

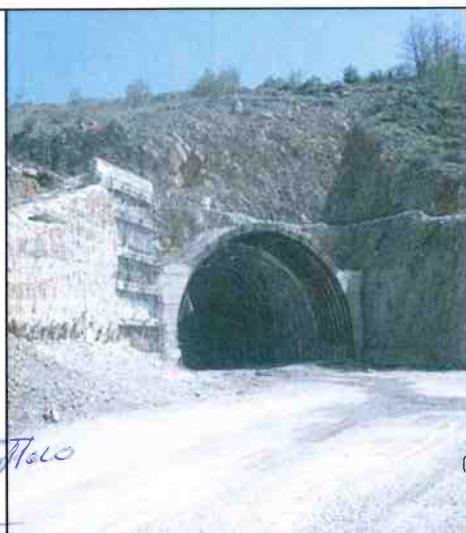


Anas SpA

Ufficio per l'Autostrada SA-RC

AUTOSTRADA A3 SALERNO – REGGIO CALABRIA
LAVORI PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA DI ACCESSO ALLA GALLERIA SERRA
ROTONDA IN DIR. SUD DA PARTE DEI V.F.F. MEDIANTE LA MESSA IN SICUREZZA
DELLA FINESTRA D'ACCESSO REALIZZATA NELL'AMBITO DEI LAVORI DI
AMMODERNAMENTO ED ADEGUAMENTO AL TIPO 1/A DELLE NORME CNR/80 DAL KM
139+000 AL KM 148+000

PROGETTO DEFINITIVO

<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</p> <p>Geom. Enzo Risoli</p> <p>Geom. Pasquale Ferrazzano</p> <p>Geom. Antonio Gioia</p>		
---	---	--

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Upremio De Luca</i></p> <p>Dott. Geol. Upremio De Luca</p>	<p>IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Enzo Risoli</i></p> <p>Geom. Enzo Risoli</p>	<p>DATA</p>
<p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</p> <p><i>Antonio Citarella</i></p> <p>Dott. Ing. Antonio Citarella</p>	<p>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Francesco Ruocco</i></p> <p>Dott. Ing. Francesco Ruocco</p>	<p>PROTOCOLLO</p>

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	CODICE ELAB.			
ASR311	E	1601	P01GNO1GEORE01			A
D						
C						
B						
A	EMISSIONE	07/07/2016	DE LUCA	DE LUCA	CITARELLA	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

WBS DI RIFERIMENTO :

INDICE

Premessa:.....	pag.1
Inquadramento geo-morfologico ed idrogeologico del territorio:.....	pag.2
Previsione del rischio da frana (Autorità di Bacino della Basilicata):.....	pag.7
Modello geologico del sito di progetto:.....	pag.8
Indagini geotecniche consultate:.....	pag.9
Modello geotecnico del sito di progetto:.....	pag.14
Lo scavo della Finestra d'accesso:.....	pag.20
Sismicità dell'area ai sensi delle NTC 2008:.....	pag.26
Considerazioni conclusive:.....	pag.32

Allegati alla Relazione:

- 1. Schede di rilievo geo-strutturale dei fronti di scavo;*
- 2. Profilo geomeccanico della Finestra d'accesso.*

1. Premessa

Nell'ambito del "Progetto dei lavori per la realizzazione di un sistema di accesso alla galleria Serra Rotonda in dir. Sud da parte dei VV.FF. mediante la messa in sicurezza della finestra d'accesso realizzata nell'ambito dei lavori di ammodernamento ed adeguamento al tipo 1/a delle norme CNR/80 dal km 139+000 al km 148+000", chi scrive ha redatto la presente relazione, compendio e sintesi delle fasi di sopralluogo, ricerca bibliografica e cartografica, nonché dell'analisi dei risultati delle indagini geologiche e geomeccaniche all'uopo eseguite per le fasi progettuali e nel corso d'opera.

La galleria Serra Rotonda, costituita da una doppia canna, è situata ad est dell'abitato di Lauria ed immediatamente a est dell'attuale galleria Serra Rotonda dell'autostrada A3. La canna Nord della galleria naturale ha una lunghezza complessiva di 3787.41 m; la canna Sud della galleria naturale ha una lunghezza complessiva di circa 3775 metri. A circa 2480 m dal portale Nord è stata prevista la realizzazione di una galleria d'accesso, denominata "Finestra", al fine di accelerare le operazioni di scavo della galleria.

La galleria di accesso alla galleria Serra Rotonda, consiste in una galleria secondaria che si dirama perpendicolarmente alla galleria principale per circa 150 m, con pendenza del 6% circa a salire dal portale verso la galleria principale (fornice Sud), come mostrato nella planimetria di inquadramento in Figura 1. Questo passaggio è stato utilizzato durante i lavori di ammodernamento dell'autostrada, al fine di accelerare le operazioni di scavo dell'attuale galleria Serra Rotonda. Essa dunque è parte integrante dei lavori di ammodernamento ed adeguamento dell'autostrada A3 Salerno Reggio Calabria, al tipo 1/a delle norme CNR/80, inserita nell'ambito dei lavori del c.d. "Macrolotto 3 parte 1^a SA/RC".

Il progetto de quo consiste, essenzialmente, nella realizzazione del rivestimento definitivo della "Finestra", scavata nel periodo ottobre 2011 ÷ marzo 2012, nonché nella sistemazione dell'imbocco.

Scopo ultimo del presente lavoro è quello pervenire alla definizione del modello geologico e geotecnico della "Finestra", al fine di fornire elementi utili per gli interventi progettuali di che trattasi. Tutte le analisi e le verifiche geologiche e geotecniche sono state condotte in attinenza con quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e del P.S.A.I. "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Basilicata".

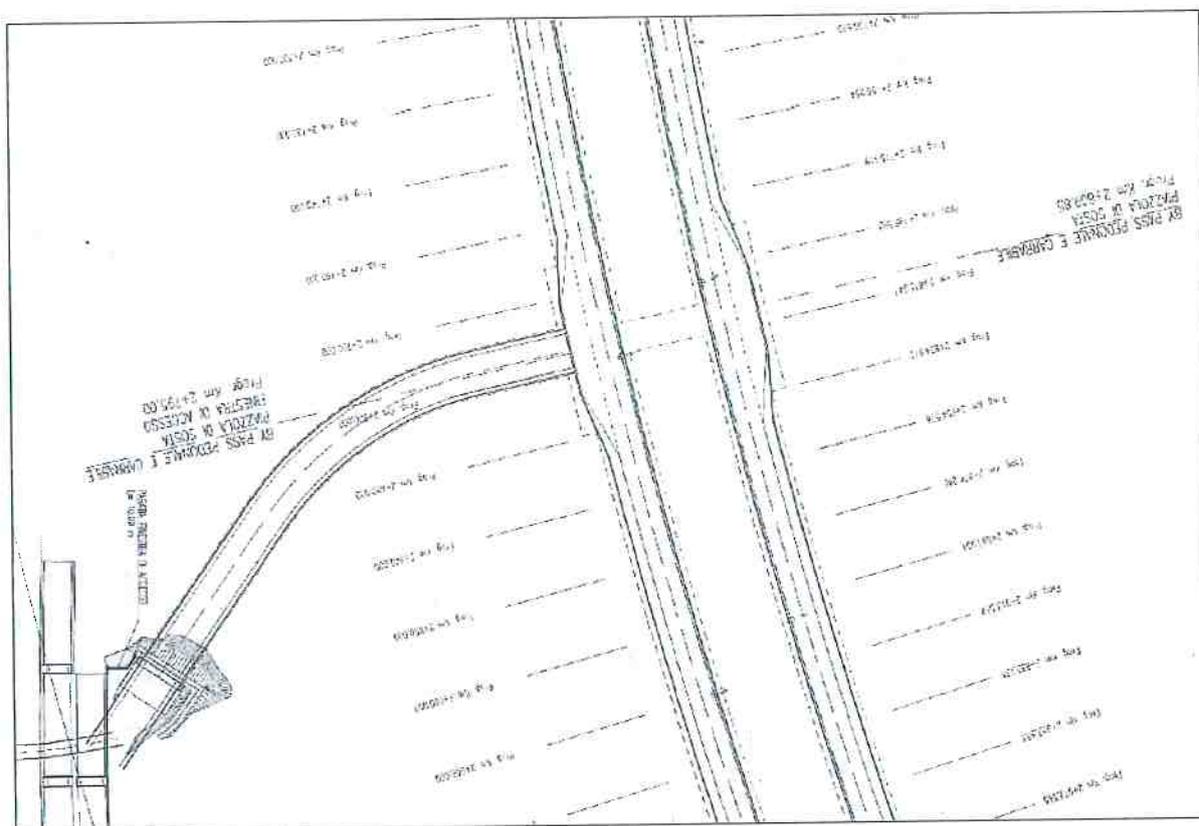


Fig. 1 - Stralcio planimetrico

2. Inquadramento geo-morfologico ed idrogeologico del territorio

Dal punto di vista geologico, nell'area esaminata affiorano: formazioni carbonatiche mesozoiche, stratigraficamente più profonde, appartenenti all'Unità del Pollino, costituite da calcari dolomitici e dolomie e da calcari; alternanze di depositi sedimentari di varia natura riconducibili alle Unità Lagonegresi e alle Unità Ofiolitiche; depositi fluvio-lacustri del bacino del Mercure; terreni quaternari di ambiente continentale, tutti affioranti in alcuni settori periferici della dorsale dei Monti di Lauria.

In dettaglio, l'Unità geologica di riferimento per il progetto in argomento è costituita da un membro superiore, prevalentemente calcareo e subordinatamente calcareo-dolomitico, e da uno inferiore, prevalentemente dolomitico.

I terreni che costituiscono il "membro superiore" (Giurassico-Cretacico) sono rappresentati da una successione prevalentemente calcarea formata da diversi livelli molto eterogenei dal punto di vista litologico: nella parte bassa sono presenti calcareniti grigio-avana con interstrati di argille verdognole, calcari oolitici bianchi e grigi molto ricchi di grandi fossili; la parte più alta della successione è, invece, caratterizzata da calcilutiti e calcareniti grigie e brune, marne verdi con intercalazioni di calciruditi e calcareniti e, come termine più elevato, calcarenititi e calcilutiti grigio-nerastre con frequenti fossili di rudiste. Nell'area affiorano in alternanza con calcari dolomitici generalmente ben stratificati.

Questi sono diffusamente localizzati lungo tutto il tratto in esame, tanto da rappresentare il litotipo più frequente e interessato dall'esecuzione delle maggiori opere, come gran parte della Galleria Serra Rotonda (Fig.2). Si presentano sia massivi, come nel primo tratto della Galleria Serra Rotonda, che marcatamente stratificati (Foto 1 ÷ 4). Sono sempre interessati da un grado di fratturazione, variabile da zona a zona, la cui pervasività aumenta a ridosso delle lineazioni tettoniche. In tali aree presentano un aspetto più detritico, talora milonitico, con presenza di numerose fasce di riempimento limoso-sabbiose, lasciando comunque intravedere nuclei relitti, ancora massivi.

Tra le peculiarità osservate di questa roccia vi è lo spinto stato di carsificazione, anch'esso variabile da zona a zona e, soprattutto, in funzione della profondità di affioramento. Infatti, i litotipi più superficiali ed esterni hanno sempre mostrato, come è logico essere, un grado di carsismo elevato, talora netto. Solitamente, nonostante ciò, la roccia conserva ancora una certa consistenza e grado di stabilità. Laddove, invece, l'influenza della tettonica è maggiormente sentita, la roccia tende ad assumere un assetto completamente disfatto, dando vita a potenti e prevalenti fasce pseudo-detritiche, sulle quali, a loro volta, si sono impostati più recenti fenomeni carsici che, rispetto a quelli più antichi, presentano un grado di incisione notevolmente maggiore. La frequente e contemporanea presenza di varie e tipiche forme di dissoluzione carsica (scannellature, solchi di dissoluzione, vaschette di corrosione, solution pits, orme carsiche, etc.) riducono l'aspetto massivo della roccia.



Foto 1 - Calcarei massivi presso il versante settentrionale di Serra Rotonda



Foto 2 - Calcarei massivi con un sifone carsico relitto presso il versante settentrionale di Serra Rotonda



Foto 3 - Campi carreggiati lungo le coperture della Galleria Serra Rotonda



Foto 4 - Calcarei dolomitici stratificati, con giacitura a reggipoggio, presso l'imbocco meridionale della Galleria Serra Rotonda

I calcari dolomitici e dolomie che costituiscono il "membro inferiore" dell'Unità carbonatica del Pollino (Triassico superiore-Giurassico inferiore), sono presenti solo marginalmente nell'area strettamente in esame, e sono rappresentati dai due piccoli lembi, rilevati presso il versante settentrionale di Serra Rotonda e quello meridionale di Serra Sardina, in prossimità della vallata di Campo del Galdo, e dal più importante affioramento nella porzione centrale della galleria Serra Rotonda, in cui risultano in contatto tettonico con il membro superiore.

Sono costituiti, in basso, da una monotona successione di dolomie grigie, micro e macrocristalline, disposte in strati generalmente spessi 20-50 cm e, più raramente, in banchi di un metro o poco più. I livelli stromatolitici sono piuttosto frequenti, mentre in misura minore sono presenti anche livelli oncolitici. A luoghi, è possibile riconoscere un'originaria tessitura ruditica. Verso l'alto, la formazione è caratterizzata da calcari dolomitici a megalodontidi, difficilmente distinguibili dalle sottostanti dolomie, alternati a calcilutiti, calcareniti e calciruditi in strati di 30-40 cm di spessore. La frequenza dei termini più dolomitici diminuisce procedendo verso l'alto nella successione. Le calcareniti sono generalmente a grana fine, spesso ricristallizzate, e sono caratterizzate da un colore biancastro o avana, talora tendente al nocciola. Una caratteristica della parte alta di questa formazione è la presenza di livelli costituiti da calcilutiti policrome, listate parallelamente alla stratificazione, e da breccie intraformazionali policrome.

Si presentano con un grado di fratturazione e alterazione variabile da medio-elevato ad elevato, aumentando proporzionalmente sia rispetto alla vicinanza con lineazioni strutturali, che rispetto al grado di dolomitizzazione della roccia.

Tale situazione si rende evidente proprio nella porzione centrale della Galleria Serra Rotonda, dove la presenza dei due sistemi di faglie ad andamento NE-SW e NW-SE, responsabili del contatto tra i due termini (superiore e inferiore) dell'Unità del Pollino, riduce il litotipo esaminato in veri e propri ghiaioni.

Anche in questo caso si nota uno spinto grado di carsificazione, con forme epigee ed ipogee ben evidenti e marcate. Le prime vengono rappresentate sia dai numerose campi carreggiati rilevati nell'area, sia dalla dolina presente alle pendici del versante nord-occidentale di Serra Destra di Tornesiello. Le seconde sono state, invece, confermate dalle tomografie geoelettriche eseguite nell'area, che hanno permesso di rilevare un'importante cavità sotterranea, probabilmente collegata a strutture ancora più profonde.



