

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO
Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)
e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)
1° stralcio

PROGETTO ESECUTIVO

COD. AN58

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



sinergo

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:

Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Massimo Mezzanzanica – Società Erre.Vi.A Srl
Albo Geol. Lombardia n. A762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Vi.A Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Dott. ing. Vincenzo Catone

PROTOCOLLO:

DATA:



02 - INDAGINI
02.05 - INDAGINI GEOGNOSTICHE
02.05.02 - INDAGINI 2022
Documentazione Indagini Geognostiche 2022

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00SG11GEORE01A.pdf		
LO702M	E	2101	CODICE ELAB. T00SG11GEORE01	A	R
D					
C					
B					
A	EMISSIONE		FEBBRAIO 2023	PECORELLA	MEZZANZANICA FORMICHI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

Servizi di indagini geognostiche e monitoraggio geotecnico ante operam gallerie della Guinza, Valpiana, S. Veronica e S. Antonio S/N

AN58 - S.G.C. Grosseto – Fano (E78)

galleria della Guinza (lotto 2) e tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3 1° Stralcio)



Progetto	Gallerie della Guinza, Valpiana, S. Veronica e S. Antonio S/N
Nr. Progetto	AN58
Oggetto	Sondaggio orizzontale a carotaggio continuo
Emesso da	ATI monitoraggio
Emesso per	ANAS Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori Progettazione, Indirizzo e Controllo – Geotecnica e Gallerie
Data	Agosto 2022

Revisione Documento

Autore	
Controllato	
Approvato	

Versione	Descrizione	Iniziali	Data

GALLERIA SANT'ANTONIO SUD INDAGINI GEOGNOSTICHE

Sondaggio orizzontale presso by-pass galleria progressiva km 7+775



RTI 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A. - GEOCONSOL S.r.l. - GEOFISICA MISURE S.n.c. - PIZZI TERRA S.r.l. - GEOPLANNING SERVIZI PER IL TERRITORIO S.r.l. – “Servizi di monitoraggio geotecnico–geomorfologico in fase ante operam, corso d’opera e post operam, da eseguirsi nell’ambito delle attività di progettazione e di esecuzione lavori” - Lotto n. 5 Coordinamento Territoriale Anas Centro (Marche, Umbria, Toscana) - Cod. CIG: 7434833A46



SONDAGGIO ORIZZONTALE S1 C1 da 0,00 a 5,00 m



SONDAGGIO ORIZZONTALE S1 C2 da 5,00 a 10,00 m



SONDAGGIO ORIZZONTALE S1 C3 da 10,00 a 14,50 m



CORCIANO (PG) - Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi

- Terre e Rocce – Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

- Prove e controlli su strutture e costruzioni esistenti (Circ. 633/STC) - Decreto n. 83 del 18/03/2022

- Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore Prodotti da costruz. Reg. (UE) n. 305/2011 – Not. n. 1676

GROTTAGLIE (TA) - Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settore:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 63 del 30/03/2021

**Laboratorio Terre e Rocce - Corciano (PG)**

Decreto di concessione per i Settori A e B n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO N°	T032106	DEL	14/09/2022
Verbale d'accettazione n°	T / 6430	del	13/09/2022

Intestatario: ANAS SPA - Direzione Generale - Prog. Geot. e Gallerie
Via Luigi Pianciani, 16 00185 - ROMA

Committente: GEOTECNICA LAVORI S.r.l.

Cantiere: Itinerario Internazionale E78 S.G.C. Grosseto - Fano, tratta Selci Lama (E45) S. Stefano di Gaifa. Adeguamento a due corsie della Galleria Guinza (lotto 2) e del tratto Guinza - Mercatello Ovest (lotto 3) 1° Stralcio.

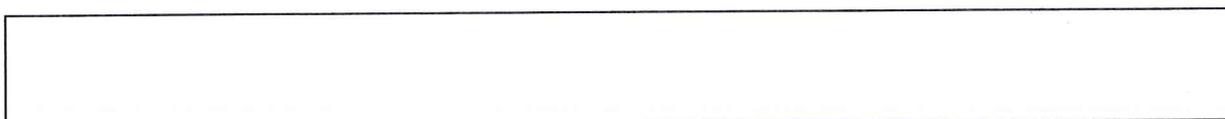
Località: Galleria S. Antonio Sud - Zona Bypass

D.E.C. Dott. Ing. Andrea Mattei

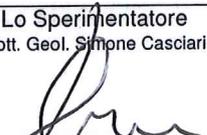
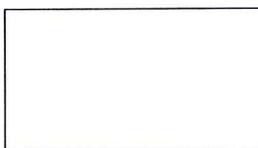
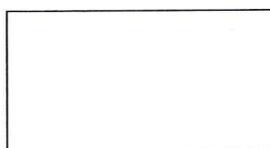
Richiesta: Non sottoscritta dalla D.L.

Natura del campione: Campione di roccia in involucro di plastica

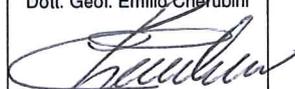
DATI IDENTIFICATIVI		PROVE ESEGUITE	
		DESCRIZIONE	PROGRESSIVO
Data ricevimento :	13/09/2022	Point Load Test	FA01
Sondaggio:	SO		
Campione:	CL1		
Contrassegno:	SO-CL1		
Profondità:	7,00 - 8,00 m		
Punto di prelievo:	Galleria S. Antonio Sud Zona Bypass		
Data di prelievo:	non dichiarata		
Modalità di prelievo:	carotaggio		
CONTENITORE			
Tipo:	involucro di plastica		
Lunghezza:	--		
Diametro:	--		
Altro:	--		



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Simone Casciari

Il Direttore
Dott. Geol. Emilio Cherubini





CORCIANO (PG) - Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi

- Terre e Rocce – Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

- Prove e controlli su strutture e costruzioni esistenti (Circ. 633/STC) - Decreto n. 83 del 18/03/2022

- Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore Prodotti da costruz. Reg. (UE) n. 305/2011 – Not. n. 1676

GROTTAGLIE (TA) - Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settore:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 63 del 30/03/2021

**Laboratorio Terre e Rocce - Corciano (PG)***Decreto di concessione per i Settori A e B n. 54349 del 16/02/2006 e successivi*

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO N°	T032107	DEL	14/09/2022
Verbale d'accettazione n°	T / 6430	del	13/09/2022

Intestatario: ANAS SPA - Direzione Generale - Prog. Geot. e Gallerie
Via Luigi Pianciani, 16 00185 - ROMA

Committente: GEOTECNICA LAVORI S.r.l.

Cantiere: Itinerario Internazionale E78 S.G.C. Grosseto - Fano, tratta Selci Lama (E45) S. Stefano di Gaifa. Adeguamento a due corsie della Galleria Guinza (lotto 2) e del tratto Guinza - Mercatello Ovest (lotto 3) 1° Stralcio.

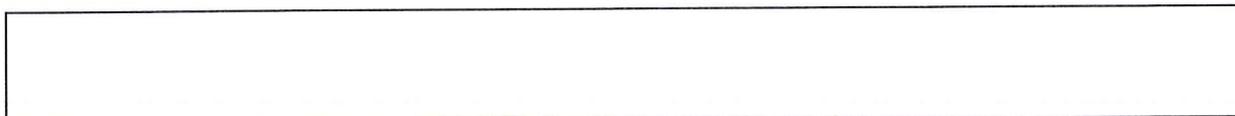
Località: Galleria S. Antonio Sud - Zona Bypass

D.E.C. Dott. Ing. Andrea Mattei

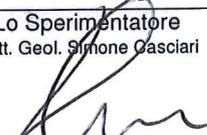
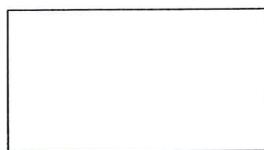
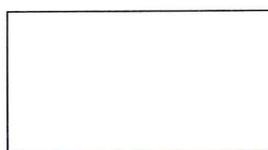
Richiesta: Non sottoscritta dalla D.L.

Natura del campione: Campione di roccia in involucro di plastica

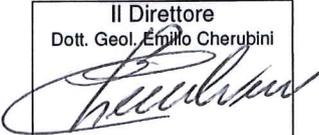
DATI IDENTIFICATIVI		PROVE ESEGUITE	
		DESCRIZIONE	PROGRESSIVO
Data ricevimento :	13/09/2022	Point Load Test	FA01
Sondaggio:	SO		
Campione:	CL2		
Contrassegno:	SO-CL2		
Profondità:	11,00 - 12,00 m		
Punto di prelievo:	Galleria S. Antonio Sud Zona Bypass		
Data di prelievo:	non dichiarata		
Modalità di prelievo:	carotaggio		
CONTENITORE			
Tipo:	involucro di plastica		
Lunghezza:	--		
Diametro:	--		
Altro:	--		



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Simone Casciari

Il Direttore
Dott. Geol. Emilio Cherubini





CORCIANO (PG) - Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi

- Terre e Rocce – Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

- Prove e controlli su strutture e costruzioni esistenti (Circ. 633/STC) - Decreto n. 83 del 18/03/2022

- Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore Prodotti da costruz. Reg. (UE) n. 305/2011 – Not. n. 1676

GROTTAGLIE (TA) - Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settore:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 63 del 30/03/2021

**Laboratorio Terre e Rocce - Corciano (PG)**

Decreto di concessione per i Settori A e B n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

Pag. 1 di 3

CERTIFICATO N°	T032122	DEL	23/09/2022
Verbale d'accettazione n°	T / 6432	del	22/09/2022

Intestatario: ANAS SPA - Direzione Generale - Prog. Geot. e Gallerie
Via Luigi Pianciani, 16 00185 - ROMA

Committente: GEOTECNICA LAVORI S.r.l.

Cantiere: Itinerario Internazionale E78 S.G.C. Grosseto - Fano, tratta Selci Lama (E45) S. Stefano di Gaifa. Adeguamento a due corsie della Galleria Guinza (lotto 2) e del tratto Guinza - Mercatello Ovest (lotto 3) 1° Stralcio.

Località: Galleria S. Antonio Sud - Zona Bypass

D.E.C. Dott. Ing. Andrea Mattei

Richiesta: Non sottoscritta dalla D.L.

Natura del campione: Campione di roccia in involucro di plastica

DATI IDENTIFICATIVI		PROVE ESEGUITE	
		DESCRIZIONE	PROGRESSIVO
Data ricevimento :	22/09/2022		
Sondaggio:	SO	Descrizione petrografica semplificata	FA01
Campione:	C1	Massa volumica apparente	FA02
Contrassegno:	SO-C1		
Profondità:	8,20 - 9,00 m		
Punto di prelievo:	Galleria S. Antonio Sud Zona Bypass		
Data di prelievo:	non dichiarata		
Modalità di prelievo:	carotaggio		
CONTENITORE			
Tipo:	involucro di plastica		
Lunghezza:	--		
Diametro:	--		
Altro:	--		

Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Simone Casciari

Il Direttore
Dott. Geol. Emilio Cherubini



Certificato di prova: T032122FA01	Pagina 2/3	DATA DI EMISSIONE: 23/09/22	Inizio analisi: 22/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: T/6432 del 22/09/22		Apertura campione: 22/09/22	Fine analisi: 22/09/22

INTESTATARIO: ANAS S.p.A. Direzione Generale - Prog. Geot. e Gallerie			
RIFERIMENTO:			
SONDAGGIO: SO	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 8.20 - 9.00	

DESCRIZIONE PETROGRAFICA SEMPLIFICATA

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 14689-1 / UNI EN ISO 12670 / UNI EN ISO 12407

Dimensione dei granuli	inferiore a 0,06 mm
Struttura	massiva, particellare frattura da scagliosa a concoide
Anisotropia	con la manipolazione per il ricavo di provini a geometria regolare si formano discontinuità variamente orientate, non osservabili all'origine, che si aprono in breve tempo
Porosità	primaria di grado medio-basso
Vescicolarità	non presente
Colore	grigio bluastrò (Munsell GLEY2 - 4/1)
Composizione mineralogica	minerali delle argille, minerali calcarei, miche reazione con HCl: viva effervescenza
Alterazione e sgretolamento	nessun segno visibile di alterazione; durezza Mohs inferiore a 3
Fossili e microfossili	non rilevati



Nome della roccia

MARNA SILTOSA (CALCISILTITE)



Certificato di prova: T032122FA02	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 23/09/22	Inizio analisi: 22/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: T/6432 del 22/09/22		Apertura campione: 22/09/22	Fine analisi: 23/09/22

INTESTATARIO: ANAS S.p.A. Direzione Generale - Prog. Geot. e Gallerie		
RIFERIMENTO:		
SONDAGGIO: SO	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 8.20 - 9.00

MASSA VOLUMICA NATURALE

Peso di volume allo stato naturale = 25,4 kN/m³



CORCIANO (PG) - Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:
 - Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi
 - Terre e Rocce – Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi
 - Prove e controlli su strutture e costruzioni esistenti (Circ. 633/STC) - Decreto n. 83 del 18/03/2022
 - Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore Prodotti da costruz. Reg. (UE) n. 305/2011 – Not. n. 1676
 GROTTAGLIE (TA) - Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settore:
 - Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 63 del 30/03/2021

**Laboratorio Terre e Rocce - Corciano (PG)***Decreto di concessione per i Settori A e B n. 54349 del 16/02/2006 e successivi*

Pag. 1 di 3

CERTIFICATO N° T032123 **DEL** 23/09/2022
Verbale d'accettazione n° T / 6432 **del** 22/09/2022

Intestatario: ANAS SPA - Direzione Generale - Prog. Geot. e Gallerie
Via Luigi Pianciani, 16 00185 - ROMA

Committente: GEOTECNICA LAVORI S.r.l.

Cantiere: Itinerario Internazionale E78 S.G.C. Grosseto - Fano, tratta Selci Lama (E45) S. Stefano di Gaifa. Adeguamento a due corsie della Galleria Guinza (lotto 2) e del tratto Guinza - Mercatello Ovest (lotto 3) 1° Stralcio.

Località: Galleria S. Antonio Sud - Zona Bypass

D.E.C. Dott. Ing. Andrea Mattei

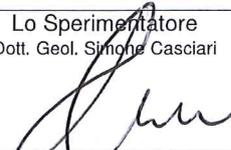
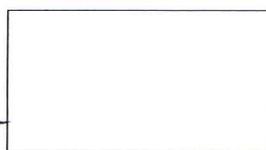
Richiesta: Non sottoscritta dalla D.L.

Natura del campione: Campione di roccia in involucro di plastica

DATI IDENTIFICATIVI		PROVE ESEGUITE	
		DESCRIZIONE	PROGRESSIVO
Data ricevimento :	22/09/2022		
Sondaggio:	SO	Descrizione petrografica semplificata	FA01
Campione:	C2	Massa volumica apparente	FA02
Contrassegno:	SO-C2		
Profondità:	10,50 - 11,00 m		
Punto di prelievo:	Galleria S. Antonio Sud Zona Bypass		
Data di prelievo:	non dichiarata		
Modalità di prelievo:	carotaggio		
CONTENITORE			
Tipo:	involucro di plastica		
Lunghezza:	--		
Diametro:	--		
Altro:	--		



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Simone Casciari

Il Direttore
Dott. Geol. Emilio Cherubini





Certificato di prova: T032123FA01	Pagina 2/3	DATA DI EMISSIONE: 23/09/22	Inizio analisi: 22/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: T/6432 del 22/09/22		Apertura campione: 22/09/22	Fine analisi: 22/09/22

INTESTATARIO: ANAS S.p.A. Direzione Generale - Prog. Geot. e Gallerie		
RIFERIMENTO: E 78 S.G.C. - Galleria S. Antonio Sud - Bypass		
SONDAGGIO: SO	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 10.50 - 11.00

DESCRIZIONE PETROGRAFICA SEMPLIFICATA

Modalità di prova: Norma UNI EN ISO 14689-1 / UNI EN ISO 12670 / UNI EN ISO 12407

Dimensione dei granuli	inferiore a 0,06 mm
Struttura	massiva, particellare frattura da scagliosa a concoide
Anisotropia	con la manipolazione per il ricavo di provini a geometria regolare si formano discontinuità variamente orientate, non osservabili all'origine, che si aprono in breve tempo
Porosità	primaria di grado medio-basso
Vescicolarità	non presente
Colore	grigio bluastrò (Munsell GLEY2 - 4/1)
Composizione mineralogica	minerali delle argille, minerali calcarei, miche reazione con HCl: viva effervescenza
Alterazione e sgretolamento	nessun segno visibile di alterazione; durezza Mohs inferiore a 3
Fossili e microfossili	non rilevati



Nome della roccia

MARNA SILTOSA (CALCISILTITE)



Certificato di prova: T032123FA02	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 23/09/22	Inizio analisi: 22/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: T/6432 del 22/09/22		Apertura campione: 22/09/22	Fine analisi: 23/09/22

INTESTATARIO: ANAS S.p.A. Direzione Generale - Prog. Geot. e Gallerie			
RIFERIMENTO: E 78 S.G.C. - Galleria S. Antonio Sud - Bypass			
SONDAGGIO: SO	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m	10.50 - 11.00

MASSA VOLUMICA NATURALE

Peso di volume allo stato naturale = 25,5 kN/m³

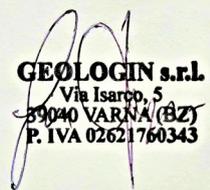
Prova dilatometrica eseguita nel sondaggio S14_Pz22 presso una galleria in adeguamento appartenente al tratto E78 S.G.C. Grosseto – Fano, collocata al confine fra le regioni di Umbria e Marche rispettivamente nei comuni di San Giustino (PG) e Mercatello sul Metauro (PU)

00

25/08/2022

Issued

Gianfranco Draga



GEOLOGIN s.r.l.
Via Isarco, 5
39040 VARNA (BZ)
P. IVA 02621760343

1. INTRODUZIONE	3
2. UBICAZIONE DEL SITO D'INDAGINE	4
3. MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE DILATOMETRICHE	5
4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	6
5. RISULTATI DELLE PROVE DILATOMETRICHE	7
5.1. Sondaggio S14_Pz22	7
5.2. Schema, Taratura e Calibrazione dello strumento	10

1. INTRODUZIONE

Su incarico della società Pizzi Terra Srl, in data 10.08.2022, è stata eseguita una prova dilatometrica presso una delle gallerie in adeguamento (chiuse al traffico) appartenenti al tratto E78 S.G.C. Grosseto – Fano, collocate al confine fra le regioni di Umbria e Marche rispettivamente nei comuni di San Giustino (PG) e Mercatello sul Metauro (PU).

