistematico dei parametri geometrici e meccanici delle discontinuità di natura tettonica e stratigrafica intercettate dalla stessa linea.

L'orientazione di rette e piani nello spazio rappresentata su di un piano mediante proiezione stereografica

La scelta del reticolo equatoriale o polare è fatta in funzione della tipologia di rappresentazione più idonea: quella equatoriale come nel nostro caso, è stata preferita avendo tracciato le ciclografiche per la determinazione delle giaciture delle discontinuità e per la verifiche grafiche di stabilità di blocchi o cunei di roccia.

Dalle proiezioni di seguito riportate, le giaciture dei sistemi di frattura rilevati sui fronti di cava non evidenziano poliedri isolati tali da innescare meccanismi di traslazione rototraslazione e/o gravitativi.

[illegible]

No.	Strike	Dip	Dip Quad
☒ 1	155,0	30,0	W

5 · DATI PLUVIOMETRICI E ANALISI STATISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

La misura delle precipitazioni consiste nella determinazione della quantità d'acqua che cade sul suolo, in un determinato lasso di tempo.

Le informazioni normalmente disponibili per l'analisi delle massime precipitazioni, fanno riferimento alle osservazioni sistematicamente effettuate dal S.I.M.N. (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale) costituito a partire dall'ex S.I.I. (Servizio Idrografico Italiano).

A partire dalle informazioni contenute negli annali del Servizio Idrografico Italiano, sono state prese in considerazione le altezze massime di pioggia registrate dal 1934 al 2020 della stazione di Gallipoli per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore (tab.1).

Gli anni di funzionamento e quindi i dati disponibili, si presentano distribuiti in maniera omogenea, presentando solo qualche gap di pochi anni, peraltro non sempre consecutivi. Il numero di osservazioni, che in seguito saranno utilizzate per i calcoli statistici, sono tabulati in tab.1 e 2 e forniscono un insieme di dati rappresentativi.

Le indagini sulle piogge intense sono dirette alla determinazione del legame che incorre tra l'altezza della precipitazione verificatasi in una data stazione pluviometrica, la sua durata e la frequenza probabile con cui tale evento può verificarsi.

L'obiettivo è quello di pervenire all'individuazione di un'espressione $h_M = h_M^*(t)$ dove h_M è l'altezza di pioggia massima di durata generica t ; all'individuazione, cioè, delle curve di possibilità pluviometriche.

L'approccio che si è seguito, una volta ipotizzato (come generalmente si fa) un legame funzionale del tipo $H(t,T) = a \cdot t^n$, con a e n , costanti da determinare, è quello statistico-probabilistico. Una volta individuato il modello matematico più congruente e prossimo all'interpretazione del fenomeno fisico, consente di stimare l'evento x che ha P probabilità di non essere superato, ovvero che ha tempo di ritorno T .

Com'è noto si intende per tempo di ritorno quel numero di anni entro il quale c'è da attendersi che in media l'evento x venga superato almeno una volta.

Per quanto riguarda la legge teorica di distribuzione delle probabilità, trattandosi di eventi massimi, il modello che meglio interpreta i valori e che più adeguatamente

descrive il fenomeno fisico e quello doppio-esponenziale di Gumbel.

Nel caso in esame, in cui la variabile da determinare è l'altezza massima annuale di precipitazione di durata t , $H_{\max}(t,T)$ può scriversi:

$$H_{\max}(t, T) = m - \frac{\left(\ln \left(- \ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right)}{k}$$

$$m = \overline{H_i} - \frac{0,577}{k} \quad k = \frac{1}{0,78 \times s} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \overline{H_i})^2}{n-1}}$$

E' sufficiente, così, stimare m e k , per ogni valore di t variabile da 1 a 24 ore, fissare un valore del tempo di ritorno T e calcolare $H(t,T)$ per i valori di t e T .

La tab. 4 riporta per ogni durata di precipitazione considerata, i valori di $H_{\max}(t,T)$ in corrispondenza di $T = 100 \div 200$ anni, che sono i valori del tempo di ritorno cui si suole far ricorso in questo caso; mentre in tab.3 sono riportati i valori dei parametri statistici utilizzati, per giungere alla determinazione delle altezze massime $H_{\max}(t,T)$ previste.