Foto 5 - Calcarei dolomitici fittamente stratificati, affioranti sul versante nord di Serra Rotonda



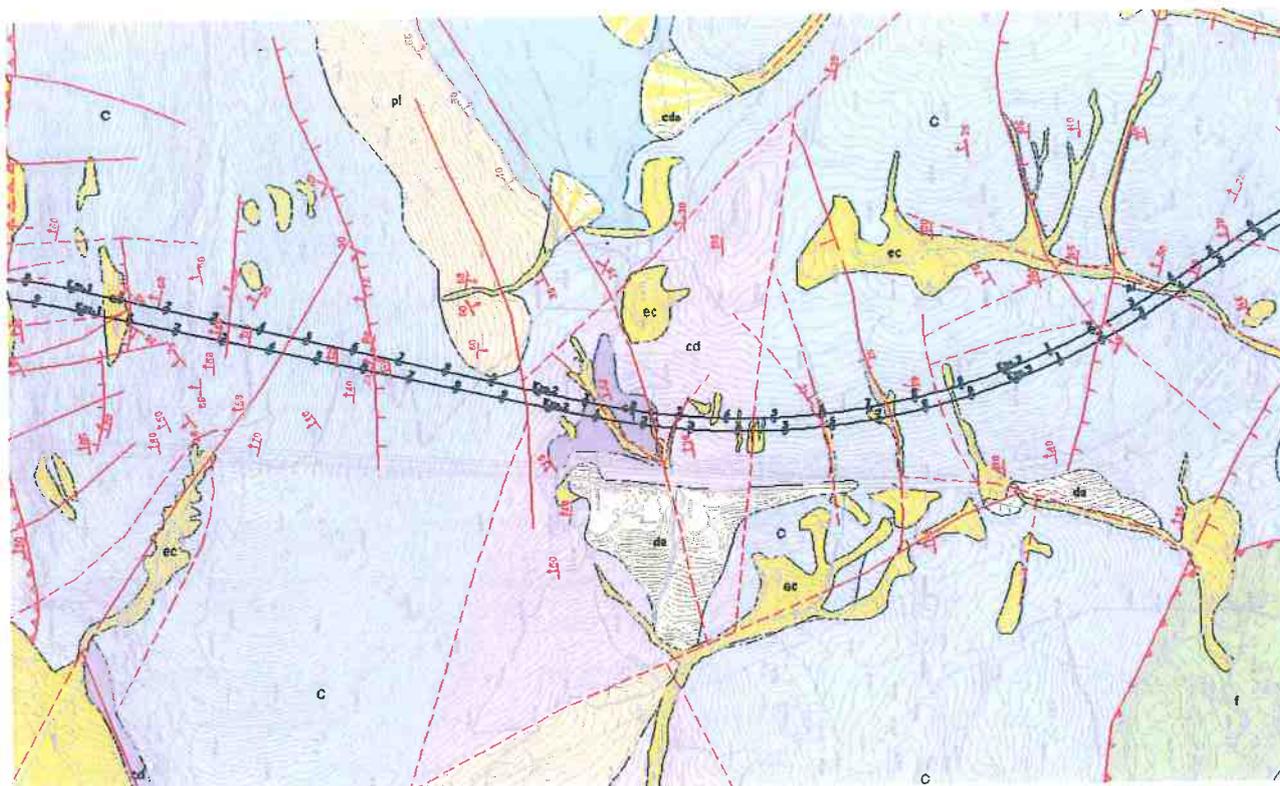
Foto 6 - Fascia milonitica che interessa i calcari e le dolomie presenti sul versante nord di Serra Rotonda.



Foto 7 - Calcarei dolomitici ridotti in ghiaioni nel sondaggio S107



Foto 8 - Elevato grado di carsificazione dei termini inferiori dell'Unità del Pollino (campi carreggiati)



LEGENDA

DEPOSITI QUATERNARI PLEISTOCENE-RECENTE

- Depositi antropici (da)** - *Recente*
Materiale eterometrico rimaneggiato associato alla realizzazione di rilievi stradali, colmata, terrapieni e accumuli di origine antropica, riferibili anche alle attività delle cave e delle discariche
- Depositi eluvio-colluviali (ec)** - *Olocene-Recente*
Depositi derivanti dai processi di disaggregazione e delle unità affioranti, con eventuale trasporto e sedimentazione dei prodotti residuali. Nei fischì sono costituiti solitamente da matrici prevalentemente argillo-limoso con clasti litici eterometrici. Nei rilievi calcareo-dolomitici sono rappresentati da falde di detrito grossolano sdotato.
- Conoidi detritiche (cde)** - *Olocene-Recente*
Masse detritiche, con tipica forma a ventaglio, riconducibile all'azione di disaggregazione dei rilievi con deposizione per gravità alla base del versante. Si tratta di ciottoli e ghiaie, talora blocchi, a spigoli vivi, dastoso-sostenuti. La matrice è scarsa o assente
- Depositi alluvionali (a)** - *Olocene-Recente*
Depositi derivanti dai processi di trasporto e sedimentazione da parte del reticolo idrografico. Si tratta di ciottoli e conglomerati arrotondati, eterogenei ed eterometrici, immersi in matrice sabbioso-limoso, in proporzioni variabili. Al loro interno possono rinvenirsi livelli e/o lenti di materiale siltoso e/o argilloso.
- Conoidi alluvionali (ca)** - *Olocene-Recente*
Depositi perlopiù grossolani, con tipica forma a ventaglio, riconducibile all'azione di trasporto e sedimentazione da parte del reticolo idrografico allo sbocco dei bacini intramontani. Si tratta di ciottoli e ghiaie, dastoso-sostenuti, con debole matrice fine, intercalati da ridotti livelli sabbioso-limosi.
- Depositi fluvio-lacustri (fl)** - *Pleistocene Medio-Superiore*
Sedimenti dastici costituiti da ghiaie più o meno grossolane, riconducibili a deposizioni fluviali, immerse in materiali più fini di origine lacustre, rappresentati da argille e limi, con locali livelli di lignite. Talora si presentano dastoso-sostenuti. Si tratta dei depositi derivanti dalla degradazione dei rilievi calcareo-dolomitici, con successivo trasporto e sedimentazione all'interno delle depressioni intramontane di origine tettonica che hanno ospitato bacini lacustri (Bacino del Mercurio, Vallo di Diana, ecc.).
- Depositi detritici continentali cementati pre-lacustri (pl)** - *Pleistocene inferiore-medio*
Sedimenti dastici grossolani e subordinatamente fini stratificati e cementati, affioranti esclusivamente lungo i rilievi bordieri dei bacini tettonici intramontani, derivanti dai processi di disaggregazione dei versanti morfo-strutturali.

UNITA' TETTONICA LAGONEGRO II (Calcareo-marnosa)

PALEOGENE

Fisch del Gallesirino (fygb) - Paleogene

Litofacies calcareo - marnosa (b)

Alternanza, in strati sottili di spessore variabile da qualche centimetro a pochi decimetri, di calcilutiti e calcilutiti grigie e giallastre localmente silicizzate, marne calcaree e calcifera a radiolari e spicole di spugna, a frattura concoide, argilliti silicee fogliettate a frattura prismatica nana, grigie e verdastre e rare calcareniti. Le calcareniti e le calcilutiti presentano spesso laminazioni parallele e convolute e sono di natura torbiditica.

UNITA' TETTONICA LAGONEGRO I (Siliceo-marnosa)

TRIASSICO SUP. - CRETACICO INF.

Scisti di Pecorone (psr) - Cretacico Superiore - Eocene

Alternanza di scisti pellicolosi (grigio, rosso e verdi) con intercalazioni di calcareniti a grana fine e argilliti silicee passanti verso l'alto ad un'alternanza di calcareniti, marne e argilliti rosse, verdi e grigie.

Fisch del Gallesirino (fyga) - Giurassico Sup. - Cretacico

Litofacies marnosa - silicea (a)

Alternanza di marne silicee grigio-verdastre ed argilliti aciculate grigio-scure, violacee, verdastre e color vinaccia, completamente silicizzate e di calcilutiti grigie e giallastre

UNITA' CARBONATICA DEL M. TE POLLINO

GIURASSICO - CRETACICO

Calcarei (c) - Giurassico - Cretacico

Calcarei, calcareniti gradate e subordinatamente calcari dolomitici e dolomie in strati e banchi, generalmente micritici, con frequenti frammenti di bioclasti (Acteonella, Nerinea, Requenie e Rudista), localmente gralinstones oolitici. All'interno della formazione sono presenti livelli, orizzonti e banchate di conglomerati calcarei e calcareniti gradate a frammenti di Rudista, talvolta con interstrati marnosi giallastri, localmente deformazione duttile più o meno intensa.

Calcarei dolomitici (cd) - Triassico Superiore - Giurassico inferiore

Calcarei dolomitici e dolomie ben stratificati, micritici con bioclasti (gasteropodi, bivalvi, alghe calcaree e foraminiferi), oncoidi, interstrati e localmente oolitici, mudstone, calcari pozzi con alghe rosse. All'interno della formazione sono presenti livelli, orizzonti e banchate di conglomerati calcarei e calcareniti con frammenti di gasteropodi, bivalvi, coralli e frammenti di echinidi; localmente deformazione duttile più o meno intensa.

Fig.2 - Schema geologico e morfotettonico della Serra Rotonda e relativa legenda (da progetto esecutivo)

Dal punto di vista morfologico, nell'area in esame la configurazione più evidente è rappresentata dall'allineamento di creste Serra Rotonda-Serra Destra di Tornesiello-Serra Sardina, assimilabile ad un rilievo continuo, interrotto solo da sistemi vallivi di prevalente incisione fluviale, come quella del torrente Caffaro, che dissecano le morfostrutture controllate da pieghe e sovrascorrimenti legati alla tettonogenesi compressiva altomiocenica-bassopliocenica, ed in subordine, da bacini intramontani, rappresentati da Lago della Rotonda. In questo settore sono presenti numerose strutture carsiche, tra cui una grossa dolina di dissoluzione-sprofondamento, posta ad est del tracciato in progetto.

Il contesto idrogeologico dell'area in esame vede la diffusa presenza del Complesso carbonatico, ad elevata permeabilità per fratturazione e carsismo, che costituisce l'acquifero principale della zona. Considerato lo spessore notevole del Complesso (alcune centinaia di metri) e l'infiltrazione continua delle acque superficiali, il livello di falda si attesta a notevole profondità, con circolazione idrica che si sviluppa anche in condotti carsici molto profondi.

La porzione calcarea è rappresentata da calcari molto fratturati, stratificati e a luoghi anche intensamente carsificati. In ragione del grado di fessurazione e di carsismo, la permeabilità relativa varia da molto elevata a medio-alta, mentre il coefficiente di infiltrazione potenziale (CIP) è dell'ordine dell'85%.

Il deflusso idrico sotterraneo si esplica essenzialmente secondo tre direttrici principali: la prima, orientata verso SW, alimenta le importanti sorgenti Caffaro e Caffaro Mandarino (1000 l/s); la seconda, orientata verso NW, alimenta le sorgenti del gruppo del Fiumicello di Lauria; la terza, orientata verso SE, alimenta i gruppi sorgivi dei fossi Canderno e Santianna.

Il flusso viene interrotto da alcune dislocazioni tettoniche principali e da limiti stratigrafici che tamponano la falda mettendo in contatto i terreni più permeabili con terreni di natura semipermeabile o impermeabile; tali variazioni di permeabilità generano le sorgenti più cospicue e rilevanti.

3. Previsione del Rischio da frana (Autorità di Bacino della Basilicata)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Basilicata di seguito denominato PAI, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, le norme d'uso del suolo e gli interventi riguardanti l'assetto idrogeologico dei bacini idrografici lucani.

Con riferimento all'area di interesse, il sito in esame è cartografato nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico nella Tavola n° 521154 "rischio da frana", di cui alla sottostante Fig.3.

Come evidente, il PAI, per il tratto di interesse progettuale, non evidenzia la presenza di aree a "rischio da frana".



Fig.3 - Stralcio carta del rischio da frana del PAI, con relativa legenda - Tav.521154 (2° agg. 2015)

4. Modello geologico del sito di progetto

La galleria Serra Rotonda si sviluppa con una lunghezza di circa 3.8 km, presentando coperture anche maggiori ai 400 m.

Dopo circa 550 m dall'imbocco lato Salerno, caratterizzati dalla presenza dei terreni flyschiodi dei Galestri, la galleria attraversa solo le litologie calcaree dell'Unità del Monte Pollino, a tratti interessate da importanti deformazioni fragili, riconducibili all'azione tettonica, che ha prodotto fasce cataclastiche più o meno potenti, a luoghi milonitizzate. Fino alla pk 1+968 circa la galleria si imposterà sui termini superiori della suddetta Unità, costituiti da calcari e subordinatamente calcari dolomitici, in strati e banchi, e rare calcareniti.

Tali litotipi si presentano massivi e mediamente alterati, dislocati da almeno tre faglie minori, con orientazioni variabili da E-W a NW-SE, sino all'intersezione con un piano strutturale (pk 1+644 circa) orientato NE-SW, facente parte del sistema di faglie responsabili del contatto tra i due termini carbonatici (inferiore e superiore) dell'Unità del Monte Pollino, e della formazione della sella morfo-tettonica, impostatasi tra il versante meridionale di Serra Rotonda e il versante settentrionale di Serra Destra di Tornesiello.

Da questo punto fino al suddetto contatto con i termini inferiori dell'Unità, si prevede la presenza di fasce di fratturazione ed alterazione di spessore decametrico, con locale presenza di porzioni d'ammasso con caratteristiche geomeccaniche scadenti. In corrispondenza delle zone di fratturazione è prevista la presenza di discontinuità a spaziatura perlopiù decimetrica, caratterizzate da superfici molto alterate e con locale riempimento limoso-sabbioso, con blocchi e cunei di dimensioni da decimetriche a metriche che saranno stabilizzati con opportuni interventi di consolidamento.

Tra le pk 1+968 ÷ 2+460 circa, il tracciato interseca la porzione inferiore dell'Unità carbonatica del Monte Pollino, costituita da calcari dolomitici e dolomie ben stratificati. Si prevede l'attraversamento di un ammasso fortemente tettonizzato, che assume un aspetto completamente detritico, con ampie fasce di riempimento sabbioso-argilloso. In questa tratta, le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso, tra l'altro interessato da intensi fenomeni carsici, risultano estremamente scadenti.

Tra le pk 2+460 ÷ 4+080 circa, il tracciato si imposta nuovamente sui termini superiori dell'Unità del Monte Pollino, che, in questa tratta, si presentano con un grado di fratturazione più spinto e con una marcata stratificazione (con immersione prevalentemente settentrionale) che, nell'area dell'imbocco RC della galleria, permette l'individuazione di evidenti deformazioni duttili.