Nella seguente tabella sono riportate le specifiche di ogni prova eseguita.

Prova	Sondaggio	Quantità	Tratto indagato
Dilatometria DRT	S14_Pz22	1	8.00m – 9.00m

2. UBICAZIONE DEL SITO D'INDAGINE

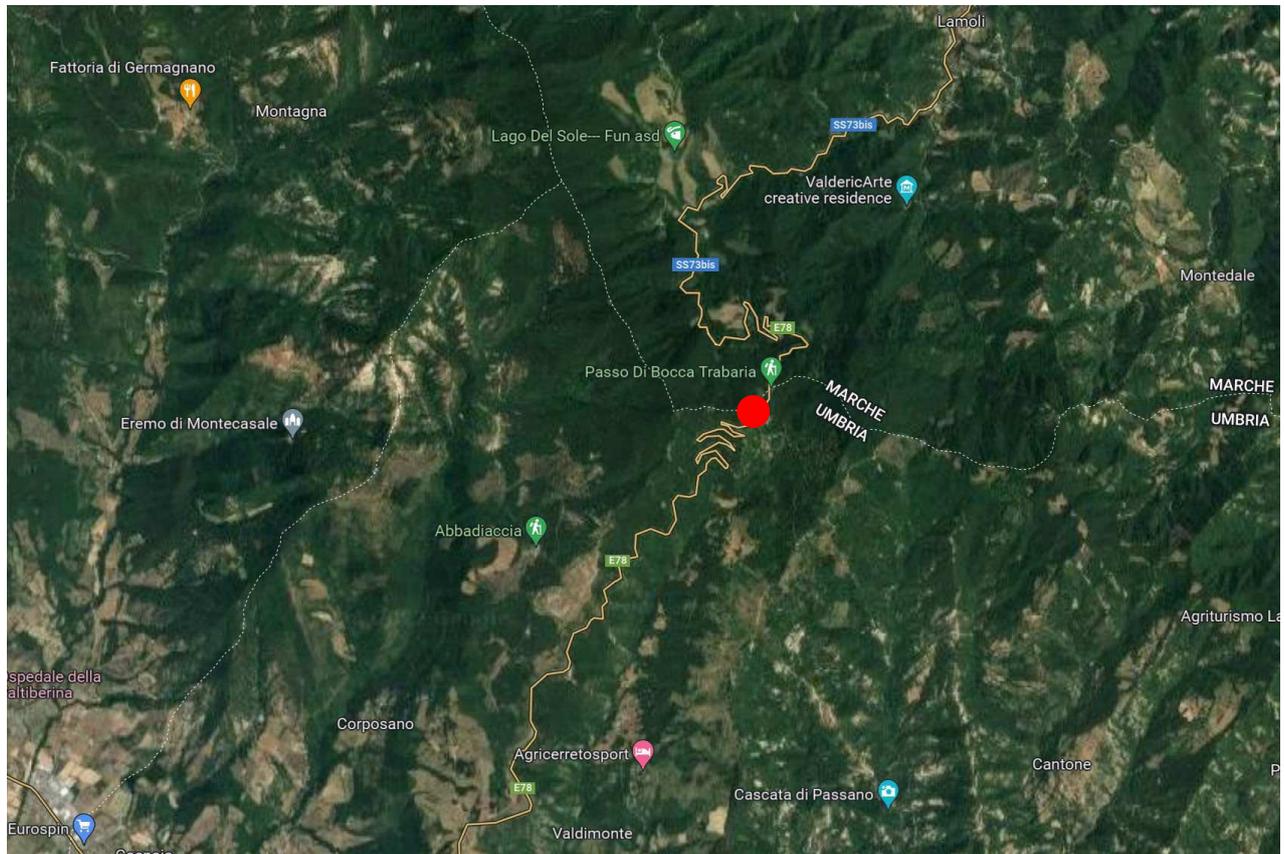


Fig. 1: Ubicazione approssimativa del sondaggio S14-Pz22

3. MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE DILATOMETRICHE

Per le prove dilatometriche viene calato un packer all'interno del foro di sondaggio per mezzo di aste metalliche. Questo packer è collegato sia con tubicini di alta pressione alla bombola gas che con un cavo elettrico al datalogger. Per eseguire la prova lo stesso packer viene gonfiato con azoto per vedere la dilatazione della roccia/formazione in funzione della pressione. I dati vengono trasmessi tramite il cavo elettrico dai sensori presenti nel packer al datalogger sulla superficie. Per la visualizzazione dei dati viene utilizzato un Tablet che è collegato al datalogger via Bluetooth. Le prove di solito vengono eseguite dal basso verso l'alto oppure realizzando una tasca di prova a fondo foro.

La prova viene eseguita in tre cicli composti da carico e scarico, la pressione massima di ogni ciclo è circa il doppio della pressione massima del ciclo precedente. Ogni massima pressione di ogni ciclo dipende dalla profondità della prova e dal livello dell'acqua. Grazie alla membrana flessibile la pressione viene esercitata in maniera uniforme alla parete del foro.

Le profondità delle prove sono state indicate dal committente.

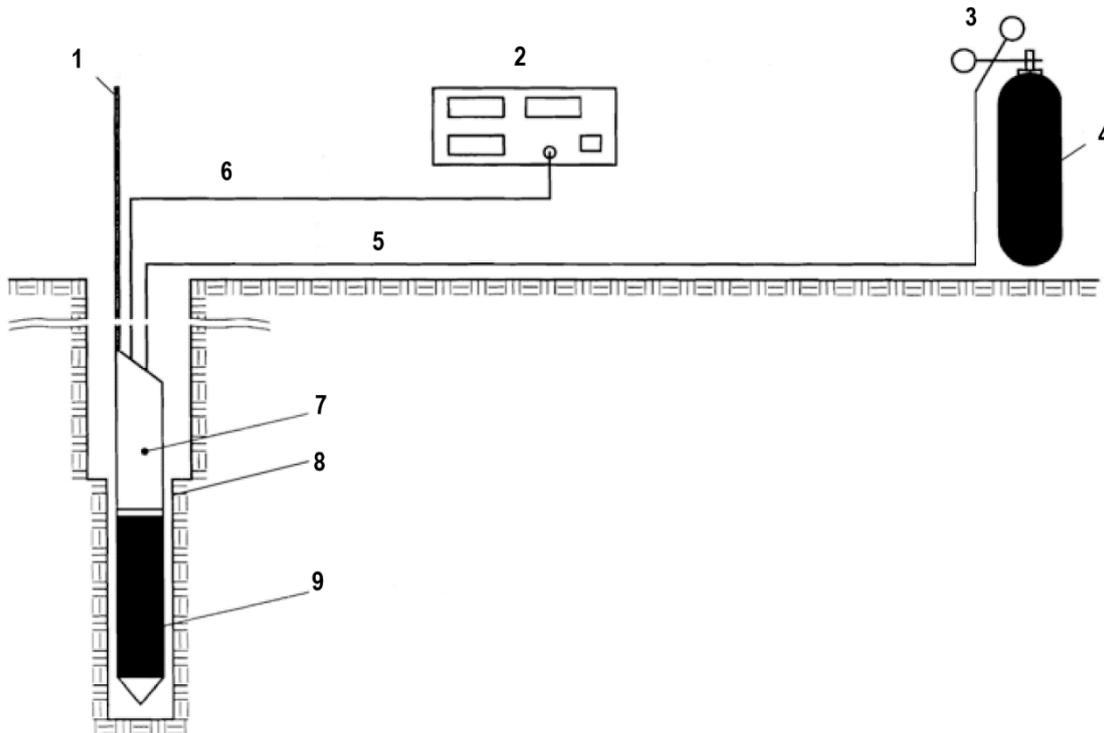


Fig.1: Schema della prova dilatometrica. 1 aste metalliche; 2 datalogger; 3 regolatore e valvole gas; 4 bombola gas; 5 tubicini di alta pressione; 6 cavo elettrico; 7 tubo a sedimenti; 8 foro di sondaggio; 9 sonda dilatometrica

4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il dilatometro utilizzato è di tipo DMP-90 da 100 bar ed è composto da:

- Datalogger (DP Box); (1)
- Cavo elettrico per trasferimento dati; (2)
- Sonda dilatometrica Ø 90 mm; (3)
- Regolatore gas e valvole gas; (4)
- Bombola d'azoto; (5)
- Tubicini di collegamento sonda-bombola gas, per alimentazione gas, con resistenza = 220 bar; (6)
- Tablet per la visualizzazione e registrazione dei dati

Complete DMP95 system including a probe, a data logger, pneumatic tubing and electrical cable

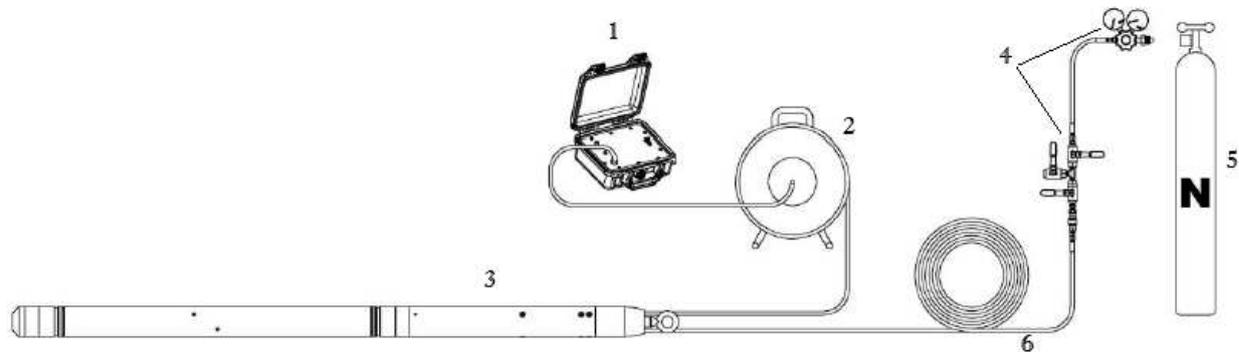


Fig.2: Schema della strumentazione utilizzata

Per le prove dilatometriche è stato usato un dilatometro flessibile di tipo DMP90 della ditta TELEMAC. Il dilatometro, di diametro 90mm è composto da una membrana flessibile di lunghezza 1000m, un tubo di sedimento, tre sensori di spostamento per misurare la dilatazione e un sensore di pressione per misurare la pressione all'interno della sonda.

Per regolare la pressione all'interno del packer, vengono utilizzati delle valvole, rubinetti e un regolatore gas di alta pressione. Grazie a questo sistema di valvole, rubinetti e regolatore, è possibile aumentare, mantenere e diminuire la pressione all'interno del packer e quindi realizzare i tre cicli e i vari step dei cicli per eseguire una prova corretta.

5. RISULTATI DELLE PROVE DILATOMETRICHE

5.1. Sondaggio S14_Pz22

5.1.1.1. Dilatometria 1 – 8.00 m – 9.00 m

Calcolo del modulo dilatometrico (Ed) :

$$Ed = 2 \times G \times (1 + \nu)$$

Modulo di taglio :

$$G = \Delta P \times 0,5 \times \varnothing_{F,0} / \Delta d$$

Risultato :

$$Ed = (1 + \nu) \times \varnothing_{F,0} \times \Delta P / \Delta d$$

Ed2 = **7466.1** (Mpa)

Dati di calcolo :

- ν coefficiente di Poisson :

$\nu =$ **0.25**

- $\varnothing_{F,0}$ diametro iniziale di foro ($\varnothing_{F,0} = \varnothing_S + Dd0$) :

$\varnothing_{F,0} =$ **104.1** (mm)

- \varnothing_S diametro della sonda dilatometrica :

$\varnothing_S =$ **90.93** (mm)

- Risultato :

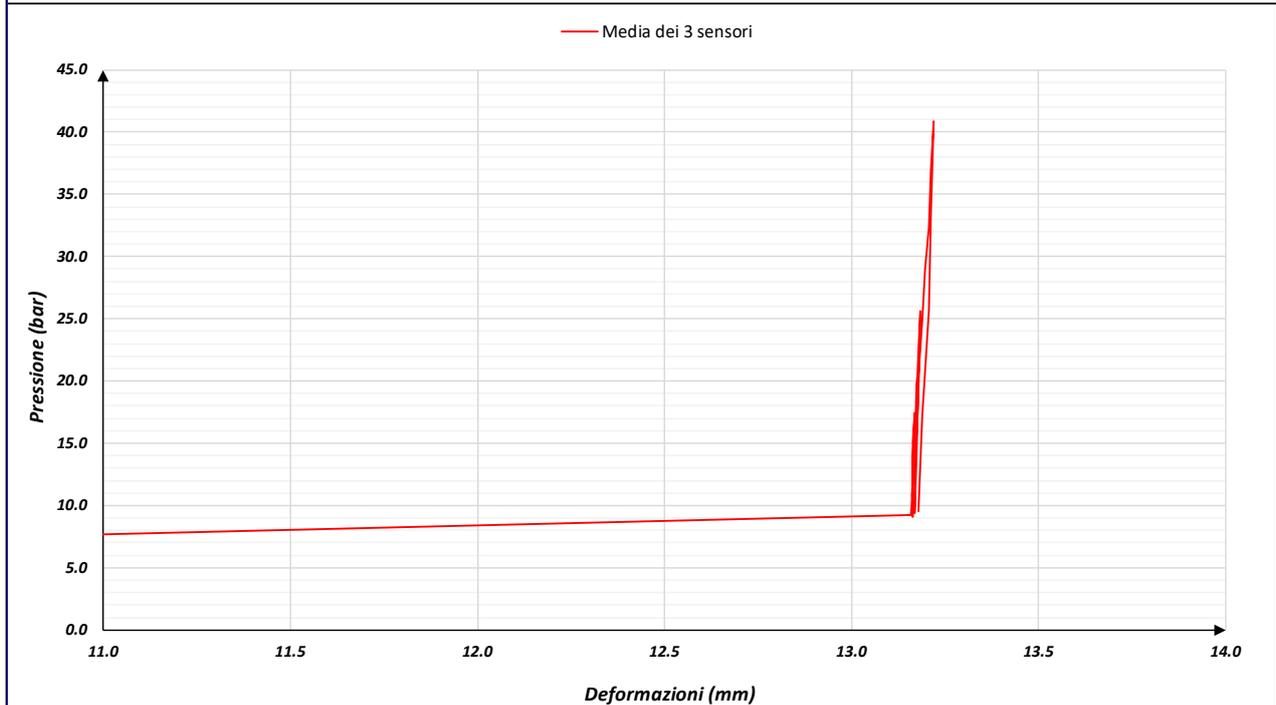
$(1 + \nu) \times \varnothing_{F,0} =$ **130.1** (mm)

Ee2 = **13510.4** (Mpa) (calcolato sul 2° Ciclo)