Tab.1– Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi (mm di pioggia)

Stazione pluviometrica di Gallipoli (LE)					
Anno	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
	mm	mm	mm	mm	mm
1934	21,6	24,8	33,4	35,2	53,8
1936	16,0	22,8	29,0	39,4	51,6
1937	22,0	33,4	38,2	45,4	53,4
1938	12,8	20,0	32,8	35,0	38,0
1939	23,8	40,0	41,2	43,6	56,0
1940	30,8	43,0	43,0	43,0	45,0
1941	38,4	41,4	42,6	50,2	51,0
1945	19,2	19,8	19,8	24,0	41,8
1949	52,2	59,0	76,0	86,6	88,4
1951	75,0	95,6	95,6	95,8	97,2
1952	17,8	32,0	37,4	41,0	57,4
1953	40,4	42,8	43,4	52,0	59,4
1954	44,2	46,0	48,0	62,8	65,4
1956	38,6	50,2	53,4	60,6	62,6
1957	29,8	34,4	35,6	39,8	58,0
1958	40,2	53,0	54,0	72,0	77,6
1959	53,6	55,4	55,5	100,0	100,2
1960	39,0	67,0	77,2	81,2	81,2
1961	28,4	37,6	54,2	54,4	57,4
1962	32,0	63,0	69,2	69,2	69,2
1963	44,8	46,6	56,2	71,4	74,6
1964	22,8	24,4	35,0	65,2	92,0
1965	22,8	23,0	23,0	23,0	25,6
1966	61,4	65,6	65,6	65,8	68,8
1967	17,8	18,6	26,6	32,8	45,6
1969	20,2	28,4	28,6	36,6	42,6
1970	24,4	37,4	43,0	44,6	54,4
1972	64,8	67,0	67,6	73,0	73,0
1973	39,0	41,2	41,2	64,8	65,4
1974	52,0	60,4	66,8	67,0	67,0
1975	15,6	25,2	32,4	54,6	57,4
1977	37,0	47,8	48,2	48,2	49,0
1978	40,8	45,8	47,0	47,0	47,2
1979	56,4	106,4	112,2	112,2	112,2
1980	44,6	49,0	50,4	55,0	67,2
1981	13,4	20,8	29,4	34,2	50,8
1982	27,8	56,4	66,6	70,8	74,6
1983	24,0	32,4	32,4	39,6	53,0
1984	40,0	52,6	52,8	59,0	98,2
1985	28,0	43,0	48,2	58,4	64,8
1986	24,0	28,2	28,4	28,4	38,0
1987	25,4	34,8	36,0	46,0	46,4
1989	23,4	23,4	26,0	28,6	28,6
1990	32,6	36,2	36,2	52,0	85,0
1991	33,2	43,2	45,6	46,2	49,0
1992	35,8	39,8	53,8	55,2	60,6
1993	40,8	83,2	140,8	161,2	184,2
1994	44,6	46,8	47,8	48,4	51,2
1995	47,8	49,0	49,0	50,6	52,8
1996	30,0	52,2	69,6	83,2	84,0
1997	23,0	39,0	44,4	46,4	65,4
1998	22,8	31,4	38,2	60,8	99,8
1999	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2
2000	15,0	27,2	27,6	34,8	35,2
2001	27,6	29,4	36,2	40,2	54,8
2002	25,0	40,6	65,6	76,0	85,6
2003	30,8	31,4	35,4	43,4	55,0
2004	51,0	102,0	160,6	193,4	195,4
2005	29,8	52,6	56,4	65,0	75,4
2006	20,8	31,2	31,6	36,8	42,4
2007	21,4	21,6	26,0	29,4	30,4
2008	15,8	24,8	45,0	60,4	84,4
2009	38,6	41,0	43,2	45,6	50,0
2010	67,8	102,4	106,4	107,4	116,0
2011	25,6	29,8	31,2	37,8	41,0
2012					
2013	73,2	106,4	125,0	143,0	146,4
2014	20,0	24,6	31,0	32,4	32,4
2015	33,4	43,8	43,8	45,0	53,0
2016	16,6	28,2	37,2	42,2	45,6
2017	32,6	37,2	37,4	37,4	40,4
2018	31,6	53,0	53,4	69,8	78,0
2019	16,8	24,4	32,4	36,4	37,8
2020	29,2	30,0	30,0	39,2	48,8