In tale contesto si inserisce la costruzione della galleria di accesso alla galleria principale, denominata "Finestra"; essa consiste in una galleria secondaria che si dirama perpendicolarmente alla galleria principale per circa 150 m, intersecandola alla pk 2480 m circa dall'imbocco SA.

5. Indagini geognostiche consultate

Sulla base dei risultati delle indagini condotte per le diverse fasi progettuali, nel seguito si sintetizza la successione stratigrafica della tratta montuosa caratterizzata dall'attraversamento in galleria naturale Serra Rotonda, entro cui ricade anche la "Finestra" di accesso di che trattasi.

Come riportato in Fig.4., per il progetto esecutivo del macrolotto, nell'area oggetto di studio sono stati eseguiti il sondaggio geognostico a carotaggio continuo S107 e due stese sismiche a rifrazione, in rappresentazione tomografica, denominate SR1 ed SR2.

Nel seguito si illustrano i principali risultati di tali indagini.

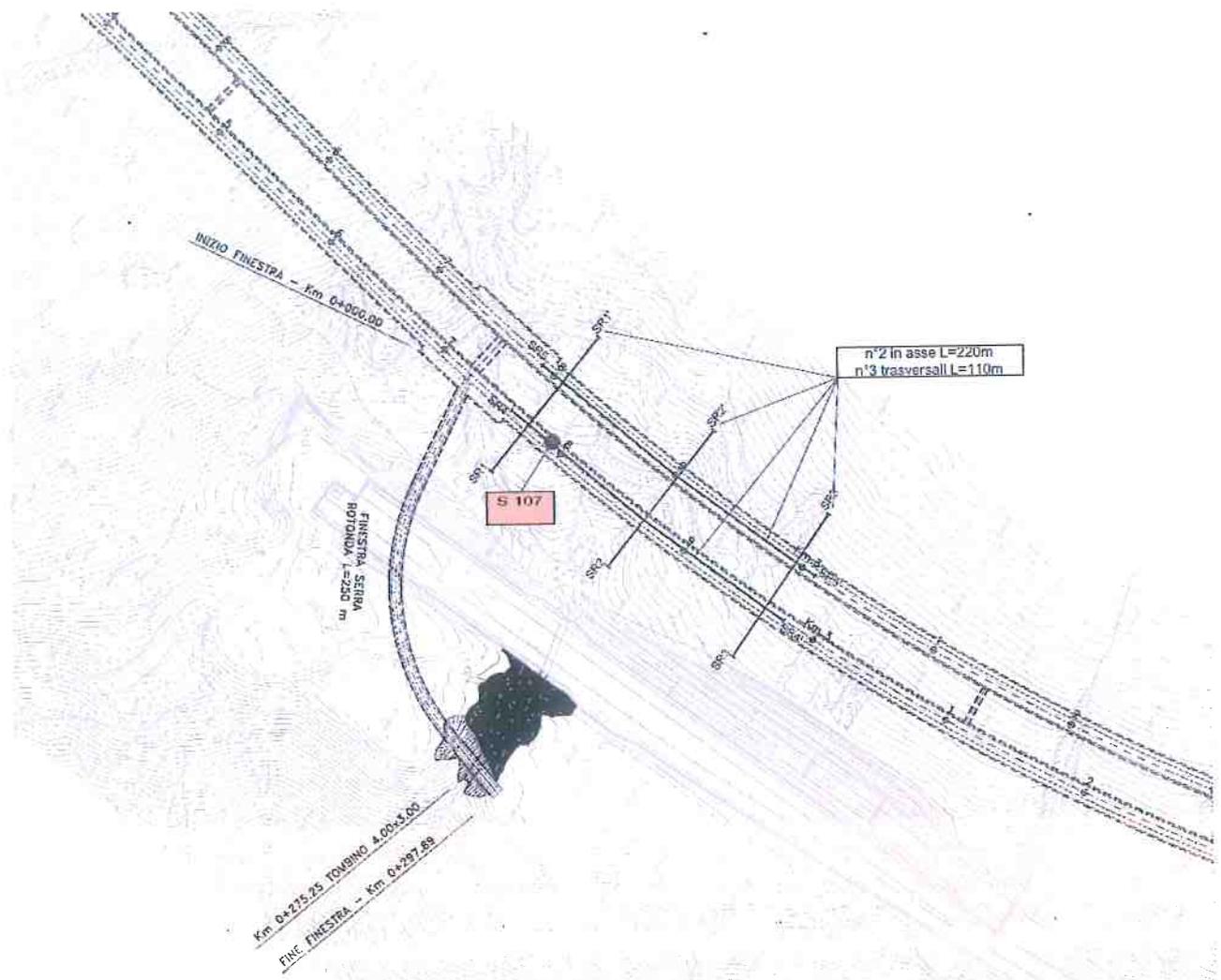


Fig.4 - stralcio planimetria con ubicazione indagini (da P.E.)

Il sondaggio S107, di lunghezza 70 m, al di sotto di una coltre detritica a forte componente calcarea e manosa potente circa 12 m, ha sempre intercettato la formazione carbonatica, qui costituita da strati e banchi di calcare dolomitico da biancastro a grigio, da fratturato a molto fratturato, tale da essere sovente ridotto in frammenti brecciosi eterometrici ($RQD \leq 30\% \text{ max}$). In foro è stata eseguita una prova dilatometrica (Fig.5).

L'indagine geofisica (tomografie sismiche SR1 e SR2) individua un primo orizzonte sismico superficiale, di spessore discontinuo, dove le velocità delle onde longitudinali (V_p) si mantengono sotto gli 800 m/s, associabili alle coperture detritiche ed alla parte superficiale dell'ammasso litoide carbonatico, intensamente fratturato. Nell'orizzonte sismico sottostante e lateralmente, nella parte iniziale del modello di velocità SR1, si registrano velocità delle onde P variabili tra 800 +1800 m/s, associabili a calcari molto fratturati e carsificati. Sotto quest'orizzonte sismico si riscontra un ulteriore aumento di velocità delle onde P, che raggiungono valori superiori ai 4000 m/s nella parte inferiore dei modelli. Tali valori di velocità sono riferibili ai calcari fratturati, ancora interessati da carsismo nel terzo orizzonte sismico. Le linee in tratteggio nere indicano la presenza di zone a maggior grado di fratturazione. Nel modello di velocità SR1 si riscontra una certa variabilità, laterale e verticale, dei valori di velocità nel secondo orizzonte sismostratigrafico, imputabile a locali variazioni dello stato di fratturazione all'interno della formazione litoide carbonatica. Per contro, il profilo SR2, confermando l'assetto sismico di SR1, evidenzia una distribuzione più graduale dei sismostrati più superficiali (Figg. 6 e 7).

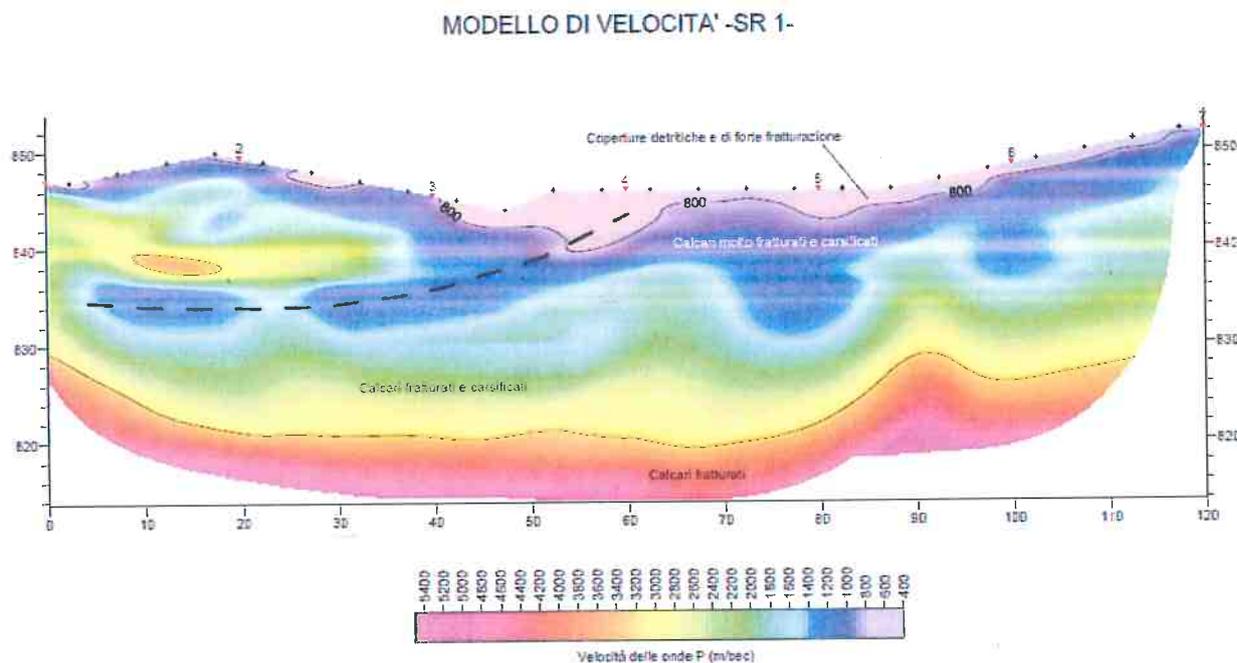


Fig.6 - sismostratigrafia tomografia SR1 (da P.E.)

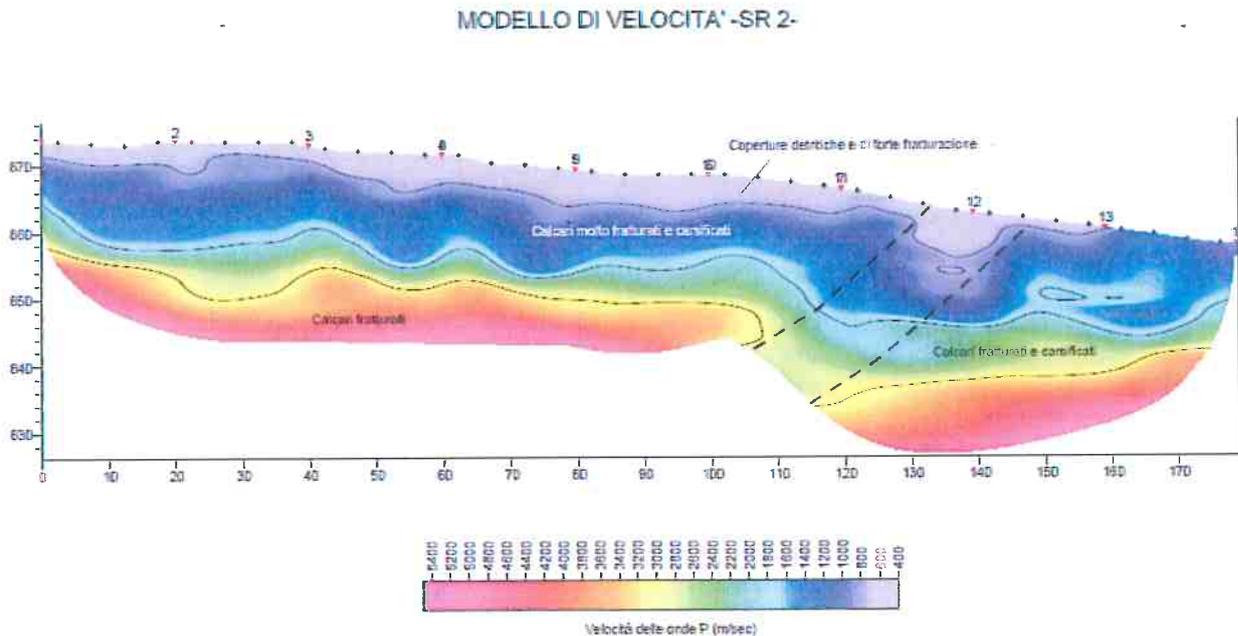


Fig.7 - sismostratigrafia tomografia SR2 (da P.E.)

6. Modello geotecnico del sito di progetto

In sede di progetto definitivo, allo scopo di conseguire la caratterizzazione geomeccanica delle rocce presenti lungo il tracciato del tratto autostradale in oggetto, sono state complessivamente eseguite 39 stazioni di rilievo con la valutazione dell'indice RMR, tutte realizzate nella formazione calcarea dell'Unità del Monte Pollino.

Attraverso i rilievi di terreno è stata eseguita la caratterizzazione dello stato di fratturazione degli ammassi rocciosi, in particolare sono stati determinati RQD, spaziatura e condizioni delle discontinuità, mentre la resistenza a compressione uniassiale della roccia integra è stata ricavata dalle prove di laboratorio geotecnico.

Nella tabella successiva sono riportati i valori di RMR_{base} ottenuti nelle stazioni di rilievo geomeccanico di PD. Si precisa che tali valori di RMR_{base} tengono conto di ammassi rocciosi completamente asciutti, come veniva rilevato in superficie.

Per quanto riguarda gli ammassi rocciosi della formazione calcarea in corrispondenza del versante Nord della Serra Rotonda, sono stati rilevati ammassi rocciosi di buona qualità con RMR_{base} compreso tra 65 ÷ 74 ($GSI = 68 ÷ 77$).

Dopo una zona di transizione con RMR_{base} di valori 59 ÷ 64, si passa verso RC ad ammassi rocciosi molto fratturati, per i quali sono stati trovati valori di RMR_{base} di 37 ÷ 49 ($GSI = 40 ÷ 52$). Localmente, in corrispondenza di faglie rilevanti all'interno della formazione calcarea, sono state assunte condizioni più cautelative, con RMR_{base} pari a 27 (valore minimo).

N° Stazione di rilievo	RMR _{base}	N° Stazione di rilievo	RMR _{base}	N° Stazione di rilievo	RMR _{base}
1	53	14	78	2 - P1	52
2	45	15	77	1 - P2	67
3	52	16	55	2 - P2	56
4	52	1 - S	70	1 - C	63
5	50	2 - S	89	2 - C	59
6	57	3 - S	60	1 - NT	59
7	54	4 - S	72	2 - NT	60
8	51	5 - S	48	3 - NT	64
9	70	1 - M	69	4 - NT	64
10	67	2 - M	67	5 - NT	67
11	72	3 - M	54	6 - NT	82
12	77	4 - M	53	7 - NT	51
13	73	1 - P1	49	8 - NT	74

Come noto, i valori di RMR_{base} racchiudono tutte le caratteristiche intrinseche dell'ammasso roccioso, da cui dipendono i principali parametri geotecnici (angolo di attrito, coesione, moduli di deformabilità), mentre il parametro RMR_{corretto}, che fornisce la classe dell'ammasso roccioso, tiene conto anche dell'orientazione dei principali sistemi di discontinuità in relazione allo scavo.

Poiché nella maggior parte delle stazioni di rilievo geomeccanico è stato rilevato un sistema di fratturazione parallelo all'asse della galleria naturale, con inclinazione maggiore di 45°, i valori di RMR sono stati ottenuti con R6 = -12.