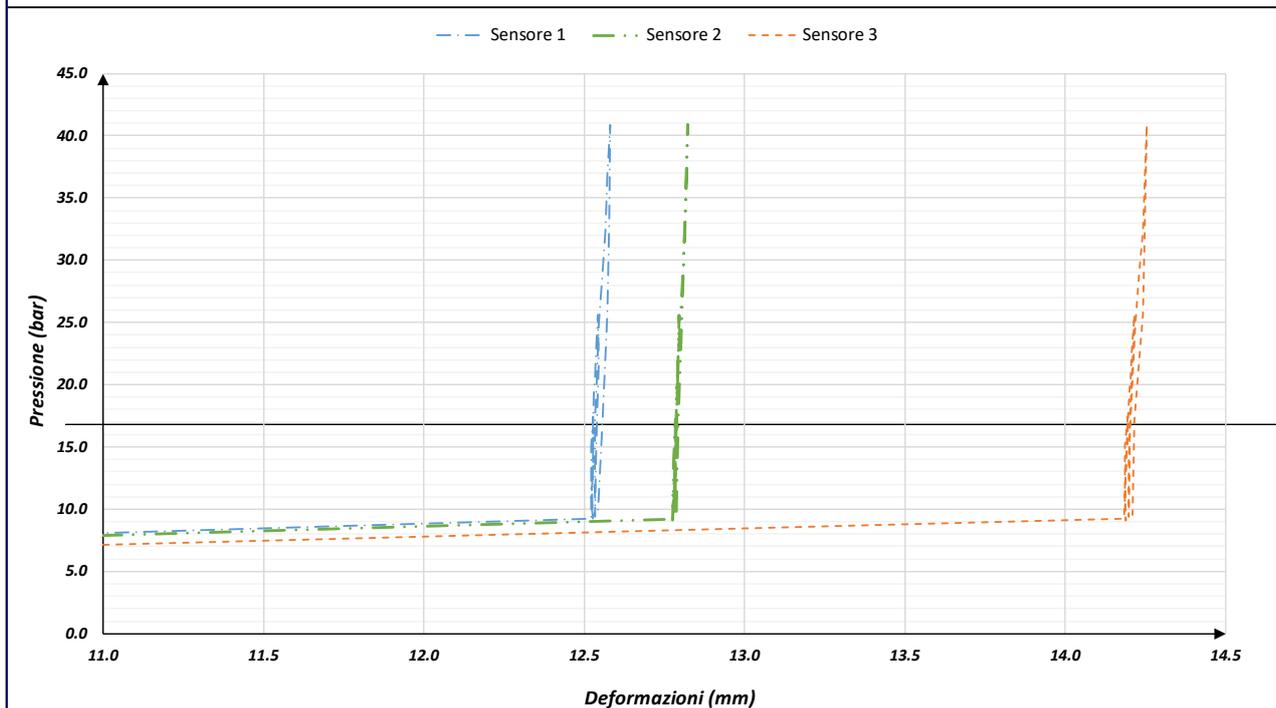
		COMMITTENTE:		Pizzi Terra S.r.l.		COORDINATE:							
		CANTIERE:		Umbria									
		SONDAGGIO:		S14 Pz22		Quota (m.s.l.m.):							
TEST:	Test dilatometro flessibile	PROVA	DRT1	DIAM. SONDA (mm)	90	FALDA		LITOLOGIA		DATA	10/08/2022	OPERATORE	
DEV:	DMP-90 NF EN ISO 22476-5	PROFONDITA' (m)	8-9m	DIAM. FORO (mm)	101	RQD %		ORA				G.Dragà	
Ciclo		Pressione (Bar)		Deformazioni (mm)				Mod. Dilato (MPa)					
		Letta	Corretta	Sensore 1	Sensore 2	Sensore 3	Media						
Contatto		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000						
		1.4	0.1	2.172	2.059	2.202	2.144						
		1.6	0.0	2.895	2.953	2.845	2.898						
		2.3	0.6	3.241	3.257	3.257	3.252						
		4.9	3.0	4.223	4.352	4.635	4.403						
P ₀		12.3	9.2	12.520	12.775	14.182	13.159	E _{D1}					
Ciclo 1	Carico	14.0	10.9	12.522	12.783	14.184	13.163	11433.4					
		16.0	12.9	12.522	12.783	14.184	13.163						
		18.2	15.1	12.522	12.784	14.186	13.164						
	P ₁	20.5	17.4	12.528	12.785	14.193	13.169	E _{E1}					
	Scarico	18.3	15.2	12.526	12.780	14.190	13.165						
		16.8	13.7	12.527	12.778	14.188	13.164						
		14.2	11.1	12.525	12.777	14.186	13.163	15921.5					
	P ₀	12.2	9.1	12.526	12.774	14.187	13.162	E _{DR1}					
	Ricarico	14.0	10.9	12.522	12.776	14.186	13.161						
		16.1	13.0	12.526	12.783	14.187	13.165						
	19.1	16.0	12.527	12.787	14.193	13.169	11113.1						
P ₁	20.2	17.1	12.528	12.787	14.194	13.170	E _{D2}						
Ciclo 2	Carico	22.9	19.8	12.531	12.788	14.199	13.173	7466.1					
		23.6	20.5	12.533	12.789	14.203	13.175						
		25.6	22.5	12.535	12.793	14.207	13.178						
	1,5.P ₁ < P ₂ < 2.P ₁	28.7	25.6	12.541	12.797	14.214	13.184	E _{E2}					
	Scarico	24.8	21.7	12.544	12.793	14.209	13.182						
		20.1	16.9	12.539	12.787	14.199	13.175						
		17.0	13.9	12.537	12.785	14.199	13.174	13510.4					
	P ₀	12.5	9.4	12.532	12.779	14.197	13.169	E _{DR2}					
	Ricarico	17.2	14.1	12.532	12.785	14.198	13.172						
		20.4	17.2	12.533	12.789	14.203	13.175						
	23.6	20.5	12.538	12.791	14.209	13.179	10091.6						
P ₂	28.0	24.9	12.546	12.799	14.219	13.188	E _{D3}						
Ciclo 3	Carico	32.1	29.0	12.556	12.806	14.230	13.197	6759.4					
		35.5	32.4	12.565	12.812	14.241	13.206						
		40.0	36.9	12.571	12.818	14.247	13.212						
	1,5.P ₂ < P ₃ < 2.P ₂	44.0	40.9	12.579	12.822	14.255	13.219	E _{E3}					
	Scarico	36.2	33.1	12.578	12.812	14.247	13.212						
		28.8	25.7	12.572	12.804	14.241	13.206						
		20.3	17.2	12.556	12.794	14.216	13.189	9617.8					
P ₀	12.7	9.6	12.542	12.786	14.209	13.179							

GEOLOGIN GEOPHYSICAL LOGGING		COMMITTENTE:		Pizzi Terra S.r.l.		COORDINATE:	
		CANTIERE:		Umbria			
		SONDAGGIO:		S14 Pz22		Quota (m.s.l.m.):	
TEST:	Test dilatometro flessibile	PROVA	DIAM. SONDA (mm)	FALDA	LITOLOGIA	DATA	OPERATORE
		DRT1	90			10/08/2022	
DEV:	DMP-90 NF EN ISO 22476-5	PROFONDITA' (m)	DIAM. FORO (mm)	RQD %		ORA	G.Dragà
		8-9m	101				

RAPPRESENTAZIONE DELLA PROVA DILATOMETRICA



RAPPRESENTAZIONE DELLA PROVA DILATOMETRICA



5.2. Schema, Taratura e Calibrazione dello strumento

STANDARDIZZAZIONE DELLA SONDA DILATOMETRICA

La standardizzazione permette di determinare la resistenza della membrana :

$$P_{\text{resistenza guaina}} (D_{\text{misurata}}) = P_e (D_{\text{misurata}})$$

P_e espresso sotto forma di poligono :

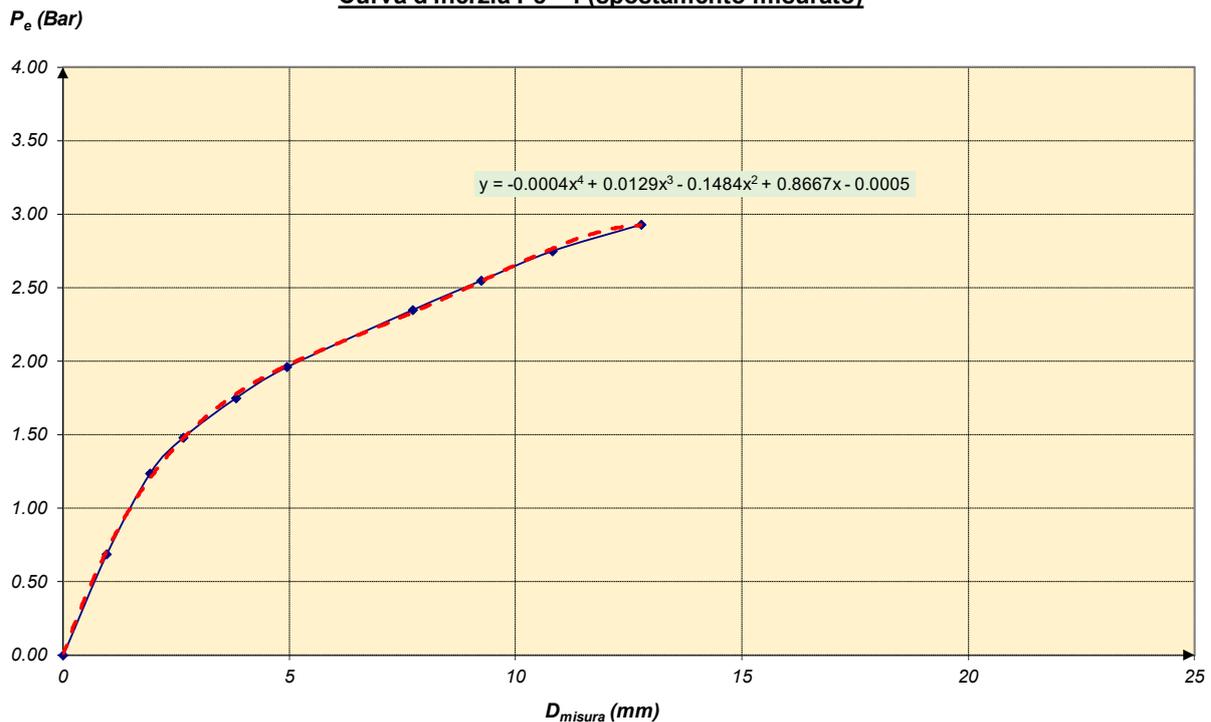
$$P_e (D_{\text{misurata}}) = a \times D_{\text{misurata}}^{\alpha} + b \times D_{\text{misurata}}^{\beta} + c \times D_{\text{misurata}}^{\gamma} + d \times D_{\text{misurata}}^{\delta} + e \times D_{\text{misurata}}^{\epsilon} + f \times D_{\text{misurata}}^{\phi}$$

La pressione applicata può essere corretta secondo la relazione :

$$P_{\text{corretta}} = P_{\text{misurata}} (D_{\text{misurata}}) - P_e (D_{\text{misurata}})$$

Pressione (bar)	Spostamenti (mm)				Definizioni di coefficienti :
	C1	C2	C3	Media	
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.7	0.863	0.372	1.664	0.966	
1.2	1.786	1.381	2.610	1.926	$a = -4.00E-04$ $\alpha = 4$
1.5	2.463	2.141	3.349	2.651	
1.8	3.601	3.255	4.597	3.818	$b = 1.29E-02$ $\beta = 3$
2.0	4.691	4.404	5.721	4.939	
2.4	7.418	7.259	8.497	7.725	$c = -1.48E-01$ $\gamma = 2$
2.6	8.916	8.801	10.012	9.243	
2.8	10.421	10.431	11.570	10.807	$d = 8.67E-01$ $\delta = 1$
2.9	12.285	12.453	13.563	12.767	
					$e = -5.00E-04$ $\epsilon = 0$
					$f = 0.00E+00$ $\phi = 0$

Curva d'inerzia $P_e = f$ (spostamento misurato)



CALIBRAZIONE DELLA SONDA DILATOMETRICA

La calibrazione permette di determinare con precisione il diametro della sonda dilatometrica. Ciò corrisponde alla differenza tra il diametro del tubo in cui viene gonfiata la sonda e la media degli spostamenti dei tre sensori:

$$\varnothing_s = \varnothing_{\text{tubo}} - \Delta d_m$$

Da questi dati è quindi possibile determinare il diametro iniziale del pozzo alla profondità della prova dilatometrica.

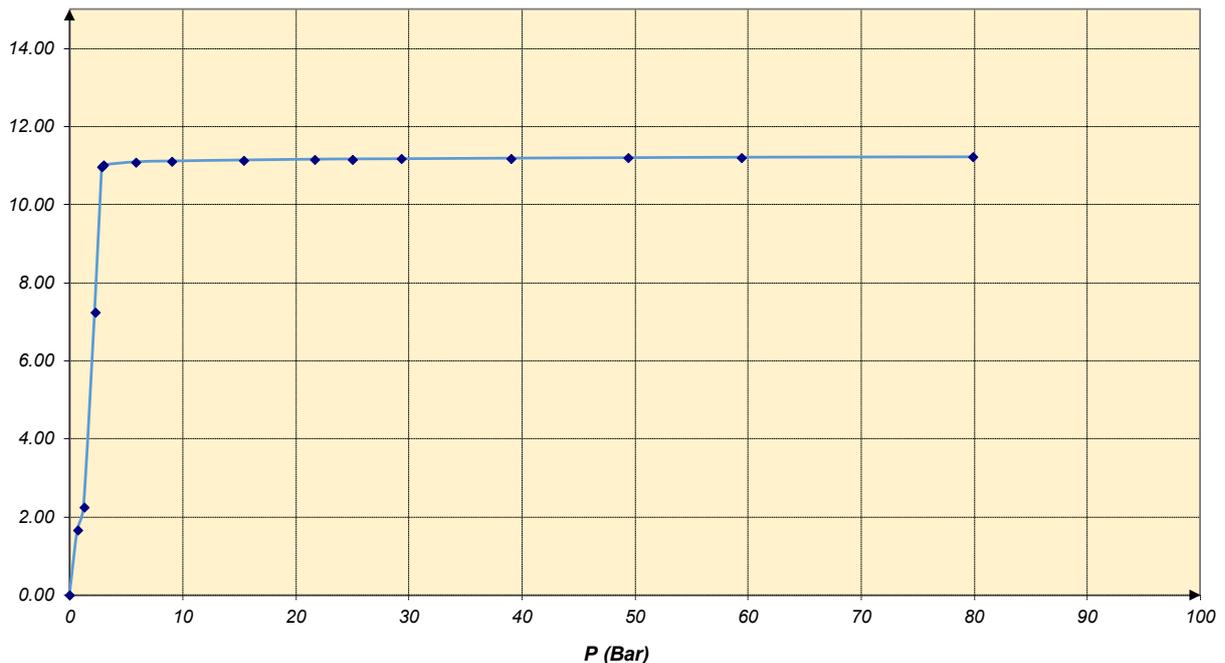
Questo è definito dalla relazione ($\Delta d_m, P_0$ è la media degli spostamenti dei sensori alla pressione di contatto - P_0):

$$\varnothing_{F,0} = \varnothing_s - \Delta d_{m,P_0}$$

Pressione (bar)	Spostamenti (mm)				Determinazione del diametro della sonda dilatometrica
	C1	C2	C3	Media	
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	<p>Diametro interno del tubo :</p> $\varnothing_{\text{intérieur tube}} = 102.000 \text{ mm}$ <p>Spostamento medio dei sensori diametrali al contatto :</p> $\Delta d_m = 11.071 \text{ mm}$ <p>Diametro sonda :</p> $\varnothing_{\text{sonda}} = \varnothing_{\text{tubo}} - \Delta d_m = 90.929 \text{ mm}$
0.69	1.370	1.215	2.448	1.678	
1.24	1.551	2.406	2.798	2.252	
2.22	6.482	7.295	7.942	7.240	
2.85	10.602	11.232	11.097	10.977	
2.96	10.645	11.241	11.157	11.014	
5.85	10.795	11.265	11.215	11.092	
8.99	10.842	11.276	11.220	11.113	
15.39	10.887	11.293	11.237	11.139	
21.67	10.917	11.309	11.253	11.160	
24.99	10.928	11.313	11.257	11.166	
29.32	10.932	11.318	11.262	11.171	
39.03	10.940	11.339	11.279	11.186	
49.39	10.946	11.354	11.294	11.198	
59.40	10.951	11.369	11.308	11.209	
79.86	10.960	11.376	11.323	11.220	

Curva di calibrazione del DMP 90 in un tubo

$D_{\text{misurata}} (mm)$



Progetto	Indagini strutturali e rilievi gallerie della Guinza, Valpiana, S. Veronica e S. Antonio della S.G.C. Grosseto – Fano (E78)
Nr. Progetto	20000.501
Oggetto	Rilievo geomeccanico Galleria Guinza, Imbocco Nord
Emesso da	Pizzi terra S.r.l.
Emesso per	ANAS
Data	11-07-2022

Revisione Documento

Autore	Giampaolo Mariannelli
Controllato	Francesco Fidolini
Approvato	Riccardo Pizzi

Versione	Descrizione	Iniziali	Data
00			11-07-2022

Sommario

1	Premessa	3
2	Inquadramento geologico e descrizione dell'affioramento	3
3	Caratterizzazione geomeccanica della roccia intatta	6
4	Caratterizzazione geomeccanica delle discontinuità	8
4.1	Ubicazione delle linee di stendimento	8
4.2	Caratterizzazione delle discontinuità	11
4.3	Famiglie di discontinuità	14
4.4	Spaziatura	14
4.4.1	Spaziatura apparente totale	15
4.4.2	Spaziatura reale dei set di discontinuità	16
4.5	Volume roccioso unitario	16
4.6	Volumetric Joint Count	18
5	Classificazione dell'ammasso roccioso	19
5.1	Rock Mass Rating (RMR) – Beniaowski 1989	19
5.2	Rock Quality Index (Q-System) – Barton 1974	22
5.3	Geological Strenght Index – Marinos & Hoek 2000	26
6	Sintesi dei dati acquisiti	27

1 Premessa

Il 7 giugno 2022 è stato eseguito un rilievo geomeccanico della parete rocciosa presente al di sopra dell'Imbocco Nord della Galleria della Guinza, situata nel Comune di Mercatello sul Metauro (PU).