Tab.2

Stazione	Serie storica analizzata	Numero di dati per ciascun intervallo di ore				
		1h	3h	6h	12h	24h
Lecce	1933-2020	73	73	73	73	73

Tab.3 - Valori dei parametri statistico-probabilistici delle massime precipitazioni orarie in mm

	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
N=	73	73	73	73	73
$\mu = \frac{\sum h_i}{N}$	33,05	43,77	50,10	57,67	65,40
$s = \sqrt{\frac{\sum (H_i - \overline{H_i})^2}{n-1}}$	14,37	20,89	26,44	29,85	30,73
$k = \frac{1}{0,78 \times s}$	0,089	0,061	0,048	0,043	0,042
$m = \overline{H_i} - \frac{0,577}{k}$	26,58	34,37	38,20	44,24	51,57

Tab.4- Altezze di pioggia massima (mm) prevista, in funzione dei tempi di ritorno T

Tempo di ritorno espresso in anni	1h	3h	6h	12h	24h
	$H_{\max}(t, T)$				
5	43,39	58,81	69,13	79,16	87,52
10	51,81	71,03	84,61	96,63	105,51
20	59,87	82,76	99,45	113,39	122,76
30	64,63	89,67	108,20	123,27	132,93
50	70,32	97,94	118,67	135,08	145,10
100	78,14	109,31	133,06	151,34	161,83
200	85,94	120,65	147,41	167,53	178,51
500	96,23	135,60	166,34	188,90	200,51

Attraverso tale elaborazione per ciascuna popolazione di dati pluviometrici, relativi ad un determinato tempo di pioggia (t), è possibile ricavare il rispettivo valore dell'altezza dell'evento meteorico con un Tempo di Ritorno T pari a quello prefissato.

Una volta disponibili i valori di $H(t, T)$, si sono individuati, di volta in volta, utilizzando il metodo dei minimi quadrati, i valori numerici dei coefficienti a ed n che figurano nell'espressione $H(t, T) = a * t^n$, tracciando su carta bilogaritmica, in ordinata i valori di $H(t, T)$, stimati tramite l'applicazione della legge di Gumbel e in ascisse i valori del tempo espresso in ore.

A sua volta l'insieme delle coppie di valori H e t , con un tempo di ritorno T , possono essere raccordati con una legge di regressione del tipo:

$$H_{crit}(t, T) = a * t^n \quad (1)$$

dove:

H = altezza di precipitazione (mm);

t = durata della precipitazione (ore)

T = tempo di ritorno espresso in anni

a e n sono due parametri il cui valore dipende dalle caratteristiche pluviometriche della zona.

La (1) corrisponde, come ricordato in precedenza, alla cosiddetta Curva di Probabilità Climatica, relativa ad un determinato tempo di ritorno (T). Questa (curva di potenza) risulta funzione dell'esponente (n).

L'espressione (1) è una curva interpolante non lineare che comunque risulta linearizzabile, si ottiene quindi:

$$\log(h) = \log(a) + n \log(t) \quad (2)$$

tale espressione è una funzione del tipo

$$y = A + Bx \quad (3)$$

dove

$$y = \log(h), \quad A = \log(a), \quad B = n, \quad x = \log(t)$$

Pertanto l'esame della curva non lineare (1) è stato ricondotto all'esame della retta (3); applicando alla (3) il metodo dei minimi quadrati:

$$\begin{bmatrix} \sum x^2 & -\sum x \\ -\sum x & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum xy \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}$$