Classi di roccia determinate in base alla somma dei coefficienti numerici					
Somma dei coefficienti	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione della roccia	Ottima	Buona	Discreta	Scadente	Molto Scadente

Tali valori di RMR individuano la II e III classe di scavo dalla pk 1410 sino alla pk 1750, mentre per il restante tratto di galleria i valori di RMR ricadono nella IV classe di scavo.

Su brevi tratti localizzati, come in corrispondenza delle faglie che dislocano la formazione calcarea nel settore meridionale della Serra Rotonda, potranno essere presenti ammassi rocciosi caratterizzati proprietà meccaniche più scadenti per le quali non si esclude la V classe di scavo.

Per il progetto esecutivo, per la valutazione dell'indice RMR sono state complessivamente eseguite 72 nuove stazioni geomeccaniche, distribuite prevalentemente in corrispondenza delle opere in sotterraneo, con un infittimento delle stesse lungo la galleria Serra Rotonda, tutte eseguite nella formazione calcarea dell'Unità del Monte Pollino.

N°	Opera di riferimento	RMR _B	GSI	N°	Opera di riferimento	RMR _B	GSI	N°	Opera di riferimento	RMR _B	GSI
Sg1	Trincea inizio lotto	45-50	40	Sg25	Galleria Serra Rotonda	50-55	50	Sg49	Galleria Serra Rotonda	60-65	49-54
Sg2	Trincea inizio lotto	45-50	35-40	Sg26	Galleria Serra Rotonda	50-55	45	Sg50	Galleria Serra Rotonda	55-60	49-54
Sg3	Trincea inizio lotto	55-60	50-55	Sg27	Galleria Serra Rotonda	55-60	50	Sg51	Galleria Serra Rotonda	60-65	60-65
Sg4	Galleria Serra Rotonda	35-40	30	Sg28	Galleria Serra Rotonda	50-55	45	Sg52	Galleria Serra Rotonda	55-60	43-48
Sg5	Galleria Serra Rotonda	40-45	35	Sg29	Galleria Serra Rotonda	50-55	45-50	Sg53	Galleria Serra Rotonda	60-65	55-60
Sg6	Galleria Serra Rotonda	40-45	35	Sg30	Galleria Serra Rotonda	50-55	43-48				
Sg7	Galleria Serra Rotonda	60-65	55-60	Sg31	Galleria Serra Rotonda	45-50	45-50				
Sg8	Galleria Serra Rotonda	55-60	45-50	Sg32	Galleria Serra Rotonda	50	45-50				
Sg9	Galleria Serra Rotonda	60-65	50-55	Sg33	Galleria Serra Rotonda	50-55	48-53				
Sg10	Galleria Serra Rotonda	60-65	55-60	Sg34	Galleria Serra Rotonda	55	50-55				
Sg11	Galleria Serra Rotonda	50-55	55-60	Sg35	Galleria Serra Rotonda	60	55-60				
Sg12	Galleria Serra Rotonda	50-55	55-60	Sg36	Galleria Serra Rotonda	40-45	35-40				
Sg13	Galleria Serra Rotonda	55-60	50	Sg37	Galleria Serra Rotonda	55-60	50-55				
Sg14	Galleria Serra Rotonda	50-55	50-55	Sg38	Galleria Serra Rotonda	58-63	50-55				
Sg15	Galleria Serra Rotonda	55-60	55-60	Sg39	Galleria Serra Rotonda	55-60	48-53				
Sg16	Galleria Serra Rotonda	55-60	50	Sg40	Galleria Serra Rotonda	50-55	50-55				
Sg17	Galleria Serra Rotonda	60	55-60	Sg41	Galleria Serra Rotonda	65	55-60				
Sg18	Galleria Serra Rotonda	65-70	60	Sg42	Galleria Serra Rotonda	60-65	60-65				
Sg19	Galleria Serra Rotonda	65-70	60	Sg43	Galleria Serra Rotonda	50-55	45-50				
Sg20	Galleria Serra Rotonda	70-75	60-65	Sg44	Galleria Serra Rotonda	50-55	45				
Sg21	Galleria Serra Rotonda	55-60	50	Sg45	Galleria Serra Rotonda	60-65	55				
Sg22	Galleria Serra Rotonda	55-60	50	Sg46	Galleria Serra Rotonda	60-65	50-55				
Sg23	Galleria Serra Rotonda	55-60	50	Sg47	Galleria Serra Rotonda	70-75	65-70				
Sg24	Galleria Serra Rotonda	55-60	50	Sg48	Galleria Serra Rotonda	65-70	60-65				

I parametri geotecnici sono correlati direttamente a RMR_{base} attraverso le seguenti relazioni:

- $\phi' = 5 + RMR_{base} / 2$
- $c = 0,005 * RMR_{base}$
- $E = 10^{RMR_{base} - 10 / 40}$

dove:

- ϕ' (°) = angolo d'attrito dell'ammasso roccioso;
- c [MPa] = coesione dell'ammasso roccioso;
- E [GPa] = modulo elastico dell'ammasso roccioso.

Le prove di laboratorio geotecnico su campioni di roccia calcarea hanno permesso, per il progetto della galleria, di ottenere la resistenza a compressione uniassiale (σ_{ci}) ed il parametro "mi" del criterio di rottura di Hoek-Brown, utili ai fini del calcolo dei principali parametri geotecnici di resistenza e di deformabilità.

Per quanto riguarda la resistenza a compressione uniassiale, le prove di Point Load (eseguite su 29 provini) hanno fornito valori compresi tra 53 e 152 MPa, mentre le prove di compressione uniassiale, eseguite su spezzoni di carota, hanno dato valori sensibilmente inferiori (20 ÷ 38 MPa), non rappresentativi della roccia integra in quanto le rotture si sono verificate lungo fratture preesistenti.

Nei calcoli è stato assunto σ_{ci} di 70 MPa, che risulta cautelativo rispetto a quello medio ottenuto da Point Load (90 MPa).

Il parametro "mi" è risultato mediamente pari a 10, in accordo con i valori proposti dalla letteratura per i calcari.

Dai risultati di prove ed indagini emerge una caratterizzazione dei principali parametri geotecnici così riassumibile.

I valori del peso di volume γ , determinato sui campioni appartenenti alla formazione in oggetto (Unità C), sono riportati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, dove si evidenzia un intervallo di variabilità di 24 + 27 kN/m³.

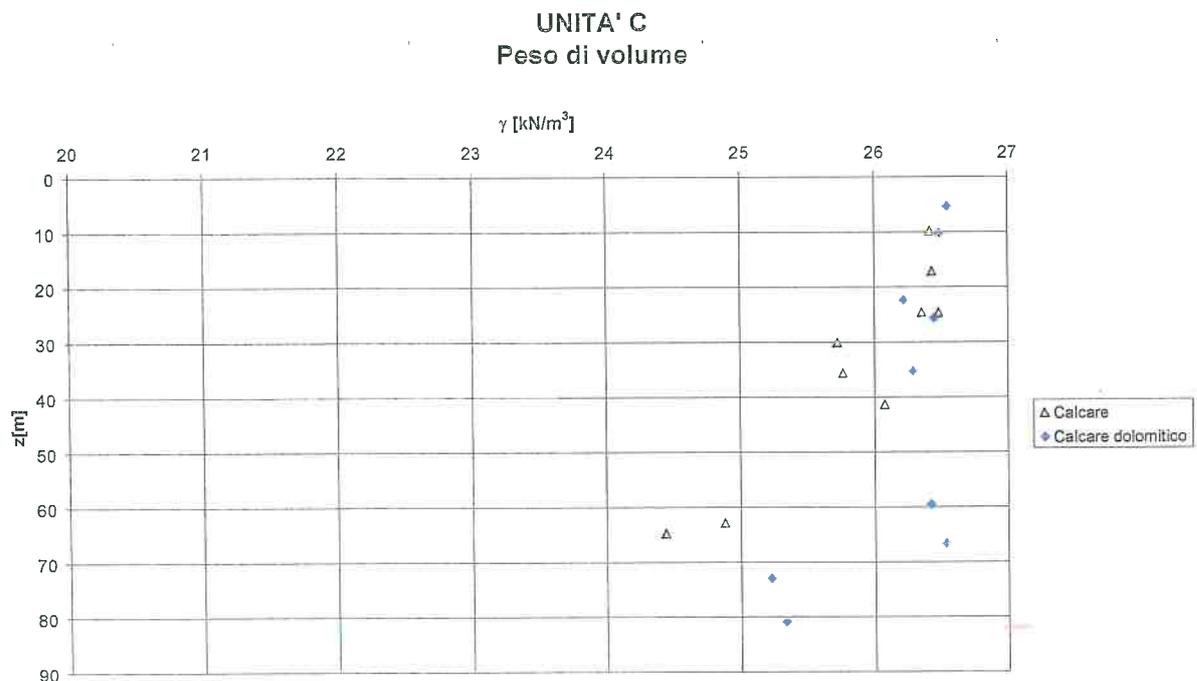


Fig.8 - andamento dei valori del peso di volume con la profondità (da P.E.)

I risultati delle prove di resistenza a compressione monoassiale su campioni appartenenti all'unità C sono riportati in Fig.9, che mostra valori variabili di σ_{ci} nel ristretto intervallo significativo $55 \div 58$ MPa

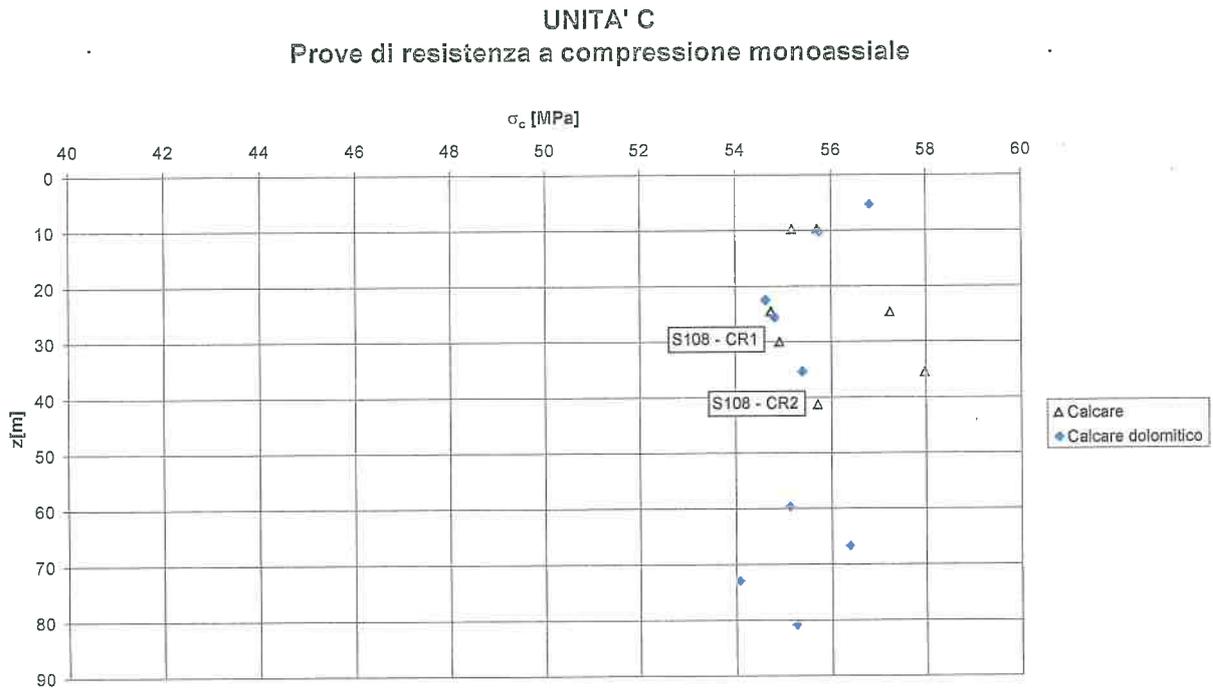


Fig.9 - andamento dei valori della resistenza a compressione semplice con la profondità (da P.E.)

In Fig.9 sono evidenziati i risultati relativi ai campioni appartenenti all'unità C prelevati dal sondaggio S108 (campioni CR1 e CR2, rispettivamente a ~ 30 m e ~ 41 m di profondità), che hanno restituito valori di σ_{ci} attorno a 55 MPa, del tutto in linea con quanto ottenuto per la stessa formazione lungo l'intera tratta, in base a quanto esposto nelle righe precedenti.

Le prove di resistenza a punzonamento (Point Load test) condotte nella campagna del 2010 per il progetto esecutivo hanno fornito valori dell'indice di resistenza corretto $IS_{(50)}$ compresi fra poco più di 1 e 2.5 MPa..

Applicando la classica correlazione:

$$\sigma_{ci} \cong 24 \cdot IS_{(50)}$$

si stimerebbero valori di resistenza a compressione monoassiale:

$$\sigma_{ci \text{ } IS_{(50)}} = 25 \div 60 \text{ MPa}$$

Anche questi dati stimati risultano in ottimo accordo con tutte le determinazioni dirette di resistenza a compressione monoassiale disponibili.

Considerando l'insieme dei dati determinati e stimati secondo quanto sopra esposto, si ottiene un valore medio:

$$\sigma_{ci \text{ media}} = 53 \text{ MPa}$$

ed una deviazione standard:

$$s(\sigma_{ci}) = 18 \text{ MPa}$$

La caratterizzazione effettuata in sede di PD per l'unità calcarea indicava, per la resistenza a compressione monoassiale σ_{ci} , un valore caratteristico di 70 MPa, basato su stime cautelative correlate ai risultati di prove di resistenza a punzonamento.

I risultati appaiono, quindi, molto omogenei lungo il tracciato e anche per le varie campagne di indagine disponibili (PD, PE).

In definitiva, sulla base delle osservazioni sopra riportate, per la formazione in esame si ritiene di poter considerare per il parametro σ_{ci} il seguente intervallo di variabilità:

$$\sigma_{ci} = \sigma_{c \text{ media}} \pm s(\sigma_{ci}) = 35 \div 70 \text{ MPa}$$

Il modulo di deformazione dell'ammasso può essere ricavato ancora utilizzando le indicazioni di Hoek et al. (2002), in base alle quali può essere ricavato (espresso in GPa) dalle seguenti formule:

$$E_m = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{\frac{GSI-10}{40}} \quad \text{per } \sigma_{ci} \leq 100 \text{ MPa}$$
$$E_m = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot 10^{\frac{GSI-10}{40}} \quad \text{per } \sigma_{ci} > 100 \text{ MPa}$$

In base a tali formule, in particolare alla prima di esse, dati i valori di σ_{ci} considerati per la formazione calcarea in esame, si otterranno i valori del modulo elastico da utilizzare nei calcoli geotecnici.