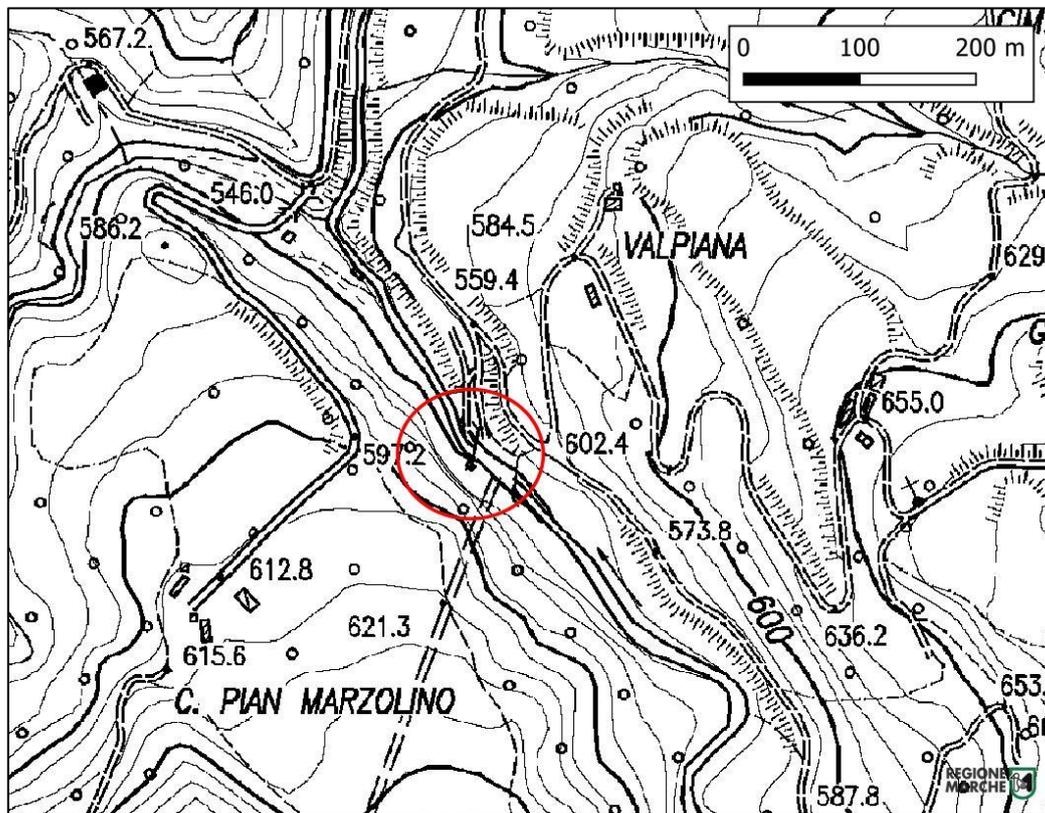
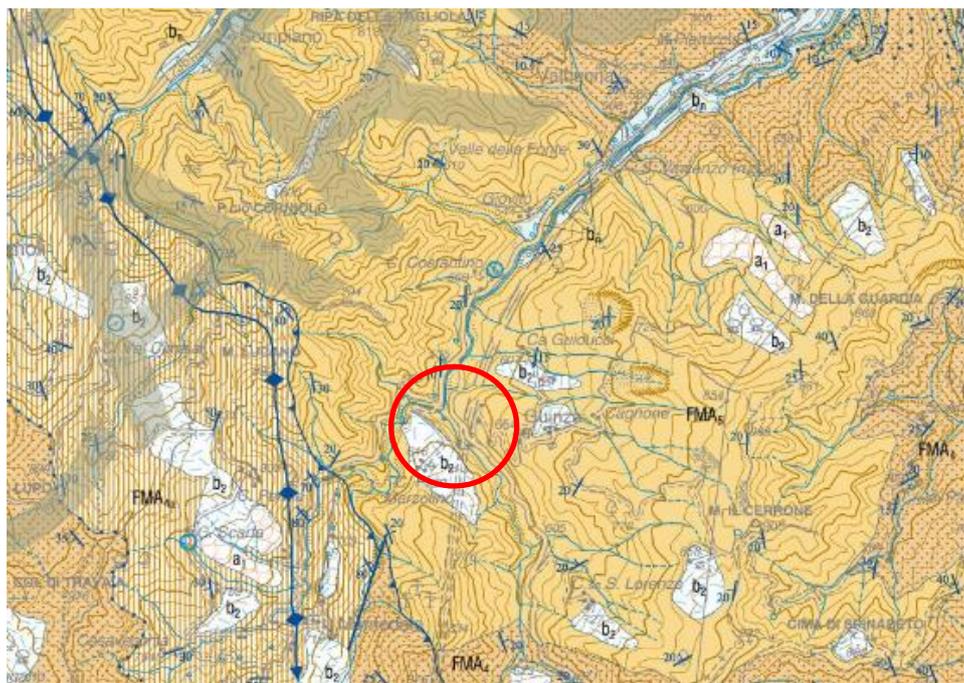


Figura 1 – posizione su CTR della parete rocciosa oggetto di rilevamento

I dati sono stati acquisiti mediante tre stendimenti, lungo i quali sono stati misurati tutti gli elementi necessari alla caratterizzazione geostrutturale e geomeccanica dell'ammasso roccioso secondo le prescrizioni "ISRM (1978) – Commission on standardization of laboratory and field tests. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 15, pp. 319-368", e ISRM – Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità negli ammassi rocciosi (1993) Rivista Italiana di Geotecnica, n. 2, 151-200".

2 Inquadramento geologico e descrizione dell'affioramento

L'area è caratterizzata dall'affioramento della Formazione Marnoso Arenacea (FMA) ed in particolare dal Membro di Collina, costituito da torbiditi pelitico arenacee ($AP = 1/4 - 1/6$) silicoclastiche. Le arenarie sono in strati da sottili a spessi, a grana fine. La parte pelitica è costituita da marnosiltiti grigie finemente stratificate.



UNITÀ TETTONICA PIETRALUNGA

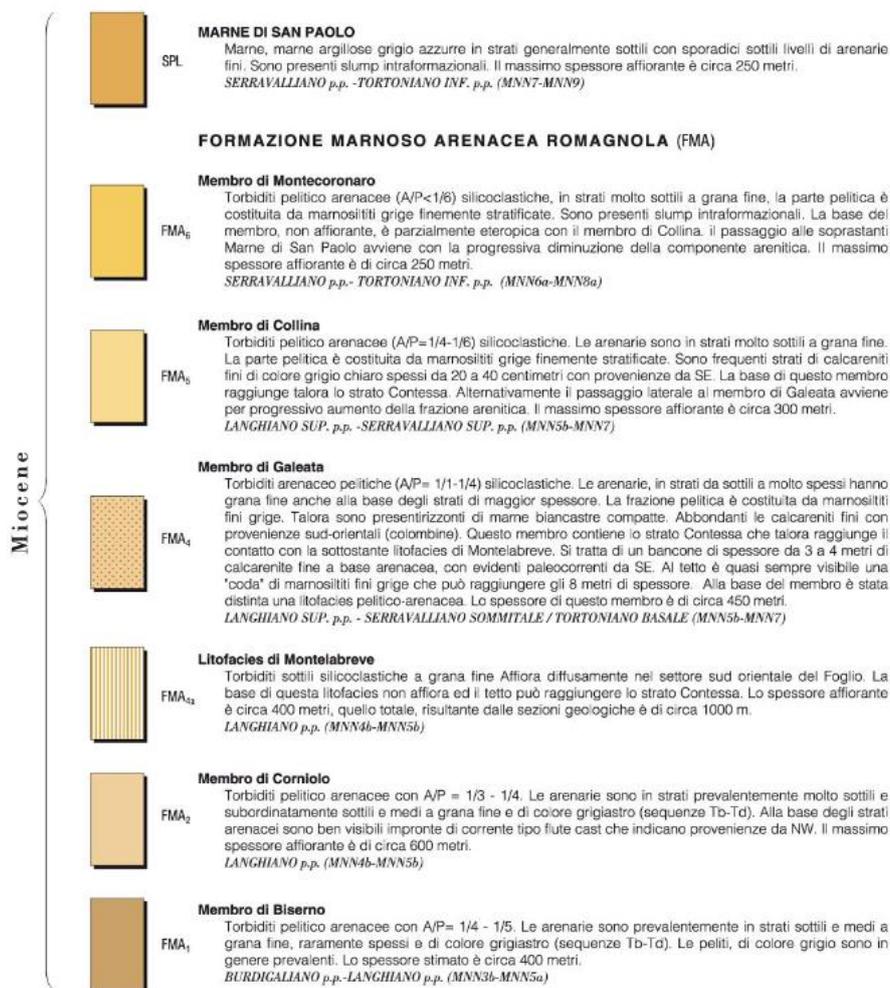


Figura 2 – estratto dal CARG, foglio 278 "Pieve Santo Stefano".

La parete rocciosa affiorante presso l'imbocco della galleria è caratterizzata da una successione di 7 strati arenacei, di spessore variabile tra 20 cm ed 1 m, a cui si intercalano interstrati marnosi e pelitici potenti fino ad 1 m. L'assetto della stratificazione è a traversopoggio rispetto all'orientazione del versante.

Ad un primo approccio visivo, le bancate e gli strati arenacei, più compatti, mostrano una fratturazione orientata secondo due principali set di discontinuità la cui giacitura è perpendicolare alla stratificazione, mentre gli intervalli marnosi e pelitici presentano una fratturazione pervasiva del tipo a "saponetta".

Alla base della parete è presente un esteso accumulo detritico a testimonianza della forte erodibilità dei litotipi e della fratturazione diffusa.



Figura 3 – materiale detritico derivante dall'alterazione della parete rocciosa.

Le masse rocciose sono frequentemente soggette all'azione degli agenti atmosferici vicino alla superficie e quindi alterate soprattutto lungo i piani di discontinuità. Ciò fa sì che la resistenza sulla superficie sia minore di quella misurata sulla roccia integra all'interno. I principali effetti dell'azione degli agenti atmosferici sono: la disaggregazione meccanica e la decomposizione chimica. L'alterazione meccanica ha come effetti l'ampliamento delle discontinuità presenti, la formazione di nuove discontinuità per il fratturarsi delle rocce o l'apertura di fratture intergranulari; le alterazioni chimiche si manifestano con una decolorazione della roccia e conducono ad una eventuale decomposizione dei minerali silicatici in minerali argillosi

Secondo la classificazione proposta da ISRM (1978), il grado di alterazione della massa rocciosa nel suo insieme può essere descritto mediante la seguente tabella:

Denominazione	Descrizione	Grado
Fresca	Non vi sono segni visibili di alterazione del materiale roccioso; tuttalpiù una leggera decolorazione sulla superficie delle maggiori discontinuità.	I
Leggermente alterata	La decolorazione indica un'alterazione del materiale roccioso e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale roccioso può essere decolorato e talvolta può essere esternamente meno resistente della roccia fresca all'interno.	II
Moderatamente alterata	Meno della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente o come uno scheletro continuo o all'interno di singoli blocchi.	III
Fortemente alterata	Più della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente o come uno scheletro discontinuo o all'interno di singoli blocchi.	IV
Completamente alterata	Tutto il materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. La struttura massiva originaria è ancora largamente intatta.	V
Suolo residuale	Tutto il materiale roccioso è diventato un terreno. Le strutture della massa e dei materiali rocciosi sono distrutte. Vi è un forte cambiamento di volume ma il terreno non ha subito trasporti significativi.	VI

Figura 4 – grado di alterazione dell'ammasso roccioso

La parete rocciosa oggetto di rilevamento è costituita da strati lapidei e interstrati marnoso siltosi: il comportamento di questi ultimi può in alcuni casi essere assimilato a quello di una terra piuttosto che a quello di una roccia. Per questo motivo l'affioramento può essere classificato nel grado III – moderatamente alterato. Da una panoramica completa dell'area di affioramento, non sono stati rilevati la presenza oppure indizi di evidenti filtrazioni di acqua.

3 Caratterizzazione geomeccanica della roccia intatta

Per la caratterizzazione geomeccanica della roccia intatta sono state eseguite alcune prove di carico puntuale (*Point Load Test*).

La prova di carico puntuale, condotta secondo le raccomandazioni ISRM, consiste nel portare a rottura il provino imponendogli un carico puntuale e conduce alla determinazione di un indice di resistenza (*Point Load Index I_s*) definito come:

$$I_s = \frac{P}{D^2}$$

dove P è la forza applicata a rottura (espressa in N) e D è il diametro del provino (distanza tra le punte dell'apparecchio, espressa in mm).

Il valore dell'indice I_s può essere correlato, mediante relazioni empiriche, con la resistenza a trazione uniassiale σ_t e con la resistenza a compressione uniassiale σ_c. Per utilizzare le correlazioni empiriche è necessario però correggere il valore di I_s, in modo da riferirlo ad un campione cilindrico standard di diametro 50 mm, tramite la seguente espressione:

$$I_{s(50)} = F \frac{P}{D_e^2}$$

dove:

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} D_e = \sqrt{\frac{4}{\pi}} WD$$

con D distanza tra le punte dell'apparecchio e W larghezza del provino nella direzione perpendicolare alle punte (in mm).

La resistenza a trazione σ_t (UTS) può essere stimata tramite la relazione:

$$\sigma_t = -1.3 I_{s(50)}$$

Mentre la resistenza a compressione uniassiale σ_c (UCS), si ottiene applicando la relazione:

$$\sigma_c = K I_{s(50)}$$

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

I_s (mPa)	K
< 3.5	14
3.5 – 6.0	16
6.0 – 1.0	20
> 6.0	25

Per determinare la resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta presente sul fronte sono state condotte 10 prove su provini di forma irregolare di arenaria e marna (Tabella 1); il valore medio $I_{s(50)}$ è stato ottenuto facendo riferimento alle raccomandazioni ISRM (1985), escludendo (per i campioni di marna) i due valori più bassi e i due più alti e calcolando la media aritmetica dei restanti indici.

Il valore medio di $I_{s(50)}$ ricavato è $I_{s(50)} = 5.7$ Mpa per i campioni di arenaria e $I_{s(50)} = 1.7$ Mpa per i campioni di marna.

Utilizzando le relazioni citate si ha:

$\sigma_c = 83$ Mpa per le arenarie (si è utilizzato in via cautelativa il valore minimo);

$\sigma_c = 23$ Mpa per le marne.

litologia	Prova n°	forma rottura	Piani debolezza	altezza (mm)	larghezza (mm)	carico (kN)	Indice I_s (Mpa)	Indice $I_{s(50)}$ (Mpa)	σ_t (Mpa)	K	σ_c (Mpa)
arenaria	1	C	A	40.8	78.1	22.56	5.561	6.201	-8.0613	16	99.216
arenaria	2	C	A	40.8	78.1	19.03	4.69	5.23	-6.799	16	83.68
marne argillose	3	A	A	60	79	1.26	0.209	0.255	-0.3315	14	3.57
marne argillose	4	A	A	43.5	63.2	1.01	0.289	0.311	-0.4043	14	4.354
marne	5	A	A	52	65.1	3.04	0.705	0.797	-1.0361	14	11.158
marne	6	A	A	63	82	9.65	1.467	1.824	-2.3712	14	25.536
marne	7	A	A	44	73	8.66	2.118	2.366	-3.0758	14	33.124
marne	8	A	A	52	60.5	6.23	1.555	1.729	-2.2477	14	24.206
marne	9	A	A	35.5	47	5.99	2.82	2.718	-3.5334	14	38.052
marne	10	A	A	36.5	55	6.37	2.492	2.505	-3.2565	14	35.07

Tabella 1 - Risultati della prova di point load su alcuni campioni di forma irregolare. I_{s50} : indice di point load. Evidenziati i valori scartati.

Oltre alla prova di Point Load è stata eseguita anche la misura della massa volumica della roccia intatta. I risultati ottenuti sono:

massa volumica (kg/m ³)	2579.8
porosità aperta (%)	2.9

4 Caratterizzazione geomeccanica delle discontinuità

Per la descrizione quantitativa delle discontinuità sono stati usati i metodi proposti dall'ISRM (1978).

Il rilevamento delle proprietà geomeccaniche delle discontinuità è stato eseguito con il metodo dello stendimento (*scanline survey*). La localizzazione delle stazioni di rilevamento è visibile in Figura 5.

Per ogni stendimento è stata realizzata, direttamente in campagna, una scheda di caratterizzazione geomeccanica delle discontinuità. Un esempio di tale scheda, relativo allo stendimento 1, è riportato in Figura 6.

Le schede di caratterizzazione geomeccanica delle discontinuità per i 3 stendimenti eseguiti sono riportate in coda al rapporto.

4.1 Ubicazione delle linee di stendimento

Una volta valutate le condizioni di sicurezza e di accesso alla scarpata, è stato impostato il rilevamento lungo linee di misura ortogonali tra loro: due linee di stendimento verticali e una terza linea orizzontale alla base della scarpata.

L'affioramento è costituito da una parete rocciosa, immergente verso i quadranti nord-orientali, di altezza variabile tra 15 e 11 m e larghezza di 21 m.

Affioramento	
Immersione	35°
Inclinazione	80°
altezza	11-15 m

Di seguito i dati di giacitura delle linee di scansione eseguite:

stazione	direzione (m)	inclinazione (°)	lunghezza (m)
1	35	80	13
2	35	80	11
3	135	0	21



Figura 5 – ubicazione degli stendimenti eseguiti

SCHEDA DI CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLE DISCONTINUITA'																		
DATI GENERALI										AFFIORAMENTO				STENDIMENTO				
n. scheda:		Rilevatore: G. Mariannelli			Immersione (°):		35		Direzione (°):			35						
Località: Galleria Guinza sud		Data: 07/06/2022			Inclinazione (°):		80		Inclinazione (°):			80						
Stazione: 1		n. foto:			Altezza (m):		13		Lunghezza (m):			13						
Intersezione			orientazione			persistenza		apertura	rugosità		resistenza			riempimento		filtrazione		
n.	x	tipo	α	β	stria	termin.	traccia	A	tipo	JRC	stima	sclerometro	degrad.	tipo	resist.	tipo	Q	
	(m)	(1)	(°)	(°)	(°)	(2)	(m)	(mm)	(3)	1-20	(4)	orient.	R	(5)	(6)	(4)	(7)	(l/min)
1	0.4	JN1	55	72		sd	0.3	-	P1	6		later.	28	1				
2	0.6	JN1	60	75		sd	1	-	P1	10		later.	30	1				
3	0.9	JN1	65	75		sd	0.3		U1	4		later.	26	1				
4	3.4	JN2	180	89		sd	0.35	1	U2	12		later.	24	1	0			
5	4	JN1	70	75		sd	1	2	U2	8		later.	30	1	0			
6	5.2	BG	295	20		xx	>10		P1	4		basso	22	1				
7	5.3	JN1	75	70		sd	0.6	3	U2	8		later.	28	1	0			
8	5.8	JN	90	70		xx	0.2		P1	4		later.	28	1				
9	6.2	JN	240	80		dx	0.45		P1	4		later.	32	1				U4
10	6.5	JN1	70	72		dx	2	3	U2	10		later.	26	1	2			F2
11	6.6	BG	290	20		xx	>10		P1	6		basso	24	1				
12	8	JN	50	45		dd	0.2		P1	4		later.	20	1				
13	8.4	JN1	65	65		dx	1.2	2	U2	10		later.	34	1	0			
14	8.7	JN2	5	68		dx	0.25		U1	10		later.	36	1				
15	9.4	JN	175	75		dx	0.3		P2	8		later.	34	1				
16	9.6	JN	25	35		dx	0.2		U2	12		obliq.	28	1				
17	12																	
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		
46																		
47																		
48																		
49																		
50																		
<p>Note da 10.3 m a 12 m interstrato siltitico e marnoso nella parete affiora una successione di 7 strati marnoso-arenacei alternati a potenti interstrati siltitici</p>																		
(1) tipo discontinuità			(2) terminazione			(4) resistenza			(6) riempimento			(7) filtrazione						
BG - stratificazione			x - oltre affioramento			S1 - molto molle (<25 kPa)			0 - assente			U1 - chiusa/secca						
JN - giunto			r - contro roccia			S2 - molle (25-50 kPa)			1 - colorazione sup.			U2 - aperta asciutta						
FL - faglia			d - contro discontinuità			S3 - moder. consist. (50-100 kPa)			2 - terra coesiva			U3 - aperta tracce flusso						
FR - fessura			s - contro strato			S4 - consist. (100-250 kPa)			3 - terra granulare			U4 - aperta umida						
FS - fissilità						S5 - molto consist. (250-500 kPa)			4 - cementazione			U5 - aperta bagnata						
ST - stilolite			(3) rugosità			S6 - estrem. consist. (>500 kPa)			5 - calcite			U6 - flusso continuo						
SC - scistosità			S - a gradini						6 - clorite, talco, gesso			Riempimento						
CL - clivaggio			U - ondulado			(5) degradazione			7 - altro (specificare)			F1 - asciutto						
FO - foliazione			P - planare			0 - fresca						F2 - umido						
VN - vena			1 - liscio, 2 - scabro, 3 - striato			1 - decolorata						F3 - bagnato						
SH - zona di taglio						2 - decomposta						F4 - tracce dilavamento						
						3 - disgregata						F5 - dilavato						