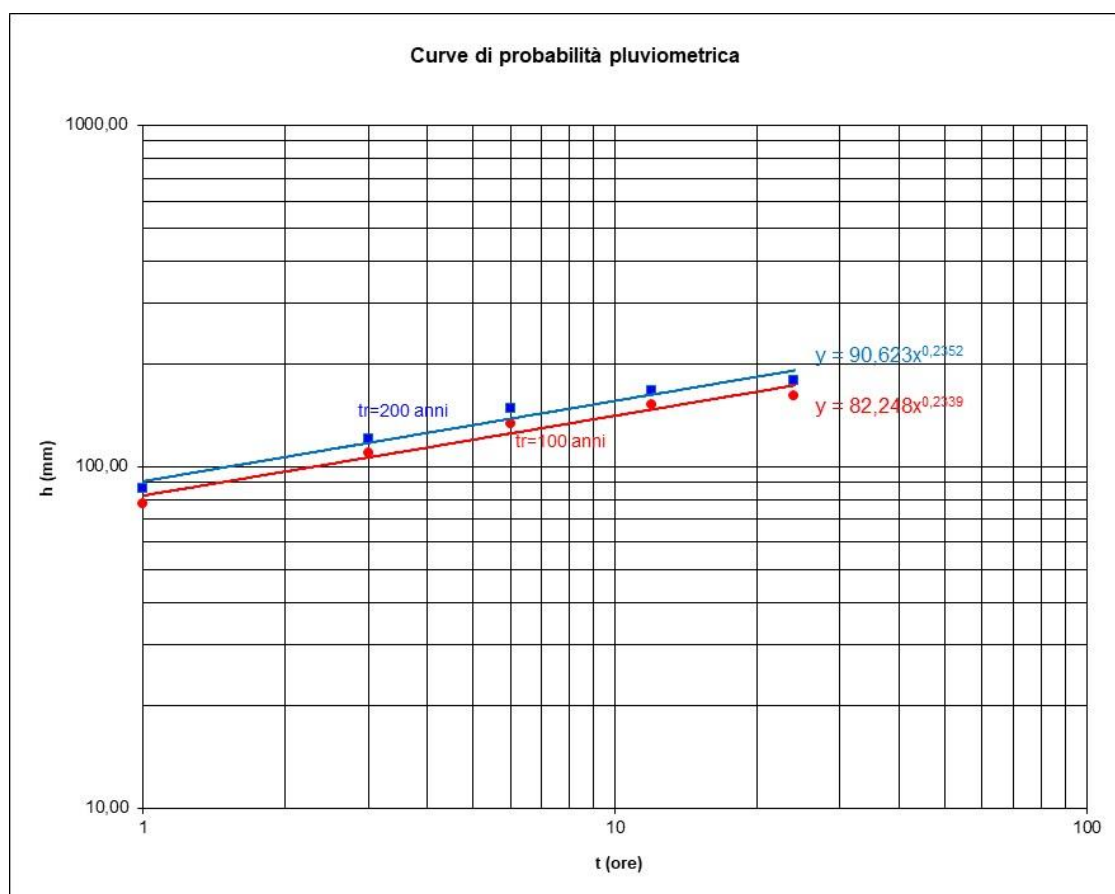
sono stati valutati le costanti (A) ed (B) e quindi le costanti (a) e (n):

$a = 90,623$; $n = 0,2352$ (tempo di ritorno = 200 anni)

Si è in grado, così, di poter stimare la massima altezza di precipitazione di durata qualsiasi variabile con tempo di ritorno pari a 200 anni.(fig.1)

Il risultato sembra soddisfacente visto l'allineamento dei punti intorno alle rette relative ai tempi di ritorno.

Fig. 1 - Stazione di Gallipoli: altezze di pioggia previste per tempi di ritorno



Nel calcolo delle portate massime si è cercato di sovrastimare il fenomeno di altezza critica: non sono stati infatti considerati quei parametri che di fatto portano deficit idrici nel computo della circolazione delle acque.

A titolo di esempio si è effettuato un calcolo di massima per l'evapotraspirazione

reale, secondo la formula di Coutange:

$$E_r = P - \lambda P^2$$

dove: $\lambda = 1 / (0,8 + 0,14 T^\circ)$.

P è l'altezza totale di precipitazione (in m/anno) riferita all'anno idrologico o ad un numero di anni statisticamente significativo,

T° è la temperatura media osservata.

In definitiva i quantitativi di evapotraspirazione stimati per la stazione termopluviometrica considerata (valori di detrazione d'acqua dal calcolo pluviometrico) ammontano a circa 600-700 mm/a, comunque omessi nella valutazione delle massime intensità pluviometriche stimate.

6 · IDROLOGIA DELL'AREA

Sulla base dei caratteri litologici osservati ed in precedenza descritti, è possibile schematizzare i caratteri di permeabilità delle formazioni affioranti nell'area.