Per la caratterizzazione geotecnica della roccia interessata dallo scavo della "Finestra" si è fatto riferimento a quanto riportato in PE (cfr. Elab. P00GN01STRRE01_A) dove, a seguito delle analisi geo-strutturali e dei riscontri in situ e di laboratorio, una volta individuati i principali indici geomeccanici da essi sono stati ricavati i conseguenti valori dei parametri geotecnici, riassunti nella successiva tabella (rocce calcaree alterate/fratturate e rocce calcaree sane):

Rocce Calcaree alterate	
Peso specifico γ	19 KN/m ³
Modulo elastico E_d	60 MPa
Coesione c'	0 kPa
Angolo d'attrito ϕ'	40°

Rocce Calcaree	
Peso specifico γ	22 KN/m ³
Modulo elastico E_d	800 MPa
Coesione c'	100 kPa
Angolo d'attrito ϕ'	25°

7. Lo scavo della finestra di accesso

Lo scavo della c.d. "Finestra", lunga circa 158 m (Fig.10), è stato realizzato in tradizionale a piena sezione dall'ottobre 2011 al marzo 2012, con l'impiego di martello demolitore, applicando gli interventi di consolidamento e sostegno indicati in P.E. sulla base di quanto all'uopo stabilito nelle "Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo" (cfr. Elab. LO411CE1001P00GN01OSTRE02).

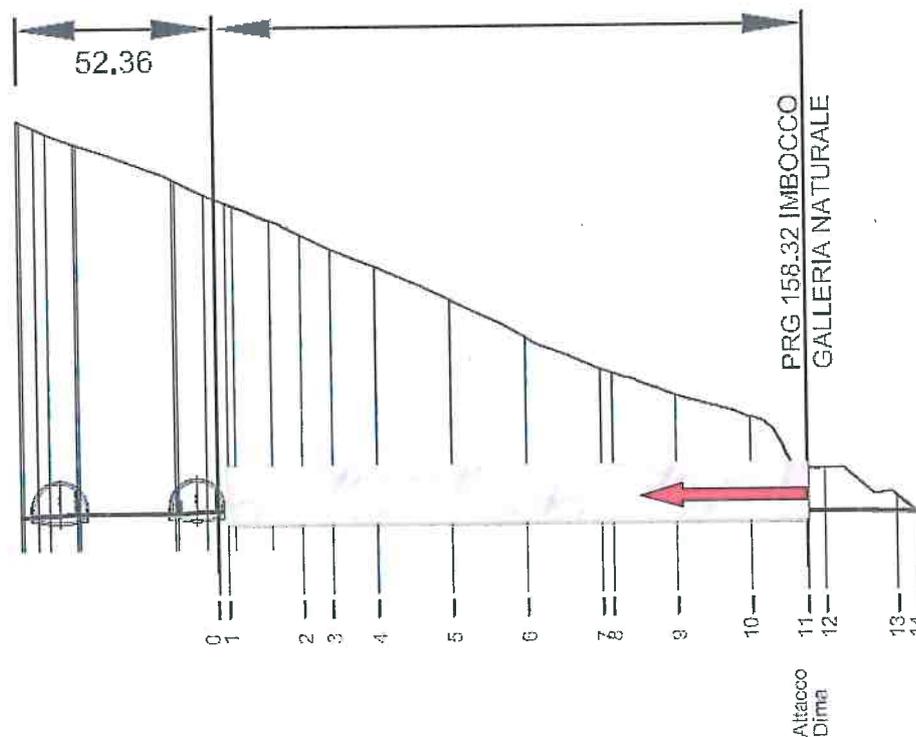


Fig.10 - andamento del tunnelling della "Finestra"

Dalle varie misure della qualità della roccia, con stazioni dei fronti di scavo analizzate nel corso d'opera (cfr. Note Tecniche NT04A/0242F, NT05A/0242G, NT06A/0242H, NT07A/0242I, NT10A/0242L e NT12A/0242N e relative schede di monitoraggio), è stata confermata la presenza di una roccia calcareo-dolomitica grigia da fratturata a molto fratturata man mano che si approfondiva l'avanzamento (Foto 9 + 14), con valori di RMR_{base} passanti da 38 a 27 ($GSI = 30 \div 20$), con $RMR_{corretto}$ che ne conferma l'appartenenza alla Classe IV (roccia di qualità *Scadente*).

GALLERIA NATURALE SERRA ROTONDA			
FINESTRA DI ACCESSO			
PED			
PRG	Distanza da imbocco [m]	GSI	Copertura [m]
134.32	21.0	28 - 33	20
95.32	59.0	30 - 33	32
69.32	86.0	25 - 28	42

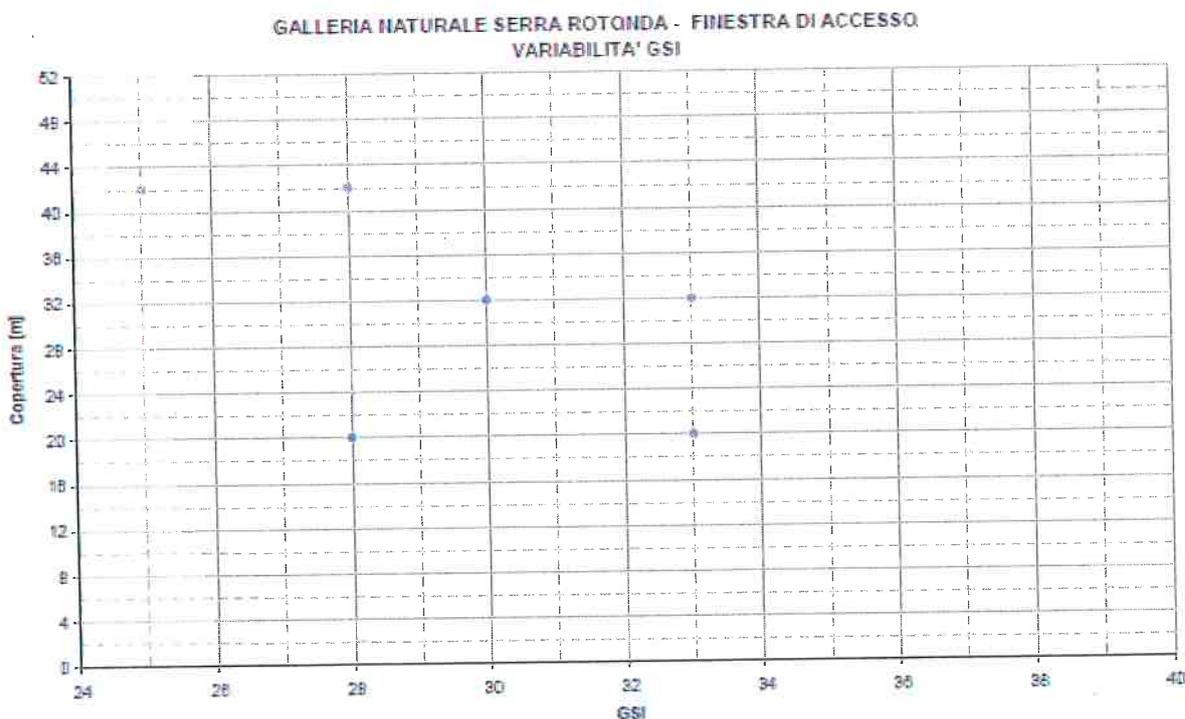


Fig.11 - andamento del GSI con le coperture della "Finestra" (da P.C.)

I fenomeni carsici non sono stati molto intensi e, quando presenti, hanno avuto uno sviluppo sub-verticale e si sono impostati lungo le discontinuità principali che, connesse proprio alle fratture di origine carsica, hanno generato spesso dei volumi unitari di roccia di piccole-medie dimensioni potenzialmente soggetti a distacchi gravitativi. Durante l'avanzamento sono state eseguite perforazioni sub-orizzontali per la verifica della qualità dell'ammasso (Foto 10).

Lo scavo della "Finestra" si è sempre realizzato in condizioni asciutte o leggermente umide (nei tratti iniziali d'imbocco).

A fronte di tali condizioni geomeccaniche, il comportamento globale della cavità allo scavo è risultato comunque stabile, con convergenze molto ridotte; risultano predisposte due sezioni alle pk 137.99 e 76.61, che evidenziano un comportamento non spingente dall'ammasso, con valori massimi di convergenze diametrali e spostamenti verticali inferiori al centimetro. Gli unici fenomeni di instabilità potenzialmente presenti risultavano, come detto, riconducibili a locali e contenuti rilasci di materiale.

In tale scenario, per il rivestimento di 1^a fase (sezione tipo "B") è stata prevista una centinatura HEB180, che consente una maggiore sicurezza in fase di scavo, con spritz-beton fibrorinforzato (spessore 20 cm). Non sono stati necessari interventi di preconsolidamento del fronte-nucleo e di presostegno della calotta. Il passo delle centine è stato adattato al grado di fratturazione e di resistenza allo scavo della roccia, con sfondi passanti da 1 m a 50 cm nel tratto medio-terminale sino all'innesto con la canna Sud della galleria Serra Rotonda rispetto ai 3 m previsti in PEA.

Nell'allegato Profilo Geomeccanico (cfr. Elab.T00GN00RMMFU36_A) si riportano tutte le caratteristiche geologico-geotecniche e le fasi di consolidamento evidenziate nel corso d'opera.



Foto 9 - Roccia calcarea all'imbocco "Finestra" (ottobre 2011)



Foto 10 - esecuzione di perforazioni in "Finestra" per verifica dello stato di fratturazione e del carsismo



Foto 11 - fronte scavo "Finestra" pk 158 circa



Foto 12 - fronte scavo "Finestra" pk 134,32



Foto 13 - fronte scavo "Finestra" pk 96,32



Foto 14 - fronte scavo "Finestra" pk 69,32

8. Sismicità dell'area ai sensi delle NTC2008

Come noto, la presente relazione è stata redatta in ottemperanza al D.M.14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato nel supplemento G.U. del 04/02/2008.

Le NTC2008 raccolgono in un unico testo le norme prima distribuite in diversi decreti ministeriali, definendo i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio e di durabilità.

Esse forniscono, quindi, i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Per la valutazione dello spettro di risposta elastico (componente orizzontale e componente verticale) dell'area investigata, si è fatto riferimento alla "pericolosità sismica di base" del sito in esame (cfr. progetto esecutivo), che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La "pericolosità sismica" è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero, considerando un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (cfr. paragrafo 3.2.2. del D.M.), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_{e(T)}$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, (cfr. paragrafo 3.2.1), nel periodo di riferimento VR (cfr. paragrafo 2.4).

Di seguito sono riportati i valori di a_g , F_0 e T^*C , relativi alla pericolosità sismica su reticolo nell'intervallo di riferimento, forniti nelle tabelle riportate nell'Allegato B delle NTC2008, e riferiti a 9 valori del periodo di ritorno TR (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni), da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC2008 (Figg.12 ÷ 13).

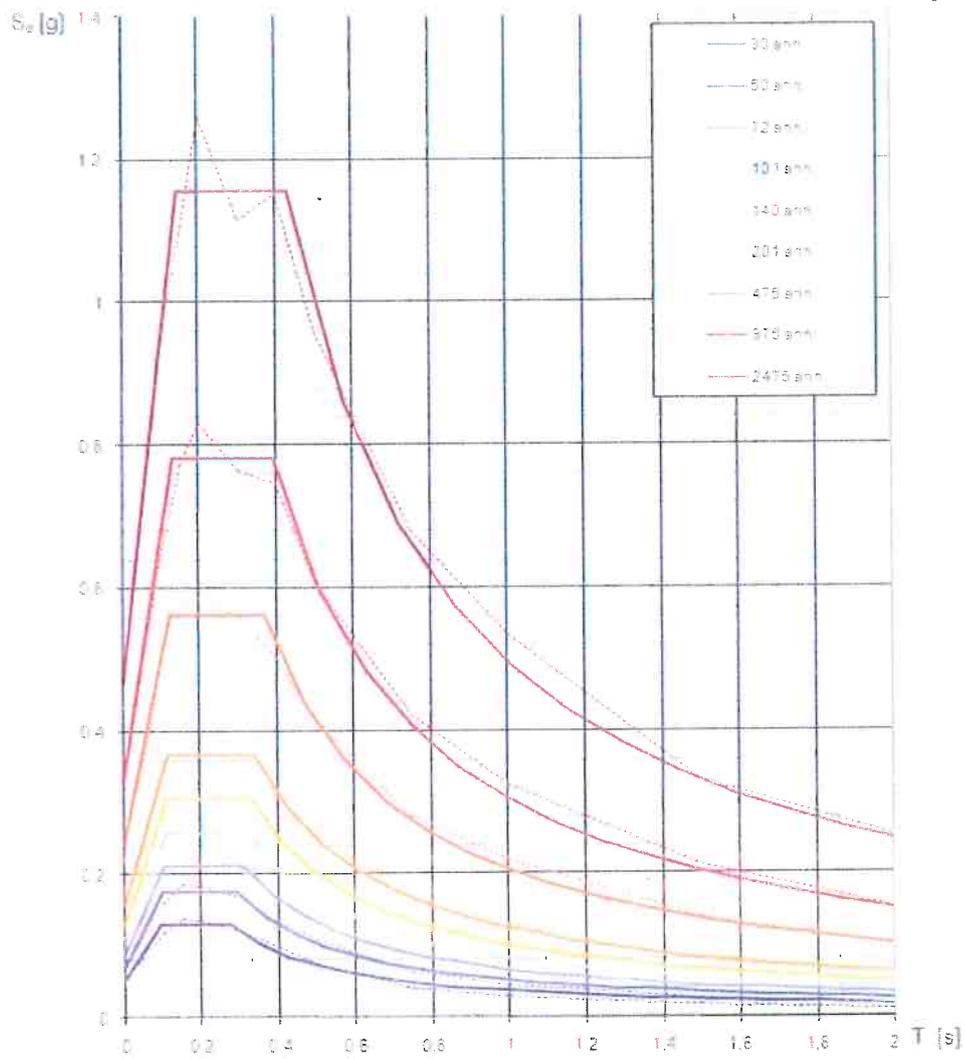


FIGURA.31: SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER I PERIODICI RITORNO T_R DI RIFERIMENTO

Fig.12 - spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento (da P.E.)