Figura 6 – scheda di caratterizzazione delle discontinuità relativa allo stendimento 1



Figura 7 – stazione n. 3

4.2 Caratterizzazione delle discontinuità

Ogni discontinuità intercettata dalle linee di stendimento è stata descritta direttamente in fase di rilievo mediante i seguenti parametri:

- Tipo di discontinuità (piano di strato o giunto);
- Giacitura (l'orientazione nello spazio in termini di "direzione di immersione" e di inclinazione del piano di discontinuità);
- Persistenza (intesa come la lunghezza della traccia della discontinuità misurata a partire dal punto di intersezione con la linea di scansione fino alla terminazione superiore o inferiore della discontinuità);

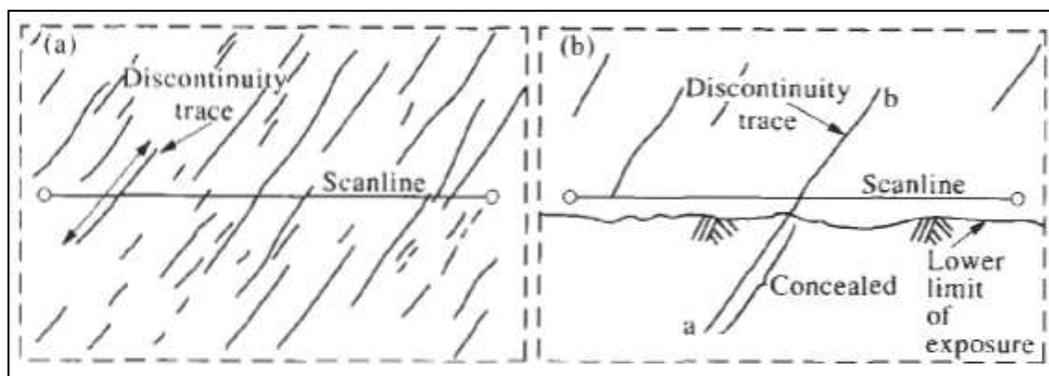


Figura 8 – rappresentazione della traccia delle discontinuità

- Terminazione della discontinuità secondo la dicitura indicata da ISRM (x – oltre affioramento, d – contro discontinuità, r – contro roccia intatta);

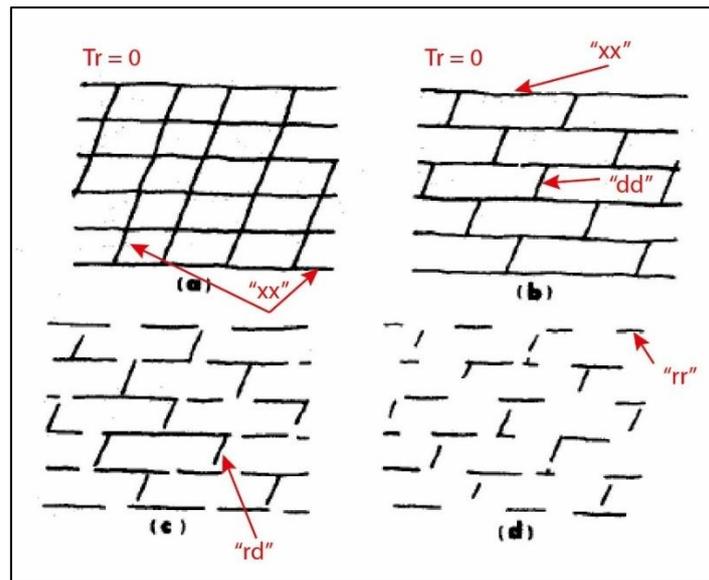


Figura 9 – persistenza delle discontinuità, ridisegnato da Barton (1978) – *Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses.*

- Rugosità, o scabrezza, riferita alle irregolarità a piccola scala delle pareti della discontinuità e definita dal parametro JRC (joint roughness coefficient) variabile da 2 a 20, ricavato attraverso l'abaco di Barton & Choubey (1977);

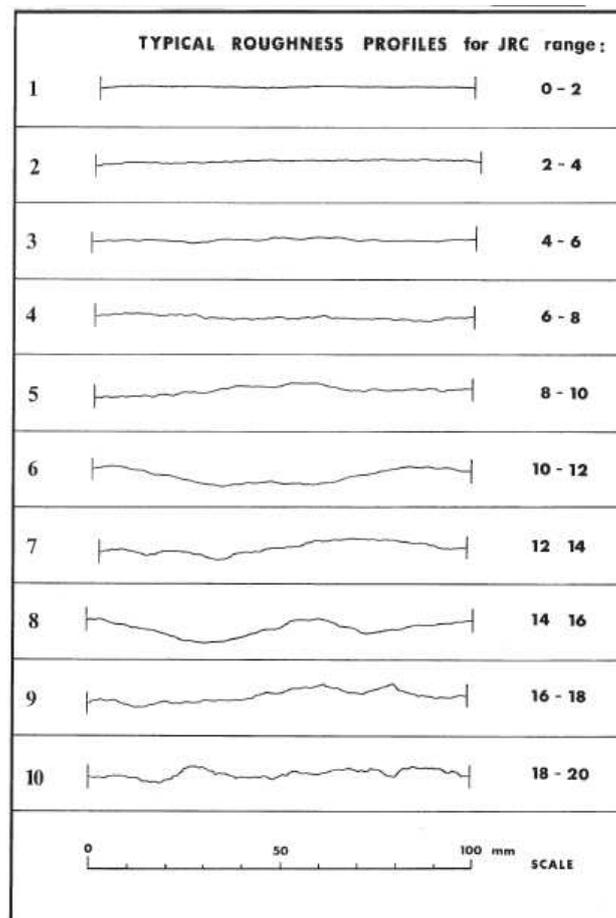


Figura 10 – profili di rugosità e JRC corrispondente

Le superfici di strato sono risultate in massima parte planari lisce o scabre, i due set JN1 e JN2 planari o ondulati scabri (si veda la Figura 28 per i dati completi);

- Apertura, intesa come distanza ortogonale tra le pareti della discontinuità;

Tipo di giunto	Apertura
Molto serrato	< 0,1 mm
Serrato	0,1 - 0,25 mm
Poco serrato	0,25 - 0,5 mm
Aperto	0,5 - 2,5 mm
Apertura ampia	2,5 - 10 mm
Apertura molto ampia	10 - 100 mm
Apertura estremamente ampia	100 - 1000 mm
Giunto cavernoso	> 1 m

Figura 11 – classificazione dei giunti in base alla loro apertura

I valori di apertura delle due famiglie principali (vedi 4.3) sono piuttosto variabili, ma sono risultati mediamente superiori a 10 mm, con valori massimi di 50 mm;

- Riempimento, materiale presente all'interno della discontinuità aperta, definito precisando il tipo di materiale, la durezza e lo spessore;
- Alterazione delle pareti dei giunti, definita in base alla seguente tabella (nel caso di studio si rientra nella classe "decolorato"):

Denominazione	Descrizione
Fresco	Non vi sono segni visibili di alterazione del materiale roccioso.
Decolorato	Il colore della roccia fresca originale è cambiato. Si dovrebbe indicare il grado del cambiamento. Se questo riguarda un particolare costituente mineralogico, ciò deve essere indicato.
Decomposto	La roccia è alterata sino alle condizioni di un terreno in cui la struttura originaria è ancora intatta ma alcuni o tutti i grani sono decomposti.
Disgregato	La roccia è alterata sino alle condizioni di un terreno in cui la struttura originaria è ancora intatta. La roccia è friabile ma i grani non sono decomposti.

Figura 12 – grado di alterazione del materiale roccioso

- Resistenza a compressione uniassiale delle pareti delle discontinuità JCS (*joint compressive strength*) determinata mediante l'utilizzo dello sclerometro secondo le indicazioni di Barton & Choubey (1977). Per ogni set di discontinuità viene fornito il valore del rimbalzo R.

I valori ricavati per ogni parametro descritto sono riportati in Figura 28.

4.3 Famiglie di discontinuità

Per famiglia di discontinuità si intende l'insieme di discontinuità con simile orientazione (sub-parallele), generalmente dello stesso tipo e, presumibilmente, originatesi con lo stesso meccanismo genetico.

Per il riconoscimento delle famiglie, i dati di orientazione delle discontinuità sono stati rappresentati in proiezione stereografica (emisfero inferiore).

I tre stendimenti eseguiti rientrano in un unico dominio strutturale e per questo motivo è stato possibile rappresentare i dati in un unico diagramma.

Per una migliore individuazione dei sistemi di discontinuità è stato realizzato un diagramma di isodensità dei poli (Figura 13).

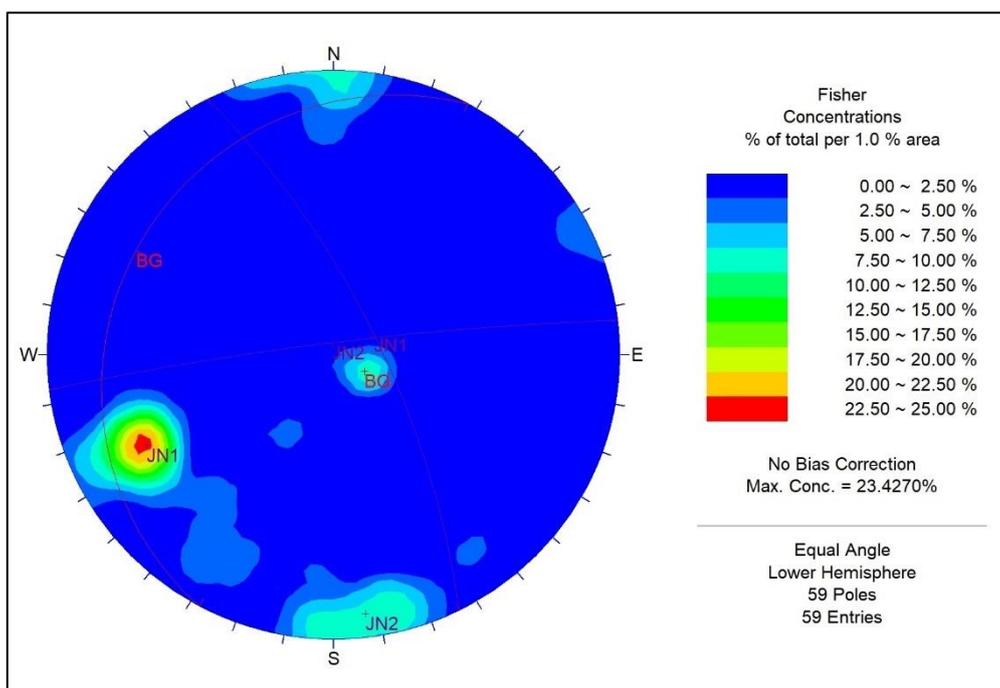


Figura 13 – proiezione stereografica delle discontinuità rilevate

Le orientazioni dei piani modali delle famiglie di discontinuità individuate sono:

famiglia di discontinuità	Immersione (°)	Inclinazione (°)
JN1	64	72
JN2	353	85
BG	298	14

*dove BG è la stratificazione

4.4 Spaziatura

La spaziatura di discontinuità adiacenti condiziona in modo sostanziale le dimensioni dei singoli blocchi di roccia intatta potenzialmente soggetti a fenomeni cinematici. Sistemi di discontinuità ravvicinate tendono a dare condizioni di bassa coesione nell'ammasso roccioso, mentre quelli che hanno alta spaziatura tendono a

produrre condizioni d'interdipendenza tra i blocchi. Tali effetti dipendono dalla persistenza delle singole discontinuità.

Si possono distinguere:

- La **spaziatura apparente totale x_s** (spaziatura s.l.; intercetta), intesa come distanza media, tra due piani di discontinuità contigue lungo la linea di scansione;
- La **spaziatura reale di un singolo set di discontinuità X_f** (spaziatura principale), distanza tra due discontinuità contigue appartenenti ad una stessa famiglia, misurata lungo la normale del piano modale della famiglia.

4.4.1 Spaziatura apparente totale

La spaziatura apparente media viene calcolata dividendo la lunghezza dello stendimento per il numero di discontinuità intercettate:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} = \frac{L}{N}$$

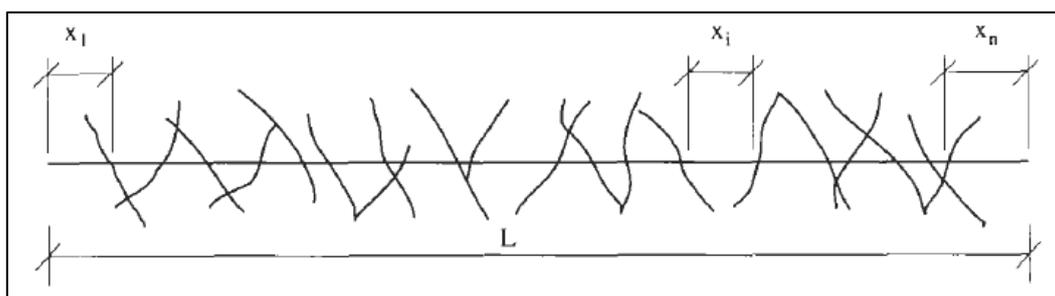


Figura 14 – spaziatura delle discontinuità intercettate lungo uno stendimento

< 6 cm	Fratture molto ravvicinate;
6 ÷ 20 cm	Fratture ravvicinate;
20 ÷ 60 cm	Fratture moderatamente ravvicinate;
60 ÷ 200 cm	Fratture distanziate;
> 200 cm	Fratture molto distanziate.

Figura 15 – descrizione qualitativa della spaziatura delle discontinuità

Dalla spaziatura può essere ricavata una stima dell'indice RQD sulla base della relazione proposta da Hudson & Priest (1976):

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(1 + 0.1\lambda)$$

Dove λ è la frequenza ($\lambda = 1/\bar{x}$)

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

LINEE DI STENDIMENTO						
N.	orientazione		lunghezza	n. discont.	frequenza	RQD
	a	b	L	N	$\lambda = N/L$	$100e^{-0.1\lambda}(1 + 0.1\lambda)$
	[°]	[°]	[m]	[-]	[1/m]	[%]
1	35	80	13	17	1.3076923	99.2
2	35	80	11	15	1.3636364	99.2
3	135	0	21	30	1.4285714	99.1

4.4.2 Spaziatura reale dei set di discontinuità

Oltre alla spaziatura apparente, è stata calcolata la spaziatura reale del singolo set di discontinuità, tenendo in considerazione l'angolo tra la linea di stendimento e la normale al piano di discontinuità di interesse.

$$X_f = x_{fs} |\cos \theta_{fs}|$$

Dove x_{fs} è la spaziatura apparente di una famiglia e θ_{fs} rappresenta l'angolo compreso tra la linea di stendimento s e la normale alla famiglia di discontinuità f .

Set discontinuità	orientazione		spaziatura		
	a	b	x_{fs}	θ_{fs}	$X_f = x_{fs} \cos \theta_{fs} $
	[°]	[°]	[m]	[°]	[m]
JN1	64	72	1.61	72	0.50
JN2	353	85	2.33	46.2	1.61
BG	298	14	2.45	77.6	0.53

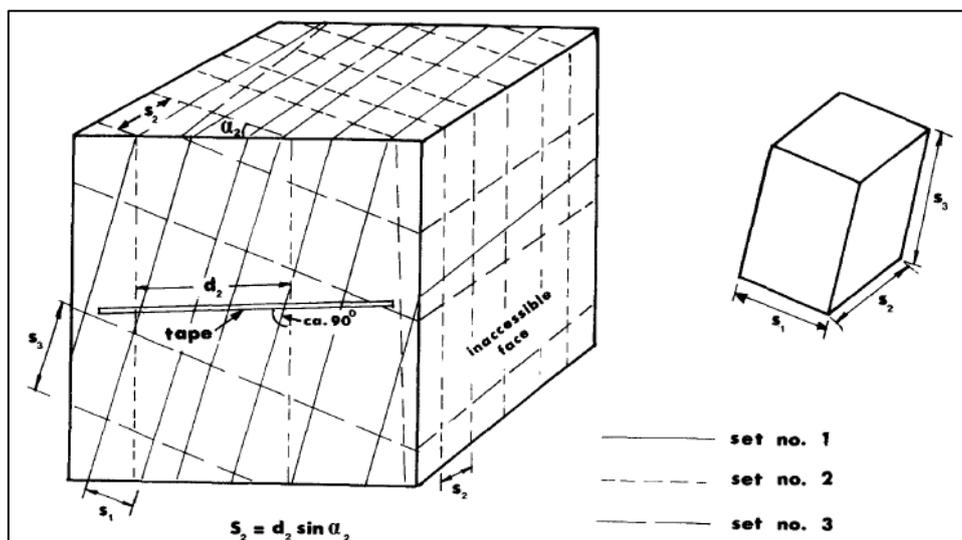


Figura 16 – misura della spaziatura tra i joint dall'osservazione di un affioramento

4.5 Volume roccioso unitario

La dimensione dei blocchi è un indicatore estremamente importante del comportamento dell'ammasso roccioso. Le misure dei blocchi sono determinate dalla spaziatura delle discontinuità, dal numero di famiglie e dalla persistenza delle discontinuità che delimitano i potenziali blocchi.