In base alle prove di permeabilità in foro eseguite nelle vicinanze in sedimenti della stessa formazione geologica, si può quantificare il valore del coefficiente di permeabilità k la cui media risulta 10^{-4} m/sec .

Tali dati sono comunque da considerarsi puntiformi e non riferiti a porzioni di acquifero relativamente grandi, a causa delle eteropie laterali riscontrate all'interno del substrato.

Nella tab.5 sono riportati i valori di K espressione del grado di permeabilità, sia in termini quantitativi, che qualitativi.

Tab.5 – Valori di K

K (m/sec)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Drenaggio	Buono					Povero			Praticamente impermeabile			

In virtù del parametro k in definitiva, le acque meteoriche ricadenti sulle superfici impermeabilizzate che in quest'area sono rappresentate in maniera preponderante dalle strade asfaltate sono naturalmente assorbite dai terreni liberi seguendo i naturali gradienti altimetrici

7 · VALUTAZIONE DEI TEMPI DI ASSORBIMENTO

Il parametro principale di cui si è tenuto conto nel calcolo dei volumi d'acqua precipitati sul territorio di Gallipoli, è quello dell'altezza critica prevista nell'arco temporale delle 48 ore, con un tempo di ritorno pari a 200 anni, che risulta pari a:

$$h_{crit} = 225 \text{ mm (tr = 200 anni)}$$

L'altezza d'acqua considerata per un tempo di ritorno pari a 200 anni, equivale quindi per gli strumenti di misurazione delle precipitazioni, a circa 22,5 litri su una superficie di 1000 cm².

Il contributo ad opera delle superfici cementificate del lotto in oggetto risulta piuttosto limitato in considerazione delle esigue superfici esposte.

Il calcolo del potenziale assorbente dei sedimenti presenti in loco, dal punto di vista numerico, ha una valenza piuttosto limitata, in quanto oltre alla semplice valutazione del tempo necessario all'acqua ad attraversare il substrato permeabile, si rende necessario valutare una serie di altri parametri. Di questi ricordiamo i parametri idrologici, la presenza di vegetazione, le pendenze e la persistenza pluviometrica. e, non ultimo, il potenziale di evapotraspirazione, il quale gioca un ruolo molto importante ai fini del deficit idrologico.

Un calcolo piuttosto semplificato dei volumi di acqua in grado di essere assorbiti dal tipo di terreno presente in loco, risulta da:

$$\frac{1}{A} \frac{\Delta V}{\Delta t} = v \text{ (nella quale il termine } \frac{\Delta V}{\Delta t} \text{ rappresenta la portata) pari a 300-400 l/h per}$$

m² di superficie e quindi c.a 14.000÷19000 l/ m² nell'arco delle 48 ore.

La curva di possibilità pluviometrica per il territorio di Gallipoli (LE) risulta, come già visto, per un periodo di ritorno non inferiore a 200 anni:

$$h = 90,623 \cdot t^{0,2352}$$

E' evidente, come in virtù **dell'estensione delle superfici drenanti della cava, non si possa verificare un surplus di acqua non assorbito** alla luce della capacità drenante di quasi due ordini di grandezza rispetto alla altezza critica di pioggia, considerando un tempo di ritorno di 200 anni e t = 48h.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nelle aree di indagine il substrato è irregolarmente ricoperto sul piano campagna da una coltre di terreno vegetale rossastro. Il litotipo già interessato dalla attività di cava è costituito da calcareniti bioclastiche a grana media di colore giallo-nocciola, non interessati da fenomeni di carsificazione con giaciture sub orizzontali.

Le ciclografiche tracciate attraverso il reticolo di Wulff riportate a pag 33, e quindi le giaciture dei sistemi di frattura rilevati su tale fronte di cava, non evidenziano poliedri isolati tali da innescare meccanismi di traslazione rototraslazione e/o gravitativi.

I parametri fisico-meccanici valutati ed inseriti nei codici di calcolo, si riferiscono alle condizioni peggiori ad un banco alterato nella totalità dello scavo, inserendo in questo modo un ulteriore coefficiente di sicurezza, e quindi a partire da parametri più conservativi.