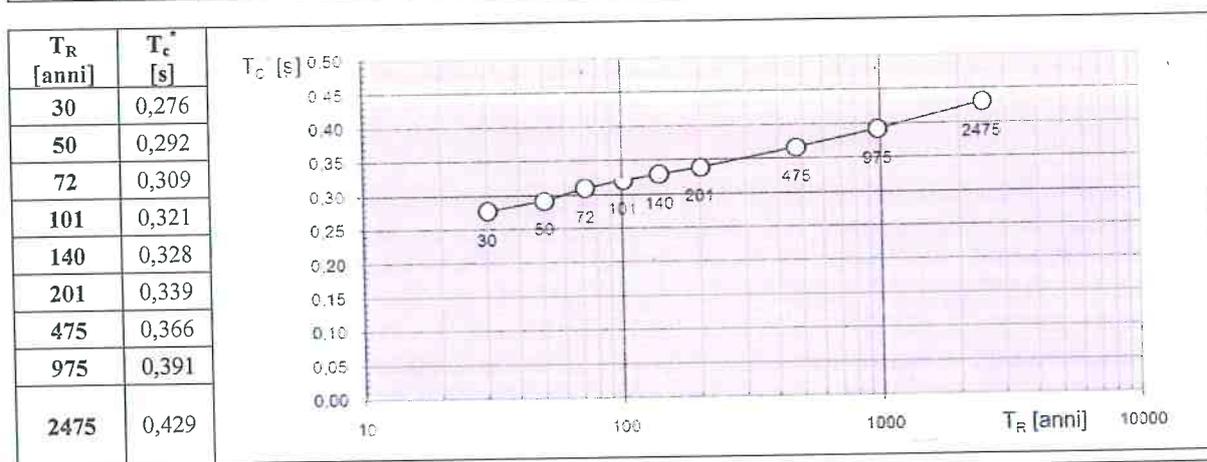
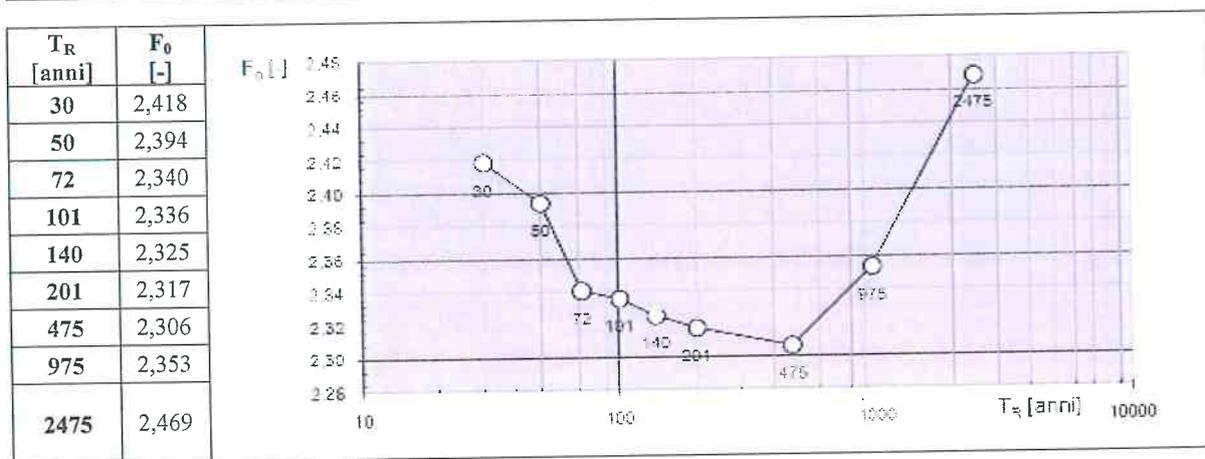
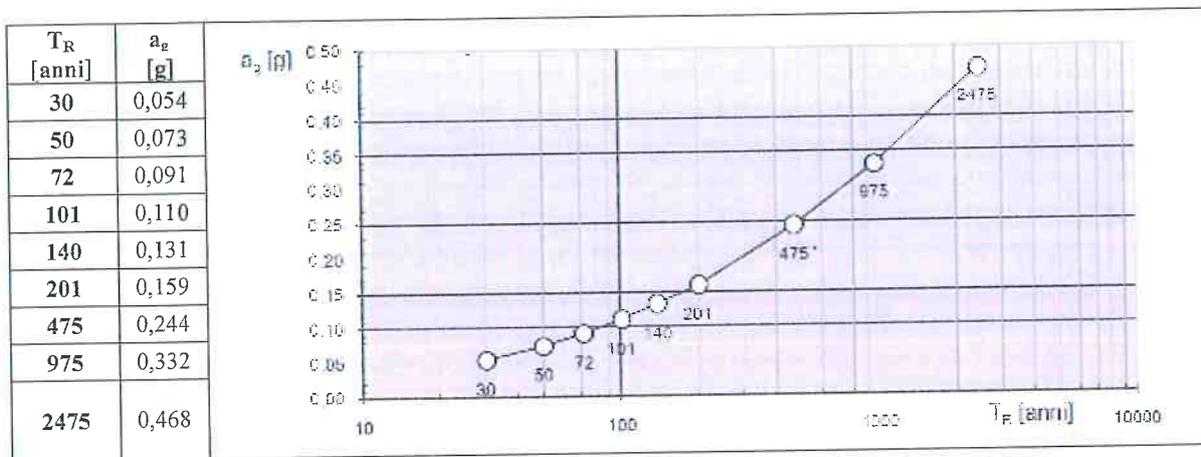


Fig.13 - valori dei parametri a_g , F_0 , T_c per l'area di Lauria; variabilità col periodo di ritorno T_R (da P.E.)

1.1 Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o facendo riferimento con un approccio semplificato per l'individuazione del sottosuolo di riferimento rispetto alle categorie di seguito indicate:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente v_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per il sito di progetto, le rocce carbonatiche di che trattasi possono riferirsi ai suoli "tipo A" (cfr. indagini sismiche in Figg.6 e 7).

1.2 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici, quali quella in argomento, si può adottare la seguente classificazione:

<i>Categoria</i>	<i>Caratteristiche della superficie topografica</i>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Trattandosi di pendici rocciose a forte pendenza ($i > 15^\circ$), si è assunta la Categoria topografica T2 (Tabb. 3.2.IV e 3.2.VI - NTC 2008).

Tabella 3.2.IV - *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

1.3 Parametri sismici del sito

L'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di progetto, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. In accordo con la normativa di riferimento per il presente progetto definitivo (NTC2008), la classificazione della categoria di sottosuolo viene eseguita sulla base di misure dirette dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità ($v_{s,30}$).

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Come più dettagliatamente illustrato nel seguito, da quanto in ns. possesso si può stimare un terreno di progetto appartenente alla Categoria A (*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m*).

Tabella 3.2.V - *Espressioni di S_d e di C_c*

Categoria sottosuolo	S_d	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_z}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C')^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_z}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C')^{-0.22}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_z}{g} \leq 1.50$	$1.25 \cdot (T_C')^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_z}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C')^{-0.40}$

C_c = coeff. $f(Cat. \text{ sottosuolo})$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Per determinare la pericolosità sismica del sito si è utilizzato il software free Geostru-PS della GEOSTRU, che permette di individuare la pericolosità sismica direttamente dalla mappa geografica.

La procedura prevede, come primo passo, la determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) per i territori comunali di riferimento per lo stato limite ultimo SLV (salvaguardia della vita).

Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal Ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Nel caso in studio, i risultati del calcolo dei coefficienti sismici necessari per la verifica geotecnica e strutturale per i vari stati limiti sono di seguito riportati (Fig.13):

- **Sito "Finestra"**

- Latitudine: 40,048236
- Longitudine: 15,865555
- Classe: 4
- Vita nominale: 50
- Siti di riferimento
 - Sito 1 ID: 36555 Lat: 40,0603 Lon: 15,8408 Distanza: 2497,636
 - Sito 2 ID: 36556 Lat: 40,0589 Lon: 15,9061 Distanza: 3647,274
 - Sito 3 ID: 36778 Lat: 40,0089 Lon: 15,9042 Distanza: 5470,383
 - Sito 4 ID: 36777 Lat: 40,0103 Lon: 15,8390 Distanza: 4783,490
- Parametri sismici
 - Categoria sottosuolo: A
 - Categoria topografica: T2
 - Periodo di riferimento: 100 anni
 - Coefficiente c_u : 2

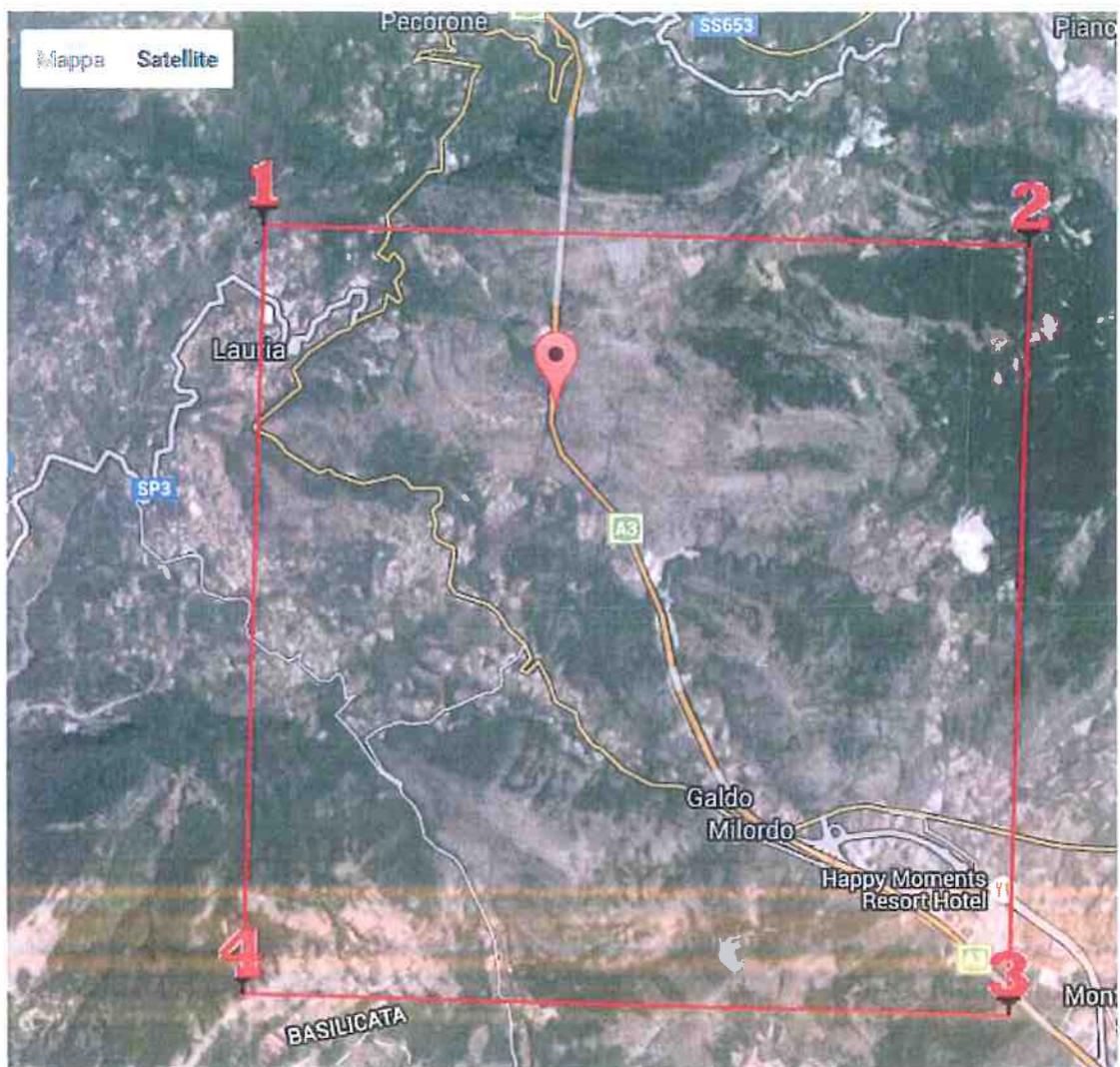


Fig.14 - Sito di riferimento ("Finestra")

9. Considerazioni conclusive

La "Finestra" di accesso della galleria naturale Serra Rotonda consiste in una galleria secondaria che si dirama perpendicolarmente alla viabilità principale per circa 150 m. Essa sbocca in galleria in corrispondenza di una piazzola di sosta alla pk 2800 circa in canna Sud. Questo passaggio è stato utilizzato, in fase costruttiva, al fine di accelerare le operazioni di scavo dell'opera.

Il modello geologico del sito in esame vede la presenza di calcari dolomitici ben stratificati, appartenenti all'Unità del Monte Pollino, in cui localmente sono riconoscibili delle zone in cui l'ammasso si presenta da fratturato a molto fratturato, generalmente alterato e con caratteristiche geomeccaniche scadenti.

I rilievi geostrutturale e geomeccanico eseguiti nel corso d'opera hanno, difatti, evidenziato valori di RMR_{base} passanti da 38 a 27 ($GSI = 30 \div 20$), con $RMR_{corretto}$ che ne conferma l'appartenenza alla Classe IV (roccia di qualità *Scadente*).

In tale scenario è stato previsto lo scavo mediante la sezione tipo "B" di progetto esecutivo approvato. Tale sezione prevede gli avanzamenti di scavo per sfondi massimi pari a 1 m, con la possibilità di variazione in funzione del comportamento tensio-deformativo dell'ammasso. La stabilità del cavo nel breve termine è stata garantita dal getto di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato di 20 cm e dalla posa in opera di cerniere metalliche HEB180 con interasse di 1 m.

Nulla osta, dal punto di vista tecnico-geologico, all'esecuzione del progetto di cui che consiste, essenzialmente, nella realizzazione del rivestimento definitivo della c.d. "Finestra", scavata nella roccia nel periodo ottobre 2011 ÷ marzo 2012, nonché nella sistemazione dell'imbocco.

Salerno, giugno 2016.