Tali parametri contribuiscono a determinare la forma dei blocchi oltre alla loro dimensione: nel caso oggetto di studio, si hanno elementi *prismatici* e *tabulari*.

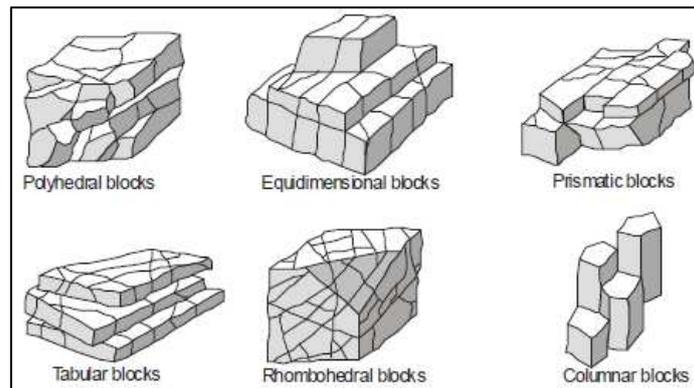


Figura 17 – esempi di alcune forme di blocchi (da Dearman, 1991)

Essendo un parametro determinante, il *block size* è rappresentato, sia implicitamente che esplicitamente, nei principali sistemi quantitativi di classificazione degli ammassi rocciosi tra i quali:

- il rapporto tra RQD ed il fattore J_n nel Q-system di Barton;
- RQD e *joint spacing* (S) nel sistema RMR;
- *Block volume* (V_b) nel sistema RMi (Rock Mass Index) e il numero di joint set (n_j) quanto l'RMi è applicato nella progettazione dei sistemi di consolidamento.

Quando blocchi singoli possono essere osservati in superficie, il loro volume può essere valutato direttamente selezionando blocchi rappresentativi e misurando le dimensioni medie. Dalle osservazioni svolte in sito, le dimensioni dei blocchi sono estremamente variabili, a seconda che provengano dalle bancate arenacee o dagli interstrati marnosi: in Figura 18 sono visibili alcuni elementi di dimensioni variabili tra pochi cm^3 e $20\text{-}25 \text{ dm}^3$ (utilizzando come riferimento di scala il martello da geologo). Sono stati osservati blocchi di maggiori dimensioni, anche dell'ordine di 0.5 m^3 .



Figura 18 – blocchi presenti alla base della parete.

La dimensione dei blocchi viene determinata per via analitica mediante il *block volume* (V_b). In presenza di 3 famiglie di discontinuità come nel caso di studio, tale parametro si determina mediante la seguente

espressione:

$$V_b = \frac{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3}{\sin \gamma_1 \cdot \sin \gamma_2 \cdot \sin \gamma_3}$$

Dove S_1, S_2, S_3 sono i valori di spaziatura media delle tre famiglie di discontinuità, mentre γ_1, γ_2 e γ_3 sono gli angoli tra i piani delle famiglie.

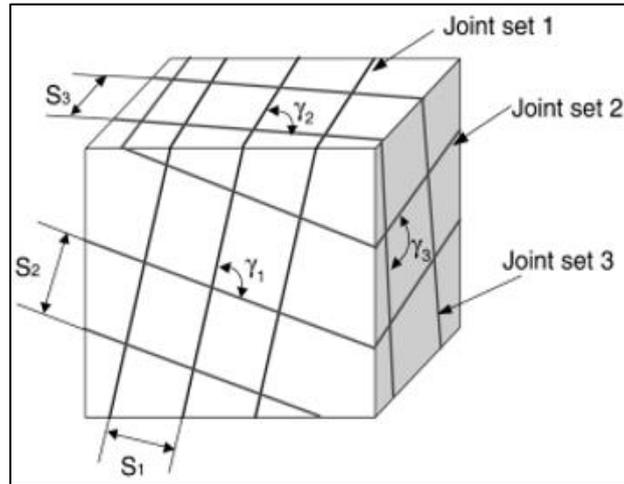


Figura 19 – parametri di spaziatura e angoli tra discontinuità

Il risultato ottenuto è riportato nella seguente tabella:

fratturazione	spaziatura		angoli tra set			V_b
Set	X_f [m]		γ [°]			[m ³]
			γ_1	γ_2	γ_3	0.47
JN1	S_1	0.50	70	80	77	
JN2	S_2	1.61				
BG	S_3	0.53				

Il *block volume* può essere classificato come suggerito da Palmstrom (1995):

$V_b =$	BLOCK VOLUME				
	very small	small	moderate	large	very large
	10 – 200cm ³	0.2 – 10dm ³	10 – 200dm ³	0.2 – 10m ³	> 10m ³

4.6 Volumetric Joint Count

Il numero volumetrico delle discontinuità, introdotto da Palmstrom nel 1974, è definito come la somma del numero di discontinuità per ogni set intersecanti un volume di 1 m³.

$$J_V = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \dots + \frac{1}{S_n}$$

Dove S_1, S_2 e S_3 sono le spaziature medie dei set di discontinuità.

Risulta un $J_V = 4.53$

La classificazione del parametro J_V è la seguente:

Jv =	DEGREE OF JOINTING					
	very low	low	moderate	high	very high	crushed
	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 30	30 - 60	> 60

I seguenti termini descrittivi forniscono un'idea della corrispondente dimensione dei blocchi:

Classificazione	J_v (giunti/m ³)
Blocchi molto grandi	< 1,0
Blocchi grandi	1 - 3
Blocchi di medie dimensioni	3 - 10
Blocchi piccoli	10-30
Blocchi molto piccoli	> 30
Rocce frantumate	> 60

Figura 20 – classificazione della dimensione dei blocchi in base alla densità volumetrica (ISRM, 1978)

Esiste una correlazione approssimata tra J_v e RQD introdotta da Palmstrom (1974):

$$RQD = 115 - 3.3 \cdot J_v$$

Con $RQD = 0$ quando $J_v > 35$ e $RQD = 100$ quando $J_v < 4.5$

Applicando la correlazione, risulta un RQD pari a 100.

Come osservabile in Figura 21, la correlazione è poco rappresentativa, specialmente quando gli spezzoni di carota hanno lunghezze intorno a 10 cm.

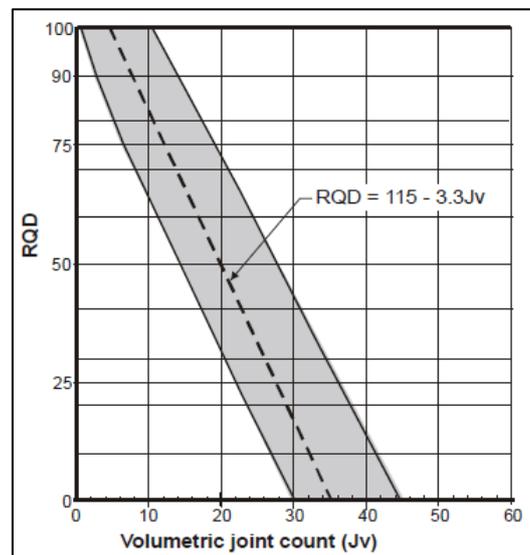


Figura 21 – correlazione J_v – RQD (Palmstrom, 1974)

5 Classificazione dell'ammasso roccioso

Sulla scorta dei dati raccolti e dei parametri calcolati, è possibile classificare l'ammasso roccioso affiorante secondo i più comuni sistemi utilizzati.

5.1 Rock Mass Rating (RMR) – Beniaowski 1989

Questo sistema è stato introdotto da Beniaowski nel 1973 inizialmente per studi in gallerie in rocce competenti

fratturate e poi applicato anche in altri ambiti.

La classificazione è basata sui seguenti parametri:

- Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta (A1);
- Indice RQD (A2);
- Spaziatura delle discontinuità (A3);
- Condizioni delle superfici di discontinuità (A4);
- Condizioni idrauliche (A5);
- Aggiustamento (A6) per l'orientazione delle discontinuità in relazione all'opera.

Si può definire:

- un indice RMR di base, $RMR_b = A1+A2+A3+A4+A5$
- un indice RMR corretto, $RMR_c = RMR_b+A6$
- un indice RMR di base modificato, $RMR_b' = A1+A2+A3+A4+15$

Ad ogni parametro viene assegnato un punteggio (*rating*), sulla base della tabella di classificazione fornita dall'autore; l'indice RMR finale è dato dalla somma dei punteggi. Per ottenere un valore di RMR dipendente esclusivamente dal tipo di ammasso, è necessario fare riferimento all'indice RMR di base (RMR_b).

L'indice RMR_b è ottenuto sommando i primi 5 parametri, ed escludendo il sesto (A6), che difatti tiene conto dell'orientazione delle discontinuità in relazione al tipo di opera di ingegneria.

Per la stima del parametro A1 è stato utilizzato il valore di resistenza a compressione uniassiale (UCS), ricavato dalla prova *point load*.

Il valore RQD è stato determinato, per ogni linea di stendimento, in base alla relazione di Hudson & Priest (1976):

$$RQD_t = 100\lambda \int_{x=t}^{x=\infty} x f(x) dx$$

con λ frequenza delle discontinuità e $f(x)$ distribuzione dei valori di spaziatura.

Assumendo per i valori di spaziatura una distribuzione esponenziale negativa si ottiene per $t=0,1$:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(1 + 0.1\lambda)$$

Per la determinazione del parametro A2 della classificazione di Bieniawski si è fatto riferimento ad un valore cautelativo di 75%, tenendo in considerazione che le linee di stendimento sono state eseguite nelle porzioni di ammasso più integre.

Nella Figura 22 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati gli indici dei vari parametri che caratterizzano l'ammasso secondo BIENIAWSKI (1989).

I valori dell'indice RMR sono riportati nella tabella seguente:

RMR _b	RMR _c	RMR _b '
61	56	66

C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS					
Rating	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21
Class number	I	II	III	IV	V
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock

L'ammasso roccioso affiorante rientra nella **classe III – Fair rock**.

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS							
Parameter		Range of values					
A1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa 1 - 5 MPa < 1 MPa
	Rating	15	12	7	4	2 1 0	
A2	Drill core Quality RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%	
	Rating	20	17	13	8	3	
A3	Spacing of discontinuities	> 2 m	0.5 - 2, m	200 - 500 mm	60 - 200 mm	< 60 mm	
	Rating	20	15	10	8	5	
A4	Condition of discontinuities (See E)	Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Stickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous	
		Rating	30	25	20	10	0
A5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125
		(Joint water press) / (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
	General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing	
Rating	15	10	7	4	0		
B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)							
Strike and dip orientations		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable	
Ratings	Tunnels & mines	0	-2	-5	-10	-12	
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25	
	Slopes	0	-5	-25	-50		
C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS							
Rating	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21		
Class number	I	II	III	IV	V		
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock		
D. MEANING OF ROCK CLASSES							
Class number	I	II	III	IV	V		
Average stand-up time	20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span		
Cohesion of rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100		
Friction angle of rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15		
E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions							
Discontinuity length (persistence)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
Rating	6	4	2	1	0		
Separation (aperture)	None	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
Rating	6	5	4	1	0		
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Stickensided		
Rating	6	5	3	1	0		
Infilling (gouge)	None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm		
Rating	6	4	2	2	0		
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed		
Rating	6	5	3	1	0		
F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**							
A Strike perpendicular to tunnel axis			B Strike parallel to tunnel axis				
Drive with up - Dip 45 - 90°	Drive with up - Dip 20 - 45°		Dip 45 - 90°		Dip 20 - 45°		
Very favourable	Favourable		Very unfavourable		Fair		
Drive against dip - Dip 45-90°	Drive against dip - Dip 20-45°		Dip 0-20 - irrespective of strike**				
Fair	Unfavourable		Fair				

* Some conditions are mutually exclusive. For example, if infilling is present, the roughness of the surface will be overshadowed by the influence of the gouge. In such cases use A.4 directly.
 ** Modified after Wickham et al (1972).

Figura 22 – valori dei parametri A1-A5 (rating) della classificazione RMR, classi e correzioni per la giacitura delle

discontinuità (Beniawski, 1989).

5.2 Rock Quality Index (Q-System) – Barton 1974

Barton et alii (1974) hanno rilevato che la classificazione di Bieniawski (1974) ignora la scabrezza delle discontinuità e il loro riempimento e pertanto hanno proposto una nuova classificazione basata sull'Indice Q (*Tunnelling Quality Index*) derivato dai sei parametri seguenti:

- a) indice RQD ;
- b) numero delle famiglie di giunti (J_n);
- c) scabrezza delle superfici dei giunti più sfavorevoli alla stabilità dello scavo (J_r);
- d) grado di alterazione della superficie dei giunti e materiale di riempimento (J_a);
- e) eventuale presenza di acqua (J_w);
- f) condizioni di sollecitazione (SRF).

L'Indice di qualità della Roccia (Q) è determinato dalla relazione:

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

Si noti che:

- Il rapporto RQD/J_n tiene conto delle caratteristiche strutturali dell'ammasso e fornisce una misura approssimata delle dimensioni del blocco medio;
- il rapporto J_r/J_a tiene conto delle caratteristiche di resistenza meccanica dei giunti; il valore di questo rapporto è più elevato per giunti molto scabri con superfici a diretto contatto fra loro. Eventuali alterazioni delle superfici del giunto, o la presenza di materiale di riempimento riducono sensibilmente il valore di questo rapporto.
- il rapporto J_w/SRF è un fattore empirico che esprime lo stato di tensione efficace agente nella porzione dell'ammasso roccioso in esame. Il parametro SRF è indicativo dello stato di sollecitazione, mentre J_w è un parametro che tiene conto della pressione dell'acqua che ha un effetto negativo sulla resistenza dei giunti determinando una riduzione della tensione efficace normale.

La classificazione di Barton (o dell'Indice Q) è prevalentemente utilizzata per la previsione del sistema di sostegno di gallerie e grandi scavi sotterranei.

A ciascuno dei parametri che figurano nella precedente espressione è attribuito un valore numerico sulla base di valutazioni qualitative e quantitative.

Q	Classe	Descrizione
0,001 - 0,01	IX	Eccezionalmente scadente
0,01 - 0,1	VIII	Estremamente scadente
0,1 - 1	VII	Molto scadente
1 - 4	VI	Scadente
4 - 10	V	Mediocre
10 - 40	IV	Buona
40 - 100	III	Molto buona
100 - 400	II	Estremamente buona
400 - 1000	I	Ottima

Figura 23 – classi di ammasso roccioso determinate con l’Indice Q.

L’indice Q (variabile da 0,001 a 1000) è diviso in 9 intervalli cui corrispondono altrettante classi di ammasso roccioso (Figura 23).

Si riporta di seguito, per mezzo di tabelle, il calcolo dell’indice Q:

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

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 x J_n
 II) For portals, use 2 x J_n

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
Note: I) Description refers to small scale features and Intermediate scale features, in that order		
c) No rock-wall contact when sheared		
H	Zone containing clay minerals thick enough to prevent rock-wall contact when sheared	1
Note: II) Add 1 if the mean spacing of the relevant joint set is greater than 3 m (dependent on the size of the underground opening) III) $J_r = 0.5$ can be used for planar slickensided joints having lineations, provided the lineations are oriented in the estimated sliding direction		



4 Joint Alteration Number		Φ_r approx.	J_a
a) Rock-wall contact (no mineral fillings, only coatings)			
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) Rock-wall contact before 10 cm shear (thin mineral fillings)			
F	Sandy particles, clay-free disintegrated rock, etc.	25-30°	4
G	Strongly over-consolidated, non-softening, clay mineral fillings (continuous, but <5 mm thickness).	16-24°	6
H	Medium or low over-consolidation, softening, clay mineral fillings (continuous, but <5 mm thickness).	12-16°	8
J	Swelling-clay fillings, i.e., montmorillonite (continuous, but <5 mm thickness). Value of J_a depends on percent of swelling clay-size particles.	6-12°	8-12
c) No rock-wall contact when sheared (thick mineral fillings)			
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



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		



6 Stress Reduction Factor				SRF
a) Weak zones intersecting the underground opening, which may cause loosening of rock mass				
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) Competent, mainly massive rock, stress problems		σ_c / σ_1	σ_h / σ_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 σ_c to $0.75 \sigma_c$. When $\sigma_1 / \sigma_3 > 10$, reduce σ_c to $0.5 \sigma_c$, where σ_c = unconfined compression strength, σ_1 and σ_3 are the major and minor principal stresses, and σ_h = 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)				
c) Squeezing rock: plastic deformation in incompetent rock under the influence of high pressure		σ_h / σ_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 Grimsd, 1996)				
d) Swelling rock: chemical swelling activity depending on the presence of water				SRF
O	Mild swelling rock pressure	5-10		
P	Heavy swelling rock pressure	10-15		



Il valore di Q così determinato risulta pari a:

0.31 - tipico di un ammasso dalle caratteristiche molto scadenti.