I fattori di sicurezza minimi ottenuti per le quattro sezioni della cava analizzate, sono rispettivamente pari a

$F_s = 1,88$ per la sezione A-B

$F_s = 2,67$ per la sezione C-D (cfr relazione stabilità fronti di cava)

Dal punto di vista idrogeologico non si evidenziano particolari problematiche. Il livello statico della falda si attesta a + 20,0÷25 m s.l.m., e considerando il punto più basso del fondo cava (+ 31,5 m s.l.m.) ad una profondità, tale da non originare sostanziali differenziazioni nell'ambito idrogeologico generale ed in considerazione delle quote di attestazione degli scavi, non intercettando alcuna falda idrica.

In merito a **fenomeni di subsidenza, alla luce delle indagini eseguite**, ed in virtù del substrato calcarenitico, con caratteristiche di autoportanza, ben differenti dai terreni coesivi e/o incoerenti, non sussiste la possibilità (in virtù anche dell'assetto tettonico) di subsidenza, che, secondo l'ipotesi isostatica, si verificherebbe in seguito ad un assestamento del materiale incoerente dovuto alle oscillazioni del livello di falda che porterebbero ad uno sprofondamento del substrato.

Venendo a mancare sia l'ipotesi isostatica, strutturale, per l'assenza di processi tettonici in atto, oltre che litologica, **si esclude** che l'edificio possa essere interessato da fenomeni di subsidenza in senso stretto.

Data: febbraio 2025



dott. geol. Luca ORLANDUCCI

Tav. 4 TRACCIA DELLE SEZIONI E DEI FRONTI OGGETTO DI VERIFICA

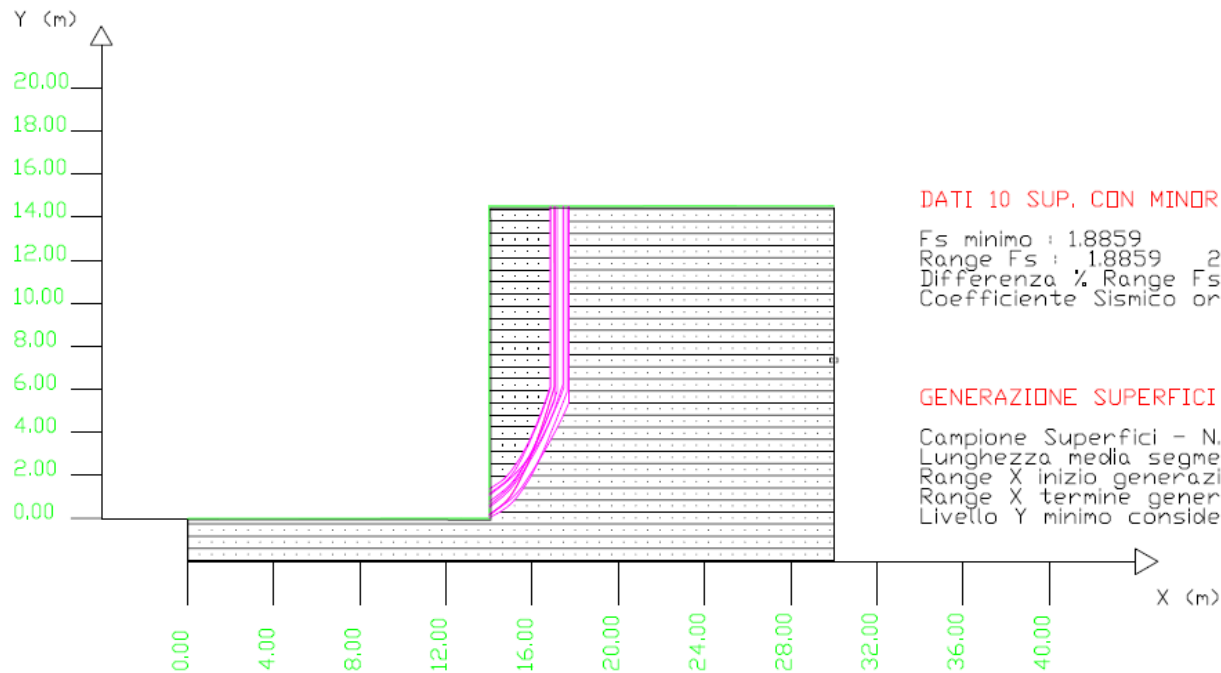


SEZIONE A-B

SSAP 4.9.9 (2019) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.5.4 (2019)