Il Geologo ANAS
Dott. Upremio De Luca



ALLEGATO 1

Schede di rilievo geo-strutturale dei fronti di scavo

FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA

IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []

RILIEVO ANALITICO [x]

Sez. applicata: B

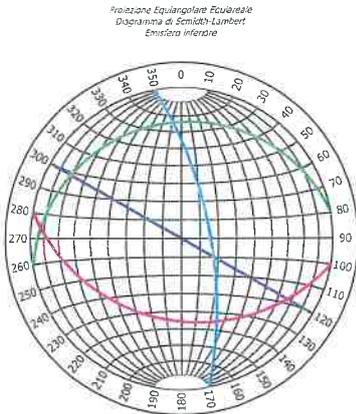
Data: 16/11/2011

Progr.: 134.32

Redattore: C. Lia

Verificato: F. Staffini

RILIEVO GEO-STRUTTURALE

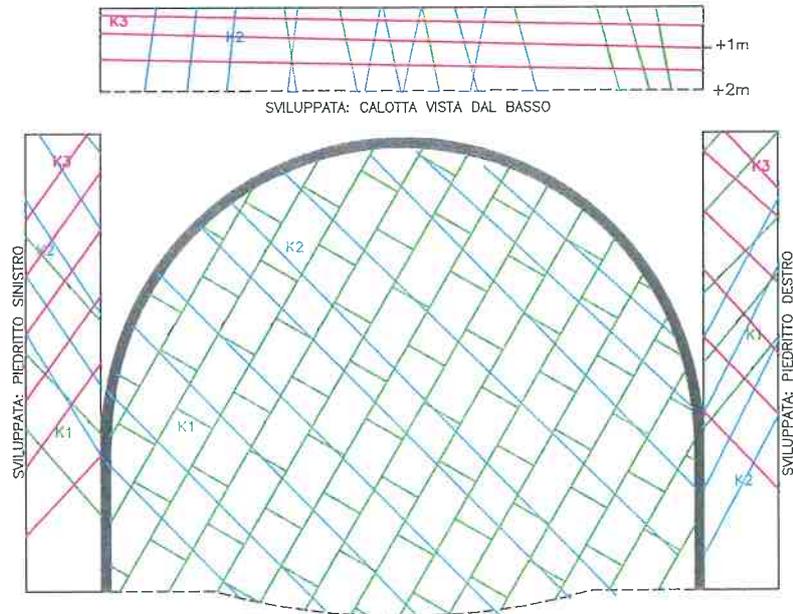


Simbolo	Giacitura	Famiglia
●	N350/65°	K1 (St)
●	N80/75°	K2
●	N190/45°	K3

Direzione di scavo: N30

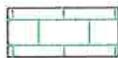
● Direzione fronte di scavo: 120-300

RILIEVO PITTORICO DEL FRONTE



OSSERVAZIONI	ACQUA	
	ASSENTE	
UMIDO	X	
STILLICIDIO		
VENUTA Q < 1L/sec		
VENUTA Q > 1L/sec		
SOVRASCAVI	ASSENTI	
	PIEDRITTO SX	
	PIEDRITTO DX	
	CALOTTA	X
V < 0.6mc	X	
0.6mc < V < 1.0mc		
V > 1.0mc		
CONSOLIDAMENTI	ASSENTI	
	RETE ELETTROSALDATA	
	CENTINE	X
	SPRITZ-BETON (cm)	
	SPRITZ-BETON (fibrorinforzato)	20
	SPRITZ AL FRONTE (cm)	
	CHIODI SX	
	CHIODI DX	
	CHIODI CALOTTA	
	VTR FRONTE (N°)	
VTR CONTORNO (N°)		
J.G. CONTORNO		
J.G. FRONTE		
INFILAGGI		
DRENAGGI (N°)		

LEGENDA GEOLOGICA:



Rocce calcaree appartenenti all'Unita' Carbonatica del Monte Pollino



DESCRIZIONE

Il fronte di scavo è composto interamente da roccia calcarea stratificata ad alta inclinazione (N350/65) di color grigio scuro appartenente all'Unità tettonica del Monte Pollino. Il fronte roccioso presenta un alto grado di alterazione conferendo all'ammasso una struttura abbastanza irregolare. Sono presenti dei fenomeni carsici di piccola entità a sviluppo sub-verticale. Il riempimento presente è composto parzialmente da materiale residuale limo-argilloso di color nocciola, visibile su tutto il fronte roccioso. I sistemi di discontinuità presenti, connessi con le fratture di origine carsica, possono generare blocchi o cunei di roccia potenzialmente instabili di piccole-medie dimensioni e soggetti a fenomeni gravitativi. Il fronte si presenta umido, talora bagnato a causa della circolazione di acqua lungo le discontinuità. Durante il montaggio della centina si sono verificati dei locali e contenuti rilasci di materiale dal fronte. Bassa resistenza allo scavo e scarse caratteristiche geomeccaniche.

FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA

IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []

RILIEVO ANALITICO [x]

Sez. applicata: B

Data: 16/11/2011

Progr.: 134.32

Redattore: C. Lia

Verificato: F. Staffini

STIMA GSI: 28 - 33

OSSERVAZIONI E FOTO:

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)
 From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. **Note that the table does not apply to structurally controlled failures.** Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.

STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Stickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments	VERY POOR Stickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90				N/A	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80					
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	70					
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	60					
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	50					
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	40					
	30					
	20					
	10					
	N/A	N/A				

GSI FOR HETEROGENEOUS ROCK MASSES SUCH AS FLYSCH (Marinos, P and Hoek, E, 2000)
 From a description of the lithology, structure and surface conditions (particularly of the bedding planes), choose a box in the chart. Locate the position in the box that corresponds to the condition of the discontinuities and estimate the average value of GSI from the contours. Do not attempt to be too precise. Quoting a range from 22 to 27 is more realistic than giving GSI = 25. Note that the Hoek-Brown criterion does not apply to structurally controlled failures. Masses with severely eroded continuous weak planar discontinuities are present, these will dominate the behaviour of the rock mass. The strength of some rock masses is reduced by the presence of groundwater and this can be allowed for by a slight shift to the right in the columns for fair, poor and very poor conditions. Water pressure does not change the value of GSI, and it is dealt with by using effective stress analysis, COMPOSITION AND STRUCTURE.

STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered surfaces	POOR Stickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments	VERY POOR Stickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
A. Thin bedded very blocky sandstone. The effect of pebbles coatings on the bedding planes is measured by the sandstone of the rock mass. In massive blocks or slabs the bedding planes may cause structural weakness locally.	70					
B. Sandstone with thin shaly partings or thin zones	60					
C. Sandstone with shaly partings or shaly zones						
D. Sandstone or siltstone with thin shaly partings or shaly zones						
E. Blocky sandstone or siltstone with shaly partings or shaly zones						
F. Moderately continuous shaly partings or shaly zones with bedding controlled structure	50					
G. Moderately continuous shaly partings or shaly zones with bedding controlled structure	40					
H. Thin bedded shaly partings or shaly zones with bedding controlled structure	30					
I. Thin bedded shaly partings or shaly zones with bedding controlled structure	20					
J. Thin bedded shaly partings or shaly zones with bedding controlled structure	10					

FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA

IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []

RILIEVO ANALITICO [x]

Sez. applicata: B

Data: 16/11/2011

Progr.: 134.32

Redattore: C. Lia

Verificato: F. Staffini



● N350/65° K1 (50)
● N80/75° K2
● N130/45° K3



FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

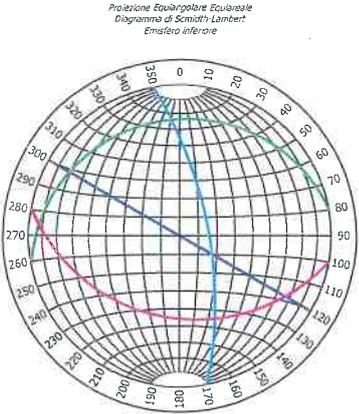
RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA
 IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []
 RILIEVO ANALITICO [x]
 Sez. applicata: B

Data: 02/12/2011 Progr.: 96.32
 Redattore: C. Lia Verificato: F. Staffini

RILIEVO GEO-STRUTTURALE

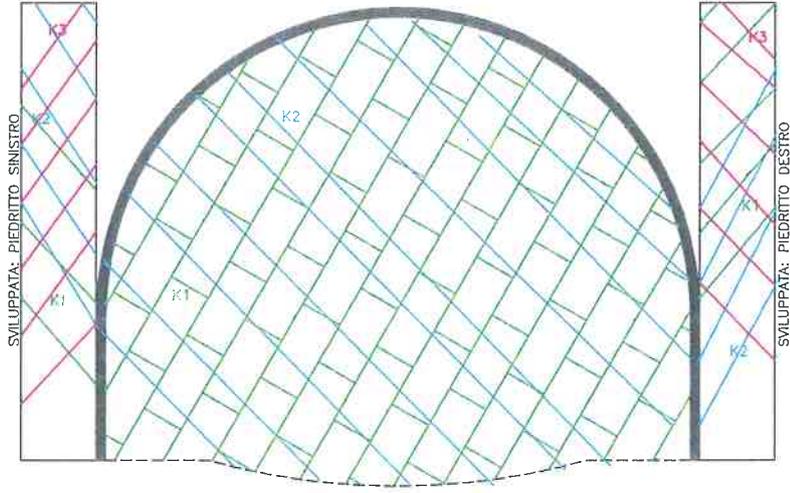
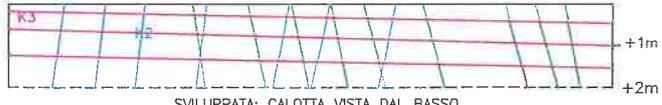


Simbolo	Giacitura	Famiglia
●	N350/65°	K1 (St)
●	N80/75°	K2
●	N190/45°	K3

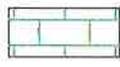
Direzione di scavo: N30

● Direzione fronte di scavo: 120-300

RILIEVO PITTORICO DEL FRONTE



LEGENDA GEOLOGICA:



Rocce calcaree appartenenti all'Unità Carbonatica del Monte Pollino

OSSERVAZIONI	ACQUA	
	ASSENTE	
UMIDO	X	
STILLICIDIO		
VENUTA Q < 1L/sec		
VENUTA Q > 1L/sec		
SOVRASCAVI	ASSENTI	
	PIEDRITTO SX	
	PIEDRITTO DX	X
	CALOTTA	X
	V < 0.6mc	
0.6mc < V < 1.0mc		
V > 1.0mc		
CONSOLIDAMENTI	ASSENTI	
	RETE ELETTROSALDATA	
	CENTINE	X
	SPRITZ-BETON (cm)	
	SPRITZ-BETON (fibrorinforzato)	20
	SPRITZ AL FRONTE (cm)	
	CHIODI SX	
	CHIODI DX	
	CHIODI CALOTTA	
	VTR CONTORNO (N°)	
	VTR CONTORNO (N°)	
	J.G. CONTORNO	
	J.G. FRONTE	
	INFILAGGI	
	DRENAGGI (N°)	

DESCRIZIONE

Il fronte di scavo è composto interamente da roccia calcarea stratificata ad alta inclinazione (N350/65) di color grigio scuro appartenente all'Unità tettonica del Monte Pollino. Il fronte roccioso presenta tuttavia un alto grado di alterazione conferendo all'ammasso una struttura abbastanza irregolare. Sono presenti dei fenomeni carsici di piccola entità a sviluppo sub-verticale. I sistemi di discontinuità presenti, connessi con le fratture di origine carsica, possono generare blocchi o cunei di roccia potenzialmente instabili di piccole-medie dimensioni e soggetti a fenomeni gravitativi. Il fronte si presenta umido, talora bagnato a causa della circolazione di acqua lungo le discontinuità. Rispetto ai metri precedenti la parte destra del fronte presenta un lieve miglioramento. Ciò nonostante nel complesso l'ammasso continua ad avere una bassa resistenza allo scavo e scarse caratteristiche geomeccaniche.

FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA

IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []

RILIEVO ANALITICO [x]

Sez. applicata: B

Data: 02/12/2011

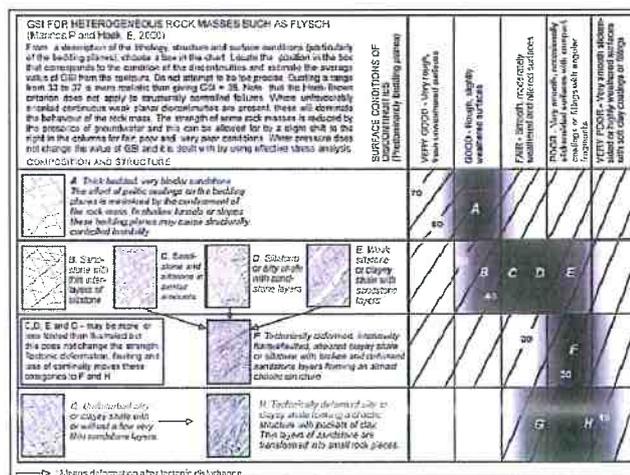
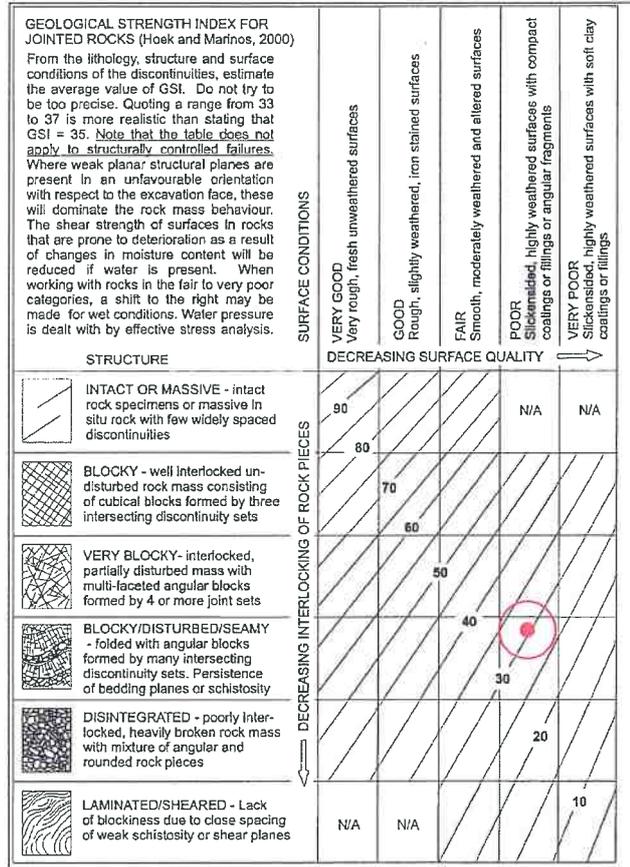
Progr.: 96.32

Redattore: C. Lia

Verificato: F. Staffini

STIMA GSI: 30 - 33

OSSERVAZIONI E FOTO:



FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA

IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []

RILIEVO ANALITICO [x]

Sez. applicata: B

Data: 02/12/2011 Progr.: 96.32

Redattore: C. Lia Verificato: F. Staffini



● N350/65° K1 (S1)
● N80/75° K2
● N190/45° K3



FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA

IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []

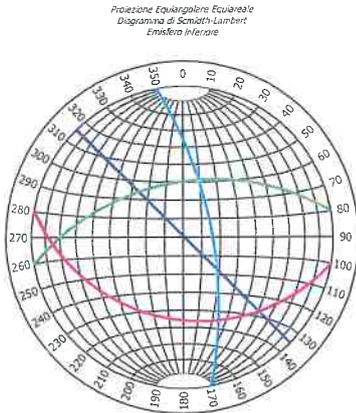
RILIEVO ANALITICO [x]