5.3 Geological Strenght Index – Marinos & Hoek 2000

L'Indice RMR e l'Indice Q entrambi includono e sono fortemente dipendenti dalla classificazione RQD. Siccome in molti casi di rocce fortemente fratturate l'indice RQD è zero oppure privo di significato o di difficile determinazione, è stato proposto un sistema alternativo di classificazione degli ammassi rocciosi che non tiene conto di esso, ma che si basa soprattutto su osservazioni geologiche sul terreno, la struttura e natura della roccia. Questa classificazione è detta "Indice GSI" (Geological Strength Index). L'indice è stato introdotto da Hoek e collaboratori (Hoek, 1994; Hoek et alii, 1995; Hoek & Brown, 1997) e successivamente perfezionato per includere ammassi di qualità scarsa, rocce eterogenee e stratificate (Hoek et alii, 1998; Marinos & Hoek, 2000, 2001; Marinos et alii, 2005) e ofioliti (Marinos et alii, 2006).

La valutazione dell'Indice GSI si basa sull'uso di grafici differenziati in base alla tipologia di formazione rocciosa, spaziando dagli ammassi rocciosi in rocce consistenti, alle rocce deboli fino alle rocce tenere e agli ammassi in formazioni in facies di flysch (Marinos & Hoek, 2001; Marinos, 2017).

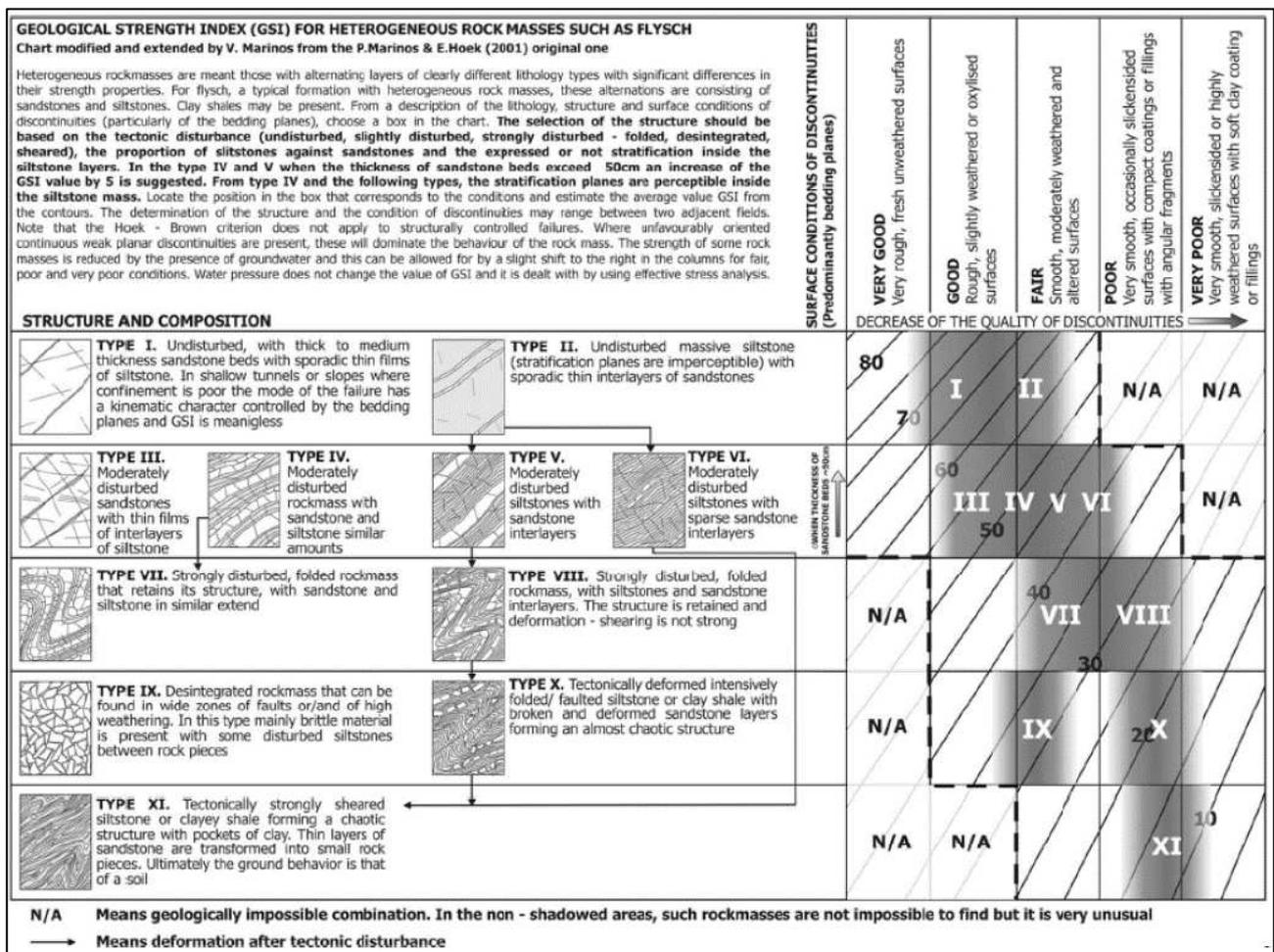
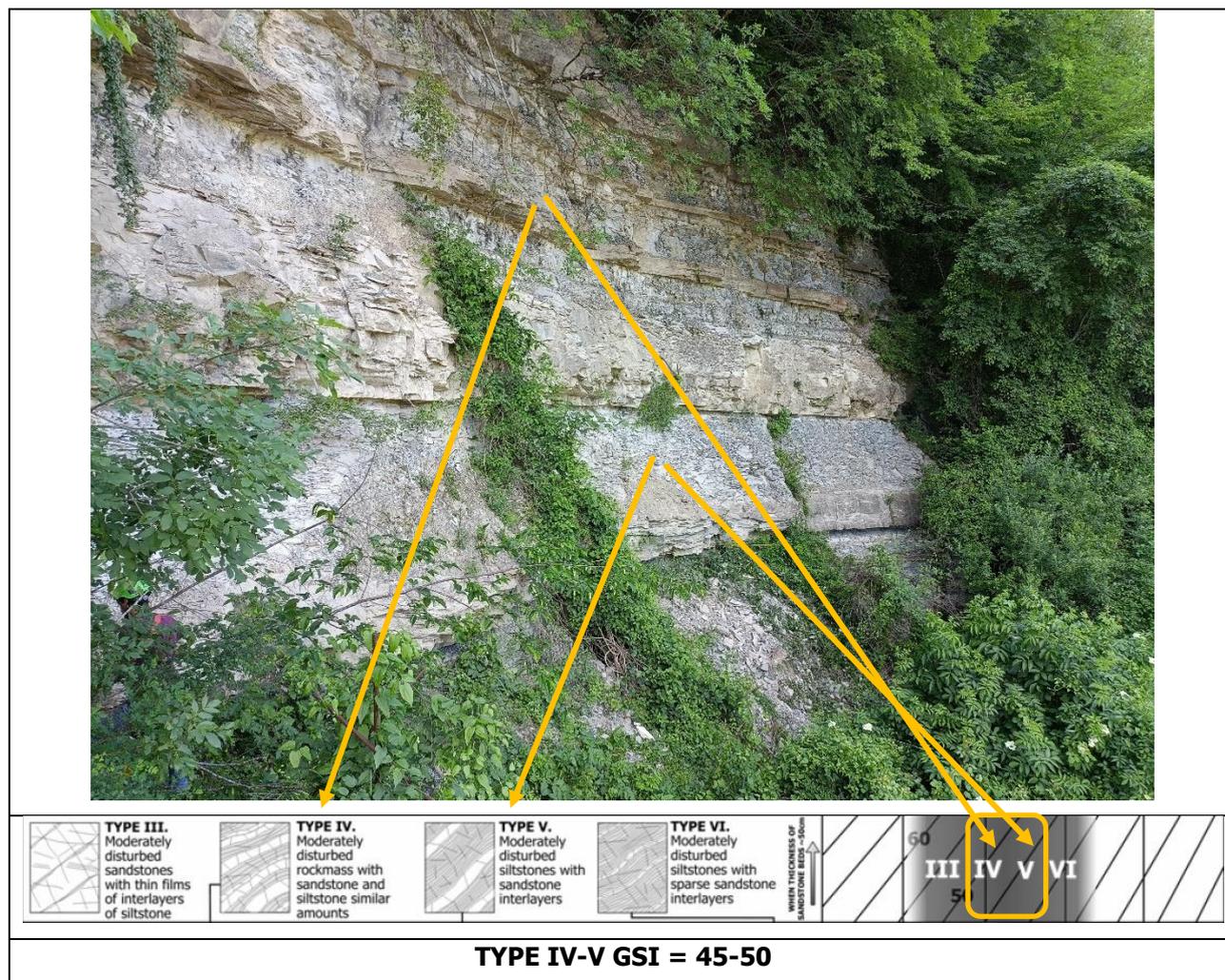


Figura 24 – valutazione del GSI in rocce torbiditiche (Marinos, 2017)

L'utilizzo del metodo nel caso di formazioni geologiche particolari come torbiditi, calcaree e non calcaree, usualmente composte da alternanza variabile tra differenti litotipi pone una evidente e crescente complessità nella attribuzione del parametro GSI, ma anche nel caso della assegnazione di un parametro unitario di resistenza a compressione uniassiale. Mentre nel caso della compressione uniassiale un valore unitario può

essere ottenuto mediante una media ponderata dei valori di resistenza a compressione di ogni litotipo, tenendo conto della rispettiva abbondanza relativa, nel caso dell'attribuzione del valore di GSI questo metodo non è altrettanto facilmente utilizzabile. Marinós (2010, 2017) ha pubblicato due importanti lavoro che si possono considerare dei riferimenti per risolvere l'attribuzione del valore di GSI in ammassi rocciosi caratterizzati da questa complessità.

Nel caso in esame è stato utilizzato lo schema riportato in Figura 24, valido per le rocce torbiditiche.



Determinato l'Indice GSI è possibile ricavare mediante una serie di relazioni empiriche la resistenza alla compressione di un ammasso roccioso ed altri parametri (Hoek et alii, 1995).

6 Sintesi dei dati acquisiti

Infine, si riportano le schede di rilevamento relative ai 3 stendimenti e la scheda di sintesi dell'ammasso roccioso contenente i dati necessari per ricavare i parametri di resistenza al taglio ed eseguire le necessarie verifiche geotecniche:

SCHEDA DI CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLE DISCONTINUITA'																	
DATI GENERALI										AFFIORAMENTO				STENDIMENTO			
n. scheda:					Rilevatore: G. Mariannelli					Immersione (°): 35				Direzione (°): 35			
Località: Galleria Guinza N					Data: 07/06/2022					Inclinazione (°): 80				Inclinazione (°): 80			
Stazione: 1					n. foto:					Altezza (m): 13				Lunghezza (m): 13			
Intersezione			orientazione			persistenza		apertura	rugosità		resistenza			riempimento		filtrazione	
n.	x (m)	tipo (I)	α (°)	β (°)	stria (°)	termin. (2)	traccia (m)	A (mm)	tipo (3)	JRC 1-20	stima (4)	sclerometro orient. R	degrad. (5)	tipo (6)	resist. (4)	tipo (7)	Q (l/min)
1	0.4	JN1	55	72		sd	0.3	-	P1	6		later.	28	1			
2	0.6	JN1	60	75		sd	1	-	P1	10		later.	30	1			
3	0.9	JN1	65	75		sd	0.3		U1	4		later.	26	1			
4	3.4	JN2	180	89		sd	0.35	1	P2	12		later.	24	1	0		
5	4	JN1	70	75		sd	1	2	P2	8		later.	30	1	0		
6	5.2	BG	295	20		xx	>10		P1	4		basso	22	1			
7	5.3	JN1	75	70		sd	0.6	3	U2	8		later.	28	1	0		
8	5.8	JN	90	70		xx	0.2		P1	4		later.	28	1			
9	6.2	JN	240	80		dx	0.45		P1	4		later.	32	1			U4
10	6.5	JN1	70	72		dx	2	3	U2	10		later.	26	1	2		F2
11	6.6	BG	290	20		xx	>10		P1	6		basso	24	1			
12	8	JN	50	45		dd	0.2		P1	4		later.	20	1			
13	8.4	JN1	65	65		dx	1.2	2	U2	10		later.	34	1	0		
14	8.7	JN2	5	68		dx	0.25		P1	10		later.	36	1			
15	9.4	JN	175	75		dx	0.3		P2	8		later.	34	1			
16	9.6	JN	25	35		dx	0.2		U2	12		obliq.	28	1			
17	12																
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	
45																	
46																	
47																	
48																	
49																	
50																	
<p>Note da 10.3 m a 12 m Interstrato siltitico e marnoso nella parete affiora una successione di 7 strati marnoso-arenacei alternati a potenti interstrati siltitici</p>																	
(1) tipo discontinuità			(2) terminazione			(4) resistenza			(6) riempimento			(7) filtrazione					
BG - stratificazione			x - oltre affioramento			S1 - molto molle (<25 kPa)			0 - assente			U1 - chiusa/secca					
JN - giunto			r - contro roccia			S2 - molle (25-50 kPa)			1 - colorazione sup.			U2 - aperta asciutta					
FL - faglia			d - contro discontinuità			S3 - moder. consist. (50-100 kPa)			2 - terra coesiva			U3 - aperta tracce flusso					
FR - fessura			s - contro strato			S4 - consist. (100-250 kPa)			3 - terra granulare			U4 - aperta umida					
FS - fissilità						S5 - molto consist. (250-500 kPa)			4 - cementazione			U5 - aperta bagnata					
ST - stilolite			(3) rugosità			S6 - estrem. consist. (>500 kPa)			5 - calcite			U6 - flusso continuo					
SC - scistosità			S - a gradini						6 - clorite, talco, gesso			Riempimento					
CL - clivaggio			U - ondulato			(5) degradazione			7 - altro (specificare)			F1 - asciutto					
FO - foliazione			P - planare			0 - fresca						F2 - umido					
VN - vena			1 - liscio, 2 - scabro, 3 - striato			1 - decolorata						F3 - bagnato					
SH - zona di taglio						2 - decomposta						F4 - tracce dilavamento					
						3 - disgregata						F5 - dilavato					

Figura 25 – scheda rilevamento stazione 1

SCHEDA DI CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLE DISCONTINUITA'																	
DATI GENERALI										AFFIORAMENTO				STENDIMENTO			
n. scheda:		Rilevatore:		G. Mariannelli						Immersione (°):		35		Direzione (°):		35	
Località: Galleria Guinza N				Data: 07/06/2022				Inclinazione (°):		80		Inclinazione (°):		80			
Stazione:		2		n. foto:				Altezza (m):		13		Lunghezza (m):		11			
Intersezione		orientazione			persistenza		apertura		rugosità		resistenza			riempimento		filtrazione	
n.	x	tipo	α	β	stria	termin.	traccia	A	tipo	JRC	stima	sclerometro	degrad.	tipo	resist.	tipo	Q
	(m)	(1)	(°)	(°)	(°)	(2)	(m)	(mm)	(3)	1-20	(4)	orient. R	(5)	(6)	(4)	(7)	(l/min)
1	0.65	BG	300	15		xx	5		U2	10		basso	18	1			
2	0.7	JN2	185	89		dx	0.4		P2	12		later.	34	1			
3	1.7	JN2	30	52		dx	0.15		U2	6		obliq.	10	1			
4	2.1	JN1	60	70		dx	0.5	3	P1	8		later.	26	1	0		
5	2.5	JN	30	80		dx	0.45		P1	6		later.	20	1			
6	3.5	BG	305	15		xx	>10		P1	4		basso	16	1			
7	3.6	JN1	65	80		dx	1.6	20	U2	8		later.	30	1	2		
8	4.9	JN	35	35		ds	0.2		P1	4		obliq.	24	1			
9	5.2	JN2	20	78		dx	0.15	10	P2	6		later.	10	1	2		F2
10	6	JN1	68	82		dx	2.5		P2	14		later.	42	1			
11	6.3	JN	35	80		ds	0.25		U2	10		later.	28	1			
12	9	BG	305	12		xx	>10		P1	8		basso	20	1			
13	9.5	JN1	65	72		dx	7	50	U2	6		later.	28	1	2		
14	10.6	BG	310	10		xx	8		U1	6		basso	14	1			
15	10.8	JN1	70	65		dd	0.2	50	P2	8		later.	30	1	2		
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	
45																	
46																	
47																	
48																	
49																	
50																	

Note il set JN1 mostra aperture importanti fino a 2 cm con riempimento coesivo quasi sempre asciutto la traccia del set BG è pari all'ampiezza dell'affioramento (gli strati si seguono con continuità)

(1) tipo discontinuità BG - stratificazione JN - giunto FL - faglia FR - fessura FS - fisilità ST - stilolite SC - scistosità CL - clivaggio FO - foliazione VN - vena SH - zona di taglio	(2) terminazione x - oltre affioramento r - contro roccia d - contro discontinuità s - contro strato (3) rugosità S - a gradini U - ondulato P - planare 1 - liscio, 2 - scabro, 3 - striato	(4) resistenza S1 - molto molle (<25 kPa) S2 - molle (25-50 kPa) S3 - moder. consist. (50-100 kPa) S4 - consist. (100-250 kPa) S5 - molto consist. (250-500 kPa) S6 - estrem. consist. (>500 kPa)	(5) degradazione 0 - fresca 1 - decolorata 2 - decomposta 3 - disgregata	(6) riempimento 0 - assente 1 - colorazione sup. 2 - terra coesiva 3 - terra granulare 4 - cementazione 5 - calcite 6 - clorite, talco, gesso 7 - altro (specificare)	(7) filtrazione U1 - chiusa/secca U2 - aperta asciutta U3 - aperta tracce flusso U4 - aperta umida U5 - aperta bagnata U6 - flusso continuo Riempimento F1 - asciutto F2 - umido F3 - bagnato F4 - tracce dilavamento F5 - dilavato
---	---	---	--	---	---