Localita' : Cava Marlo Mauro - Gallipoli
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



DATI 10 SUP. CON MINOR F_s

F_s minimo : 1.8859
 Range F_s : 1.8859 - 2.0612
 Differenza % Range F_s : 8.50
 Coefficiente Sismico orizzontale - K_h : 0.0250

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 1.2
 Range X inizio generazione : 0.6 - 27.6
 Range X termine generazione : 3.6 - 29.4
 Livello Y minimo considerato : 0.0

Parametri Geotecnici degli strati

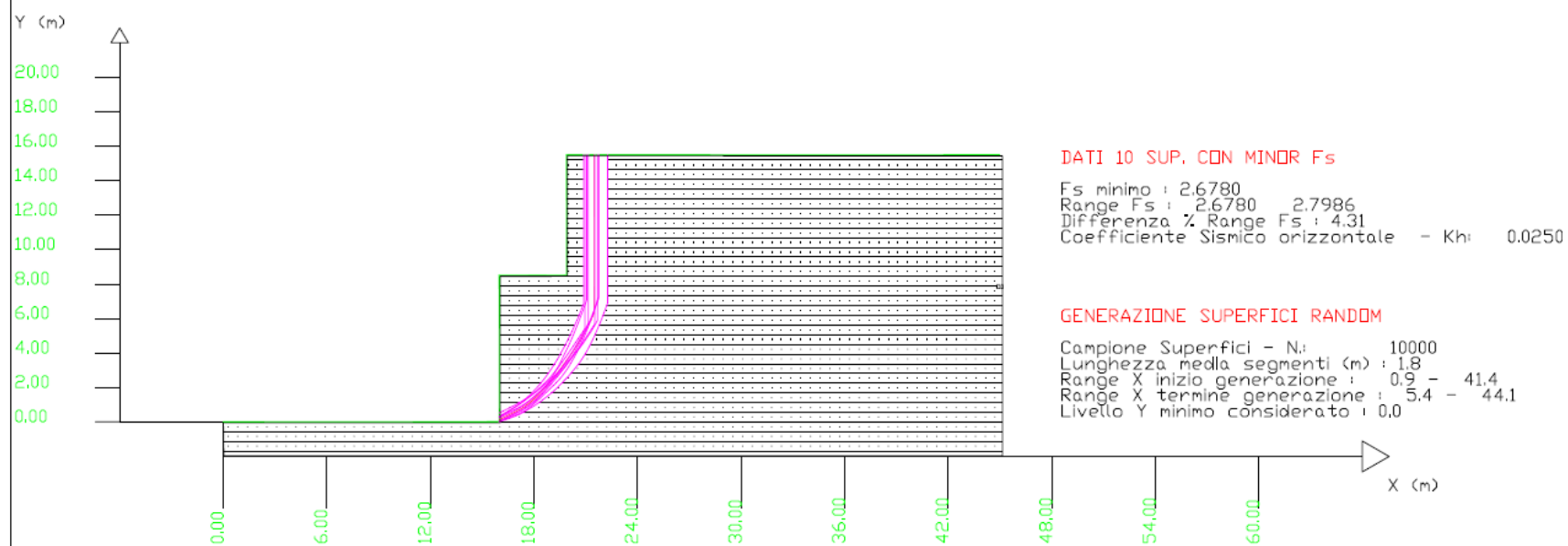
N.	Gamm kN/m ³	GammSat kN/m ³	sgci MPa	GSI	mi	D
1	18.00	18.50	12.00	60.00	17.00	0.50

SEZIONE C-D

SSAP 4.9.9 (2019) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DMF generator rel. 1.5.4 (2019)

Localita': Cava Mario Mauro - Gallipoli
 Descrizione:
 [n] = N. strato o lente

Modello di calcolo: Morgenstern - Price (1965)



Parametri Geotecnici degli strati

N.	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
"	kN/m3	kN/m3	MPa	"	"	"
1	18.00	18.50	12.00	60.00	17.00	0.50