Sez. applicata: B

Data: 15/12/2011 Progr.: 69.32

Redattore: C. Lia Verificato: F. Staffini

RILIEVO GEO-STRUTTURALE

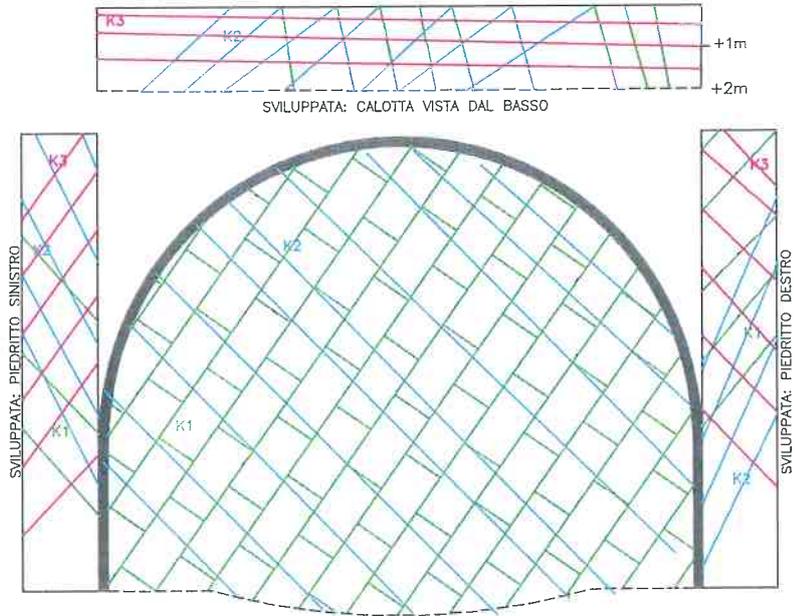


Simbolo	Giacitura	Famiglia
•	N350/60°	K1 (St)
•	N80/75°	K2
•	N190/45°	K3

Direzione di scavo: N45

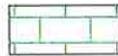
• Direzione fronte di scavo: 120-300

RILIEVO PITTORICO DEL FRONTE



OSSERVAZIONI	ACQUA	
	ASSENTE	
UMIDO		X
STILLICIDIO		
VENUTA Q < 1L/sec		
VENUTA Q > 1L/sec		
SOVRASCAVI	ASSENTI	
	PIEDRITTO SX	
	PIEDRITTO DX	
	CALOTTA	X
V < 0.6mc	X	
0.6mc < V < 1.0mc		
V > 1.0mc		
CONSOLIDAMENTI	ASSENTI	
	RETE ELETTRICALDATA	
	CENTINE	X
	SPRITZ-BETON (cm)	
	SPRITZ-BETON (fibrorinforzato)	20
	SPRITZ AL FRONTE (cm)	X
	CHIODI SX	
	CHIODI DX	
	CHIODI CALOTTA	
	VTR FRONTE (N°)	
VTR CONTORNO (N°)		
J.G. CONTORNO		
J.G. FRONTE		
INFILAGGI		
DRENAGGI (N°)		

LEGENDA GEOLOGICA:



Rocce calcaree appartenenti all'Unità Carbonatica del Monte Pollino

DESCRIZIONE

Il fronte di scavo è composto interamente da roccia calcarea stratificata ad alta inclinazione (N350/60) di color grigio scuro appartenente all'Unità tettonica del Monte Pollino. L'ammasso si presenta fortemente alterato e fratturato. La roccia appare decomposta e localmente presenta fasce di ordine decimetrico di materiale completamente disgregato. I sistemi di discontinuità presenti possono generare blocchi o cunei di roccia potenzialmente instabili di piccole-medie dimensioni e soggetti a fenomeni gravitativi. Il fronte si presenta umido, talora bagnato a causa della circolazione di acqua lungo le discontinuità. Le scadenti condizioni geomeccaniche e l'alto grado di alterazione, insieme ai locali e contenuti rilasci di terreno, rendono necessaria l'esecuzione del pre-spritz al fronte alla fine di ogni avanzamento.

FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA
IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []
RILIEVO ANALITICO [x]
Sez. applicata: B

Data: 15/12/2011 Progr.: 69.32
Redattore: C. Lia Verificato: F. Staffini

STIMA GSI : 25 - 28

OSSERVAZIONI E FOTO:

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)
From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. *Note that the table does not apply to structurally controlled failures.* Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.

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

GSI FOR HETEROGENEOUS ROCK MASSES SUCH AS FLYSCH (Marinos P and Hoek E 2000)
From a description of the lithology, structure and surface conditions (particularly of the bedding planes), choose a box in the chart. Locate the position in the box that corresponds to the condition of the discontinuities and estimate the average value of GSI from the contours. Do not attempt to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than giving GSI = 35. Note that the Hoek-Brown criterion does not apply to structurally controlled failures. Where unfavourably oriented structural weak plane discontinuities are present, these will dominate the behaviour of the rock mass. The strength of some rock masses is reduced by the presence of groundwater and this can be allowed for by a single shift to the right in the columns for the poor and very poor conditions. Water pressure does not change the value of GSI and it is dealt with by using effective stress analysis.

COMPOSITION AND STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS OF DISCONTINUITIES (predominantly bedding planes)		DECREASING SURFACE QUALITY	
	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Silicified, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments
A. Block bedded very blocky sandstone. The effect of paleo-weathering on the bedding planes is restricted by the cementation of the rock mass. In shallow beds or slight thin bedding planes may cause secondary, restricted weathering.	70	60		
B. Blocky sandstone with shaly partings.				
C. Blocky sandstone with shaly partings.				
D. Blocky sandstone with shaly partings.				
E. Blocky sandstone with shaly partings.				
F. Texturally uniform, relatively fine-grained, shaly sandstone with bedding and foliation. Sandstone layers forming an overall shaly structure.	50	40		
G. Texturally uniform, relatively fine-grained, shaly sandstone with bedding and foliation. Sandstone layers forming an overall shaly structure.				
H. Texturally uniform, relatively fine-grained, shaly sandstone with bedding and foliation. Sandstone layers forming an overall shaly structure.				

→ Means deformation after tectonic disturbance

FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA

IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []

RILIEVO ANALITICO [x]

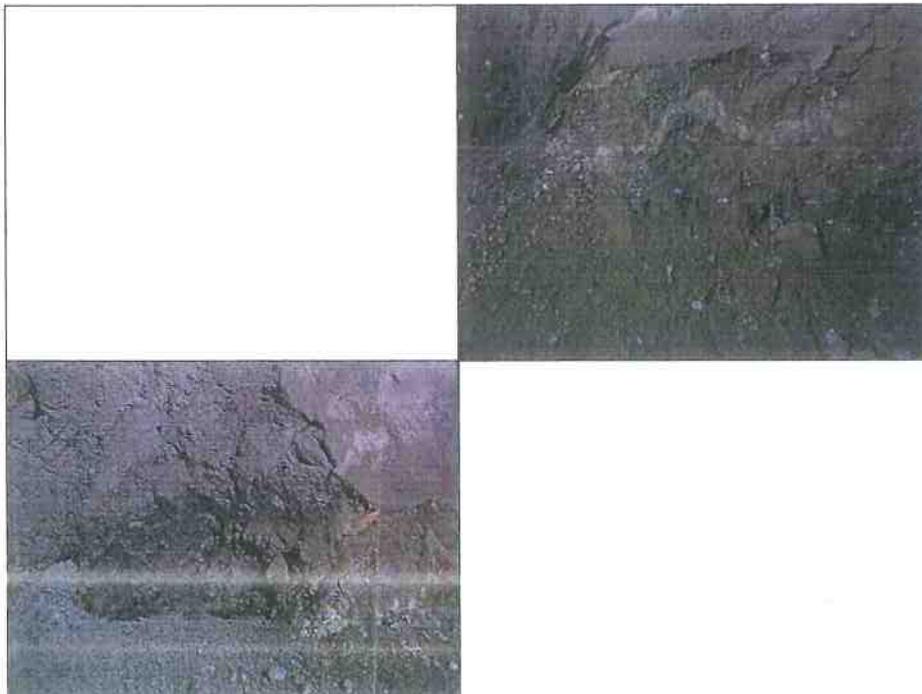
Sez. applicata: B

Data: 15/12/2011 Progr.: 69.32

Redattore: C. Lia Verificato: F. Staffini



● N350/60° K1 (51)
● N80/75° K2
● N190/45° K3



FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

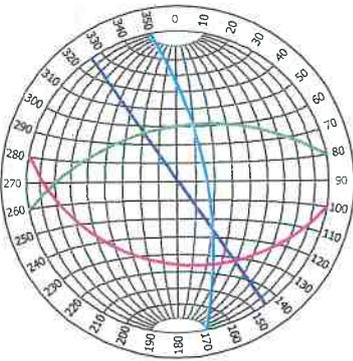
GALLERIA: SERRA ROTONDA
IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []
RILIEVO ANALITICO [x]
Sez. applicata: B

Data: 02/02/2012 Progr.: 12.32
Redattore: C. Lia Verificato: F. Staffini

RILIEVO GEO-STRUTTURALE

Proiezione Equiangolare Equatoriale
Diagramma di Schmidt-Cambort
Emisfera inferiore

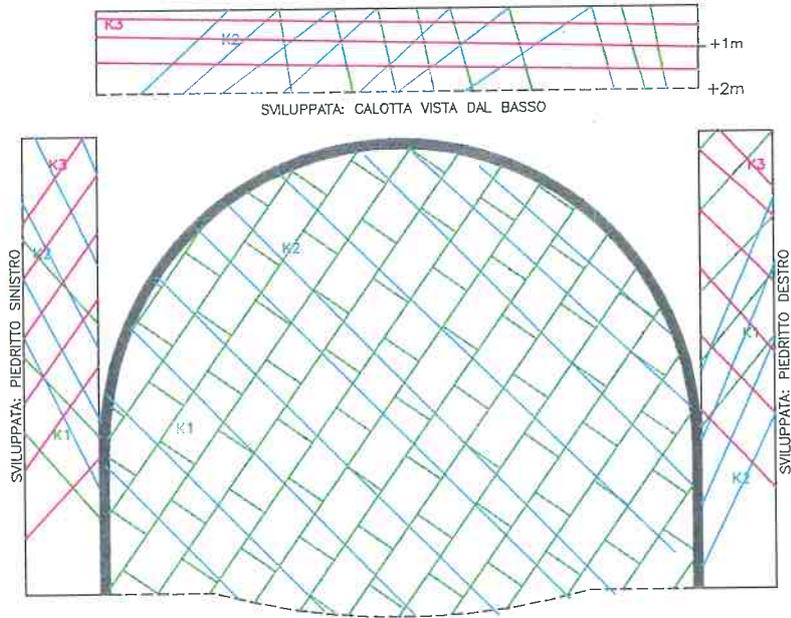


Simbolo	Giacitura	Famiglia
*	N350/60°	K1 (St)
•	N80/75°	K2
•	N190/45°	K3

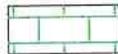
Direzione di scavo: N55

Direzione fronte di scavo: 45-325

RILIEVO PITTORICO DEL FRONTE



LEGENDA GEOLOGICA:



Rocce calcaree appartenenti all'Unità Carbonatica del Monte Pollino

OSSERVAZIONI	ACQUA	
	ASSENTE	
UMIDO	X	
STILLICIDIO		
VENUTA Q < 1L/sec		
VENUTA Q > 1L/sec		
SOVRASCAVI		
ASSENTI		
PIEDRITTO SX		
PIEDRITTO DX		
CALOTTA	X	
V < 0.6mc	X	
0.6mc < V < 1.0mc		
V > 1.0mc		
CONSOLIDAMENTI		
ASSENTI		
RETE ELETTROSALDATA		
CENTINE	X	
SPRITZ-BETON (cm)		
SPRITZ-BETON (fibrorinforzato)	20	
SPRITZ AL FRONTE (cm)	5	
CHIODI SX		
CHIODI DX		
CHIODI CALOTTA		
VTR FRONTE (N°)		
VTR CONTORNO (N°)		
J.G. CONTORNO		
J.G. FRONTE		
INFILAGGI		
DRENAGGI (N°)		

DESCRIZIONE

Il fronte di scavo è composto interamente da roccia calcarea stratificata ad alta inclinazione (N350/60) di color grigio scuro appartenente all'Unità tettonica del Monte Pollino. L'ammasso è caratterizzato da un elevato grado di fratturazione e si presenta fortemente alterato. A scala del fronte è ben visibile una faglia con riempimento sabbioso che si imposta lungo i giunti di strato. Inoltre sono presenti fasce in cui il materiale appare molto disgregato e decomposto. L'elevata fratturazione, pervasiva e continua, isola volumi unitari di roccia di piccole dimensioni potenzialmente instabili e soggetti a fenomeni gravitativi. Il fronte si presenta umido a causa della circolazione di acqua lungo le discontinuità. Le scadenti condizioni geomeccaniche e l'alto grado di alterazione, insieme ai locali e contenuti rilasci di roccia, dalla parte alta del fronte, rendono necessaria l'esecuzione del pre-spritz al fronte alla fine di ogni avanzamento.

FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA

IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []

RILIEVO ANALITICO [x]

Sez. applicata: B

Data: 02/02/2012

Progr.: 12.32

Redattore: C. Lia

Verificato: F. Staffini

STIMA GSI: 20 - 25

OSSERVAZIONI E FOTO:

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)
 From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. *Note that the table does not apply to structurally controlled failures.* Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.

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

GSI FOR HETEROGENEOUS ROCK MASSES SUCH AS FLVSCH
 (Marinos and Hoek, 2000)
 From a description of the lithology, structure and surface conditions (particularly of the bedding planes), choose a value for the GSI and locate the position in the table that corresponds to the condition of the discontinuities and estimate the average value of GSI from the columns. Do not attempt to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where unfavourable oriented fractures and/or planar discontinuities are present, these will dominate the behaviour of the rock mass. The strength of surface fractures is reduced on the presence of groundwater and for some be allowed for by a slight shift to the right in the column surface conditions. Some projects do not envisage the table as such but it can still be used with the following caveats:

COMPOSITE GSI AND STRUCTURE

STRUCTURE	VERY GOOD (fresh unweathered surfaces)	GOOD (rough, slightly weathered, iron stained surfaces)	FAIR (smooth, moderately weathered and altered surfaces)	POOR (slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments)	VERY POOR (slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings)
A Block (intact), very blocky, can contain the effect of joint coatings on the bedding planes or is composed by the interlocking of the rock mass is relatively fresh or slightly weathered	90				
B Block (intact), very blocky, can contain the effect of joint coatings on the bedding planes or is composed by the interlocking of the rock mass is relatively fresh or slightly weathered		70			
C Block (intact), very blocky, can contain the effect of joint coatings on the bedding planes or is composed by the interlocking of the rock mass is relatively fresh or slightly weathered			50		
D Block (intact), very blocky, can contain the effect of joint coatings on the bedding planes or is composed by the interlocking of the rock mass is relatively fresh or slightly weathered				40	
E Block (intact), very blocky, can contain the effect of joint coatings on the bedding planes or is composed by the interlocking of the rock mass is relatively fresh or slightly weathered					30
F Potentially disturbed, interlocked, blocky, but, altered clayey shales or silty shales with bedding and schistosity, or shales with bedding and schistosity, or shales with bedding and schistosity, or shales with bedding and schistosity					20
G Potentially disturbed, interlocked, blocky, but, altered clayey shales or shales with bedding and schistosity, or shales with bedding and schistosity, or shales with bedding and schistosity					10

FASE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA

IL CONTRAENTE GENERALE

L'IMPRESA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA: SERRA ROTONDA

IMBOCCO: FINESTRA

RILIEVO SPEDITIVO []

RILIEVO ANALITICO [x]

Sez. applicata: B

Data: 02/02/2012

Progr.: 12.32

Redattore: C. Lia

Verificato: F. Staffini



- N350/50° K1 (S1)
- N80/75° K2
- N190/45° K3

Grado di fratturazione
ammasso