Figura 26 - scheda rilevamento stazione 2

SCHEDA DI CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLE DISCONTINUITA'																		
DATI GENERALI										AFFIORAMENTO				STENDIMENTO				
n. scheda:					Rilevatore: G. Mariannelli					Immersione (°): 35		Direzione (°): 135						
Località: Galleria Guinza N					Data: 07/06/2022					Inclinazione (°): 80		Inclinazione (°): 0						
Stazione: 3					n. foto:					Altezza (m): 13		Lunghezza (m): 21.2						
Intersezione			orientazione			persistenza		apertura	rugosità		resistenza			riempimento		filtrazione		
n.	x	tipo	α	β	stria	termin.	traccia	A	tipo	JRC	stima	sclerometro	degrad.	tipo	resist.	tipo	Q	
	(m)	(1)	(°)	(°)	(°)	(2)	(m)	(mm)	(3)	1-20	(4)	orient.	R	(5)	(6)	(4)	(7)	(l/min)
1	0	JN2	325	75		dx	1.2		P2	12		later.	34	1				
2	1.8	JN1	40	68		dx	1.6	30	P2	10		later.	20	1				
3	1.8	JN2	325	85		dx	0.6		U2	12		later.	28	1				
4	3.1	JN1	52	76		dx	1.2	10	P2	6		later.	32	1				
5	3.2	JN2	350	85		dx	0.1	5	P2	4		later.	28	1	2			
6	3.5	JN	40	63		xx	0.1		U2	6		later.	22	1				
7	4.2	JN	28	72		dx	0.2		P2	6		later.	20	1				
8	5	JN	63	87		dx	0.4		P2	8		later.	26	1				
9	5.1	BG	265	17		xx	>10		U1	6		basso	18	1				
10	5.9	JN2	345	85		dx	0.6		P2	4		later.	34	1				
11	7.5	JN1	60	73		dx	0.3	5	P2	6		later.	38	1	2			
12	6.2	JN2	345	85		dx	0.3	5	P2	6		later.	28	1	2			
13	8.2	JN	5	80		dx	1.2		U2	10		later.	18	1				
14	9.5	JN1	67	74		dx	0.5	5	P2	8		later.	34	1	2			
15	9.5	JN2	338	88		x	0.2	3	P2	6		later.	22	1	2			
16	10.3	JN1	65	72		dd	0.6		P2	6		later.	24	1				
17	10.3	JN	0	84		xd	0.1	10	P2	10		later.	36	1				
18	11.7	JN1	65	89		dd	1.2		U2	8		later.	40	1				
19	11.9	JN	180	89		dx	0.25		U2	12		later.	38	1				
20	12.3	JN1	65	78		dx	0.25	3	P2	8		later.	36	1	2			
21	12.3	JN	180	80		dd	0.3	2	U2	14		later.	34	1				
22	13.6	JN1	65	70		dx	1.3		U2	10		later.	36	1				
23	13.6	JN2	350	85		dx	0.3	1	P2	6		later.	40	1				
24	14.8	JN1	60	72		dd	1.2		P2	6		later.	40	1				
25	15.1	JN2	350	85		dx	0.6		U2	6		later.	26	1				
26	16.2	JN1	65	70		dx	0.5	20	P2	6		later.	28	1	2		F2	
27	16.2	JN2				x		50	U2	6		later.	1	1	2			
28	17.2	JN2				x		20										
29	19.4	JN2				x		10										
30	20.7	JN2	5	89		x						later.	38	1				
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		
46																		
47																		
48																		
49																		
50																		

Note da 16.2 m a fine stendimento il set JN2 taglia il JN1 che e parallelo all'affioramento

(1) tipo discontinuità BG - stratificazione JN - giunto FL - faglia FR - fessura FS - fissilità ST - stilolite SC - scistosità CL - clivaggio FO - foliazione VN - vena SH - zona di taglio	(2) terminazione x - oltre affioramento r - contro roccia d - contro discontinuità s - contro strato (3) rugosità S - a gradini U - ondulado P - planare 1 - liscio, 2 - scabro, 3 - striato	(4) resistenza S1 - molto molle (<25 kPa) S2 - molle (25-50 kPa) S3 - moder. consist. (50-100 kPa) S4 - consist. (100-250 kPa) S5 - molto consist. (250-500 kPa) S6 - estrem. consist. (>500 kPa)	(5) degradazione 0 - fresca 1 - decolorata 2 - decomposta 3 - disgregata	(6) riempimento 0 - assente 1 - colorazione sup. 2 - terra coesiva 3 - terra granulare 4 - cementazione 5 - calcite 6 - clorite, talco, gesso 7 - altro (specificare)	(7) filtrazione U1 - chiusa/secca U2 - aperta asciutta U3 - aperta tracce flusso U4 - aperta umida U5 - aperta bagnata U6 - flusso continuo Riempimento F1 - asciutto F2 - umido F3 - bagnato F4 - tracce dilavamento F5 - dilavato
--	---	---	--	---	---

Figura 27 - scheda rilevamento stazione 3

Firenze, 11-07-2022

Geol. Giampaolo Mariannelli

OGT n. 1596

FIRMA DIGITALE

Servizi di indagini geognostiche e monitoraggio geotecnico ante operam gallerie della Guinza, Valpiana, S. Veronica e S. Antonio S/N

AN58 - S.G.C. Grosseto – Fano (E78)

galleria della Guinza (lotto 2) e tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3 1° Stralcio)



Progetto	Gallerie della Guinza, Valpiana, S. Veronica e S. Antonio S/N
Nr. Progetto	AN58
Oggetto	Analisi Chimiche Acque Galleria Guinza
Emesso da	ATI monitoraggio
Emesso per	ANAS Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori Progettazione, Indirizzo e Controllo – Geotecnica e Gallerie
Data	Agosto 2022

Revisione Documento

Autore	
Controllato	
Approvato	

Versione	Descrizione	Iniziali	Data

Perugia 16.09.2022

CERTIFICATO DI ANALISI N°22091213C

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Committente :	Pizzi Terra S.r.l.
Prelievo effettuato da :	Vs. Tecnici
Data ricevimento campione :	06.09.2022
Etichettatura campione :	N° 1213/22 – acqua sotterranea - acqua P. Km 1,475 Galleria Guinza

RISULTATI ANALITICI

Parametri	Met. di riferimento	u.m.	Conc.	C.L.
Alluminio	ISO 11885:2009	µg/l	39,2	200
Antimonio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,5	5
Argento	ISO 11885:2009	µg/l	< 3	10
Arsenico	ISO 11885:2009	µg/l	< 6	10
Berillio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,8	4
Cadmio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,5	5
Cobalto	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,7	50
Cromo totale	ISO 11885:2009	µg/l	< 3	50
Cromo VI	APAT / IRSA 3150	µg/l	< 0,3	5
Ferro	ISO 11885:2009	µg/l	< 3	200
Manganese	ISO 11885:2009	µg/l	< 1,7	50
Mercurio	UNI EN 1483	µg/l	< 0,5	1
Nichel	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,9	20

Certificato di analisi valido a tutti gli effetti di legge ai sensi dell'art. 16 del R.D. n. 842 del 01.03.1928, art. 16 e 18 della L. n. 679 del 19.07.1957, D.M. 21.06.1978, art. 8 c. 3 D.M. 25.03.1986 i risultati si riferiscono al campione presentato. Non possono essere riprodotte singole parti del presente rapporto di prova senza l'approvazione scritta del Laboratorio ERICA

analisi eseguite presso
Laboratorio di analisi Chimiche e Microbiologiche ERICA s.r.l.
www.ERICA-ambiente.it
azienda con sistema di gestione della qualità certificato UNI EN ISO 9001:2015

RISULTATI ANALITICI

Parametri	Met. di riferimento	u.m.	Conc.	C.L.
Piombo	ISO 11885:2009	µg/l	< 4,5	10
Rame	ISO 11885:2009	µg/l	< 6,7	1000
Selenio	ISO 11885:2009	µg/l	< 6	10
Tallio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,9	2
Zinco	ISO 11885:2009	µg/l	5,4	3000
pH	APAT / IRSA 2060	un. pH	8,9	---
Solfati	APAT / IRSA 4020	mg/l	38,0	250
Ammoniaca	ISO 7150-1:1984 / DIN 38406 E5-1	mg/l	0,2	---
Magnesio	ISO 11885:2009	mg/l	2,0	---
Benzene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	1
Etilbenzene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	50
Stirene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	25
Toluene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	15
Xilene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	10
Benzo[a]antracene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,1
Benzo[a]pirene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,01
Benzo[b]fluorantene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,1
Benzo[k]fluorantene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,05
Benzo[g,h,i]perilene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,01
Crisene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	5
Dibenzo[a,h]antracene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,01
Indenopirene (1,2,3-c,d) pirene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,1
Pirene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	50

Note:

C.L. Le concentrazioni limite riportate sopra sono riferite ai valori della tabella di cui al Decreto Legislativo 03 aprile 2006, n° 152, Tabella 2, dell'allegato 5 del titolo V della parte quarta.

Dott. Renato Antonio Presilla



Certificato di analisi valido a tutti gli effetti di legge ai sensi dell'art. 16 del R.D. n. 842 del 01.03.1928, art. 16 e 18 della L. n. 679 del 19.07.1957, D.M. 21.06.1978, art. 8 c. 3 D.M. 25.03.1986

I risultati si riferiscono al campione presentato. Non possono essere riprodotti o diffusi al di fuori del presente rapporto di prova senza l'approvazione scritta del Laboratorio ERICA

analisi eseguite presso
Laboratorio di analisi Chimiche e Microbiologiche ERICA s.r.l.
www.ERICA-ambiente.it

azienda con sistema di gestione della qualità certificato UNI EN ISO 9001:2015

ERICA s.r.l.

Via Bruno Colli, 12, Ponte S. Giovanni – 06135 Perugia
Tel. 075.5997593 Fax. 075.5997563

P.IVA 029 389 20 549
C.C.I.A.A. R.E.A. n. 251939
e-mail: info@ERICA-ambiente.it

Perugia 16.09.2022

CERTIFICATO DI ANALISI N°22091214C

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Committente :	Pizzi Terra S.r.l.
Prelievo effettuato da :	Vs. Tecnici
Data ricevimento campione :	06.09.2022
Etichettatura campione :	N° 1214/22 – acqua sotterranea - acqua P. Km 3,285 Galleria Guinza

RISULTATI ANALITICI

Parametri	Met. di riferimento	u.m.	Conc.	C.L.
Alluminio	ISO 11885:2009	µg/l	75,7	200
Antimonio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,5	5
Argento	ISO 11885:2009	µg/l	< 3	10
Arsenico	ISO 11885:2009	µg/l	< 6	10
Berillio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,8	4
Cadmio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,5	5
Cobalto	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,7	50
Cromo totale	ISO 11885:2009	µg/l	< 3	50
Cromo VI	APAT / IRSA 3150	µg/l	< 0,3	5
Ferro	ISO 11885:2009	µg/l	< 3	200
Manganese	ISO 11885:2009	µg/l	< 1,7	50
Mercurio	UNI EN 1483	µg/l	< 0,5	1
Nichel	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,9	20

Certificato di analisi valido a tutti gli effetti di legge ai sensi dell'art. 16 del R.D. n. 842 del 01.03.1928, artt. 16 e 18 della L. n. 679 del 19.07.1957, D.M. 21.06.1978, art. 8 c. 3 D.M. 25.03.1986 i risultati si riferiscono al campione presentato. Non possono essere riprodotte singole parti del presente rapporto di prova senza l'approvazione scritta del Laboratorio ERICA

analisi eseguite presso
Laboratorio di analisi Chimiche e Microbiologiche ERICA s.r.l.
www.ERICA-ambiente.it
azienda con sistema di gestione della qualità certificato UNI EN ISO 9001:2015

RISULTATI ANALITICI

Parametri	Met. di riferimento	u.m.	Conc.	C.L.
Piombo	ISO 11885:2009	µg/l	< 4,5	10
Rame	ISO 11885:2009	µg/l	< 6,7	1000
Selenio	ISO 11885:2009	µg/l	< 6	10
Tallio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,9	2
Zinco	ISO 11885:2009	µg/l	2,9	3000
pH	APAT / IRSA 2060	un. pH	8,3	---
Solfati	APAT / IRSA 4020	mg/l	80,4	250
Ammoniaca	ISO 7150-1:1984 / DIN 38406 E5-1	mg/l	0,2	---
Magnesio	ISO 11885:2009	mg/l	2,3	---
Benzene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	1
Etilbenzene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	50
Stirene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	25
Toluene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	15
Xilene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	10
Benzo[a]antracene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,1
Benzo[a]pirene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,01
Benzo[b]fluorantene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,1
Benzo[k]fluorantene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,05
Benzo[g,h,i]perilene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,01
Crisene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	5
Dibenzo[a,h]antracene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,01
Indenopirene (1,2,3-c,d) pirene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,1
Pirene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	50

Note:

C.L. Le concentrazioni limite riportate sopra sono riferite ai valori della tabella di cui al Decreto Legislativo 03 aprile 2006, n° 152, Tabella 2, dell'allegato 5 del titolo V della parte quarta.

Dott. Renato Antonio Presilla

Certificato di analisi valido a tutti gli effetti di legge ai sensi dell'art. 16 del R.D. n. 842 del 01.03.1928, artt. 16 e 18 della L. n. 679 del 19.07.1957, D.M. 21.06.1978, art. 8 c. 3 D.M. 25.03.1986

i risultati si riferiscono al campione presentato. Non possono essere riprodotti o ristampati senza l'approvazione scritta del Laboratorio ERICA

analisi eseguite presso
Laboratorio di analisi Chimiche e Microbiologiche ERICA s.r.l.
www.ERICA-ambiente.it

azienda con sistema di gestione della qualità certificato UNI EN ISO 9001:2015



ERICA s.r.l.

Via Bruno Colli, 12, Ponte S. Giovanni – 06135 Perugia
Tel. 075.5997593 Fax. 075.5997563

P.IVA 029 389 20 549
C.C.I.A.A. R.E.A. n. 251939
e-mail: info@ERICA-ambiente.it

Perugia 16.09.2022

CERTIFICATO DI ANALISI N°22091215C

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Committente :	Pizzi Terra S.r.l.
Prelievo effettuato da :	Vs. Tecnici
Data ricevimento campione :	06.09.2022
Etichettatura campione :	N° 1215/22 – acqua sotterranea - acqua P. Km 5,205 Galleria Guinza

RISULTATI ANALITICI

Parametri	Met. di riferimento	u.m.	Conc.	C.L.
Alluminio	ISO 11885:2009	µg/l	< 1	200
Antimonio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,5	5
Argento	ISO 11885:2009	µg/l	< 3	10
Arsenico	ISO 11885:2009	µg/l	< 6	10
Berillio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,8	4
Cadmio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,5	5
Cobalto	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,7	50
Cromo totale	ISO 11885:2009	µg/l	< 3	50
Cromo VI	APAT / IRSA 3150	µg/l	< 0,3	5
Ferro	ISO 11885:2009	µg/l	< 3	200
Manganese	ISO 11885:2009	µg/l	< 1,7	50
Mercurio	UNI EN 1483	µg/l	< 0,5	1
Nichel	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,9	20

Certificato di analisi valido a tutti gli effetti di legge ai sensi dell'art. 16 del R.D. n. 842 del 01.03.1928, art. 16 e 18 della L. n. 679 del 19.07.1957, D.M. 21.06.1978, art. 8 c. 3 D.M. 25.03.1986

i risultati si riferiscono al campione presentato. Non possono essere riprodotte singole parti del presente rapporto di prova senza l'approvazione scritta del Laboratorio ERICA

analisi eseguite presso
Laboratorio di analisi Chimiche e Microbiologiche ERICA s.r.l.
www.ERICA-ambiente.it

azienda con sistema di gestione della qualità certificato UNI EN ISO 9001:2015

ERICA s.r.l.

Via Bruno Colli, 12, Ponte S. Giovanni – 06135 Perugia
Tel. 075.5997593 Fax. 075.5997563

P.IVA 029 389 20 549
C.C.I.A.A. R.E.A. n. 251939
e-mail: info@ERICA-ambiente.it

RISULTATI ANALITICI

Parametri	Met. di riferimento	u.m.	Conc.	C.L.
Piombo	ISO 11885:2009	µg/l	< 4,5	10
Rame	ISO 11885:2009	µg/l	< 6,7	1000
Selenio	ISO 11885:2009	µg/l	< 6	10
Tallio	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,9	2
Zinco	ISO 11885:2009	µg/l	< 0,9	3000
pH	APAT / IRSA 2060	un. pH	7,7	---
Solfati	APAT / IRSA 4020	mg/l	76,4	250
Ammoniaca	ISO 7150-1:1984 / DIN 38406 E5-1	mg/l	0,2	---
Magnesio	ISO 11885:2009	mg/l	35,5	---
Benzene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	1
Etilbenzene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	50
Stirene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	25
Toluene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	15
Xilene	EPA 5030C 2003 – EPA 8260C 2006	µg/l	< 0,1	10
Benzo[a]antracene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,1
Benzo[a]pirene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,01
Benzo[b]fluorantene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,1
Benzo[k]fluorantene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,05
Benzo[g,h,i]perilene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,01
Crisene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	5
Dibenzo[a,h]antracene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,01
Indenopirene (1,2,3-c,d) pirene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	0,1
Pirene	IRSA CNR, Quad. 64/25	µg/l	< 0,01	50

Note:

C.L. Le concentrazioni limite riportate sopra sono riferite ai valori della tabella di cui al Decreto Legislativo 03 aprile 2006, n° 152, Tabella 2, dell'allegato 5 del titolo V della parte quarta.

Dott. Renato A. Presilla



Certificato di analisi valido a tutti gli effetti di legge ai sensi dell'art. 16 del R.D. n. 842 del 01.03.1928, artt. 16 e 18 della L. n. 679 del 19.07.1957, D.M. 21.06.1978, art. 8 c. 3 D.M. 25.03.1986

i risultati si riferiscono al campione presentato. Non possono essere riprodotte singole parti del presente rapporto di prova senza l'approvazione scritta del Laboratorio Chimico

analisi eseguite presso

Laboratorio di analisi Chimiche e Microbiologiche ERICA s.r.l.
www.ERICA-ambiente.it

azienda con sistema di gestione della qualità certificato UNI EN ISO 9001:2015