



REGIONE ABRUZZO
COMUNE DI L'AQUILA
PROVINCIA DI L'AQUILA

INDAGINE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA
RELAZIONE

Oggetto: Progetto per l'ampliamento con risanamento ambientale di una cava sita in località "La forma" nella frazione di Pescomaggiore.

Ditta: Zugaro Guido C. Srl - Cava d'inerti.



Geologia Tecnica e Ambientale

Dr. Geologo Angelo Spaziani

A.P. Abruzzo n. 551 sez.A

Sede operativa: Via del Beato Cesidio, 41-L'Aquila(AQ)

Tel-Fax: +39.0862.58.09.40 –mobile: +39.328.84.62.942

pec: angelo.spaziani@epap.sicurezza postale.it

e-mail: angelo.spaziani@libero.it

Partita I.V.A. 01814500664

Dr. Angelo Spaziani
GEOLOGO

(Ordine Geologi Abruzzo A.P. 551 sez.A)



INDICE

1. PREMESSA
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
3. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE
5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO
 - 5.1. Risultati delle indagini geognostiche
6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE
7. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
 - 7.1. Metodologia d'indagine
 - 7.2. Risultati del rilievo geomeccanico
8. ANALISI DI STABILITA' DEI FRONTI DI CAVA
 - 8.1. Metodologia d'indagine
 - 8.2. Risultati della verifica di stabilità
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE
10. BIBLIOGRAFIA

ALLEGATI

Corografia generale

Planimetria ubicativa delle indagini in sito

1. PREMESSA

È stata eseguita un'indagine geologica, geomorfologica ed idrogeologica per il progetto di ampliamento di una cava sita in località "La Forma" nella Frazione di Pescomaggiore - Comune di L'Aquila(AQ). Il progetto prevede un recupero ambientale in adeguamento alle normative vigenti.

Le aree investigate sono di proprietà della ditta "Zugaro Guido C. Srl – Cava d'inerti" i cui riferimenti sono riportati nella planimetria catastale in allegato.

Lo scopo delle indagini è stato quello di fornire un'esauriente documentazione sia per quanto riguarda le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali da coltivare, sia per stabilire la compatibilità morfologica, idrogeologica ed idrografica del sito interessato dall'intervento.

L'indagine geologica è consistita in:

- un'indagine sui dati bibliografici esistenti sull'area che hanno permesso di esaminare le condizioni generali del sito e ricostruirne l'assetto e l'evoluzione geologico-ambientale;
- un rilevamento geologico di superficie, che ha permesso di individuare i litotipi affioranti, le condizioni morfologiche ed idrogeologiche;
- esecuzione di n.3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fin oltre la profondità di -2m dal piano di fondo coltivazione;
- installazione di un piezometro a tubo aperto per la misurazione dell'eventuale circolazione idrica sotterranea;

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.

Geograficamente il sito d'interesse progettuale ricade in località Pescomaggiore, centro abitato del Comune di L'Aquila(AQ). L'area di cava, accessibile da un bivio posto nei pressi del Km 6+200 della S.P n.103 di Filetto, si sviluppa lungo un versante compreso tra le quote di 875 metri e 836 metri s.l.m.

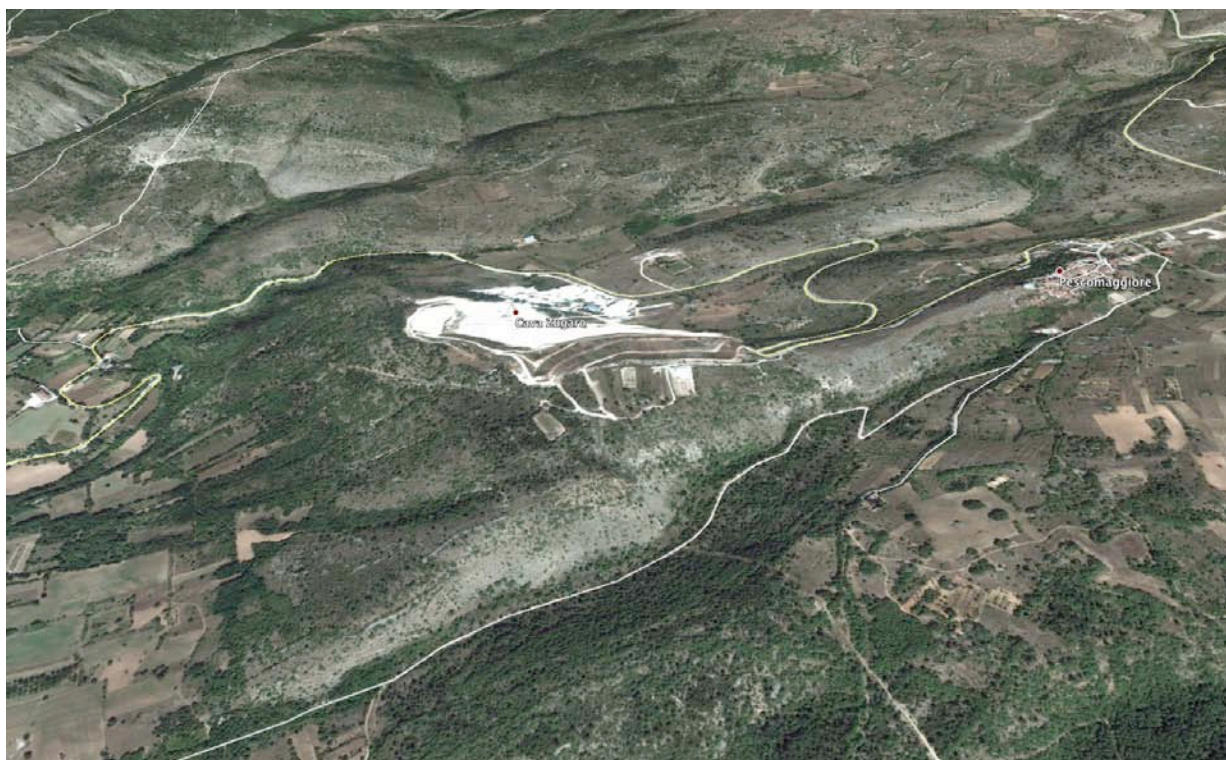
Topograficamente tale area è ubicata nella:

- ✓ Carta d'Italia **I.G.M.** Foglio 359 -scala 1:50.000
- ✓ Carta Tecnica Regionale **C.T.R.** n. 359022 -scala 1:5.000
- ✓ Lat: 42.356835°- Long: 13.498611° (*da Google Earth*)

3. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

L'aspetto morfologico dell'area in esame è in stretta relazione con le caratteristiche fisiche delle unità geologiche presenti. Difatti, la frazione di Pescomaggiore è inserita in una fascia di raccordo tra la dorsale del Gran Sasso, che costituisce l'ossatura appenninica, e la sottostante valle del fiume Aterno che invece rappresenta la tipica depressione intermontana colmata da coltri detritiche.

La configurazione morfologica del paesaggio, governata essenzialmente dall'assetto tettonico generale, ha risentito anche del modellamento imposto dall'azione morfogenetica degli agenti esogeni. I rilievi circostanti l'area d'interesse, posti a nord e nord-est, sono contornati da valli e vallette incise da corsi d'acqua a carattere per lo più torrentizio.



Si tratta di una parte di versante che si caratterizza per forme poco aspre e tondeggianti dall'aspetto collinare. Difatti, l'area di cava si sviluppa lungo il versante di un colle che degrada a nord-est su una piccola piana intermontana. Questo peculiare assetto, celato

dietro il versante sud-est del medesimo colle, scherma l'area di coltivazione a chi volge, dalla sottostante valle dell'Aterno, lo sguardo al Gran Sasso.

Lo studio geomorfologico, limitatamente al sito interessato dalle attività di coltivazione, ha rilevato che non esistono fenomeni di frana in atto o potenziale. La Carta di pericolosità del P.A.I. Foglio 359 OVEST ed EST, redatte dalla "Autorità dei Bacini di rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Sangro", confermano che tale area non presenta dissesti in atto. Peraltro è nullo il pericolo alluvioni, l'area d'interesse è distante dall'influenza di corsi d'acqua.

L'attività di coltivazione con risanamento ambientale, in atto sui fronti della precedente concessione, avviene come da progetto con profilatura ad angolo di circa 35°. A verifica di quanto detto è stata eseguita un'analisi di stabilità il cui risultato è esposto nel capitolo 8.



Stralcio della Carta della pericolosità da Frana (unione dei Fogli 359 EST ed Ovest).

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area abruzzese, pur essendo vasta e complessa, dal punto di vista geologico-strutturale risulta essere piuttosto omogenea. Difatti essa è il risultato della deformazione e sollevamento di ambienti marini *mesozoici* (da 200 a 15 milioni di anni fa) formatisi lungo il margine settentrionale africano che successivamente, nel *neogene* (tra 15 e 4 milioni di anni fa), hanno contribuito alla costruzione della catena appenninica centrale.

Anche il settore Abruzzese, come del resto tutta la fascia appenninica centrale, deriva dall'evoluzione *neogenica* di un sistema orogenetico catena-avanfossa-avanpaese in cui si possono ricostruire fasi di migrazione degli sforzi compressivi dai settori tirrenici verso quelli adriatici; a queste fasi compressive segue una tettonica distensiva che ancora oggi è attiva come testimoniato dall'intensa attività sismica.

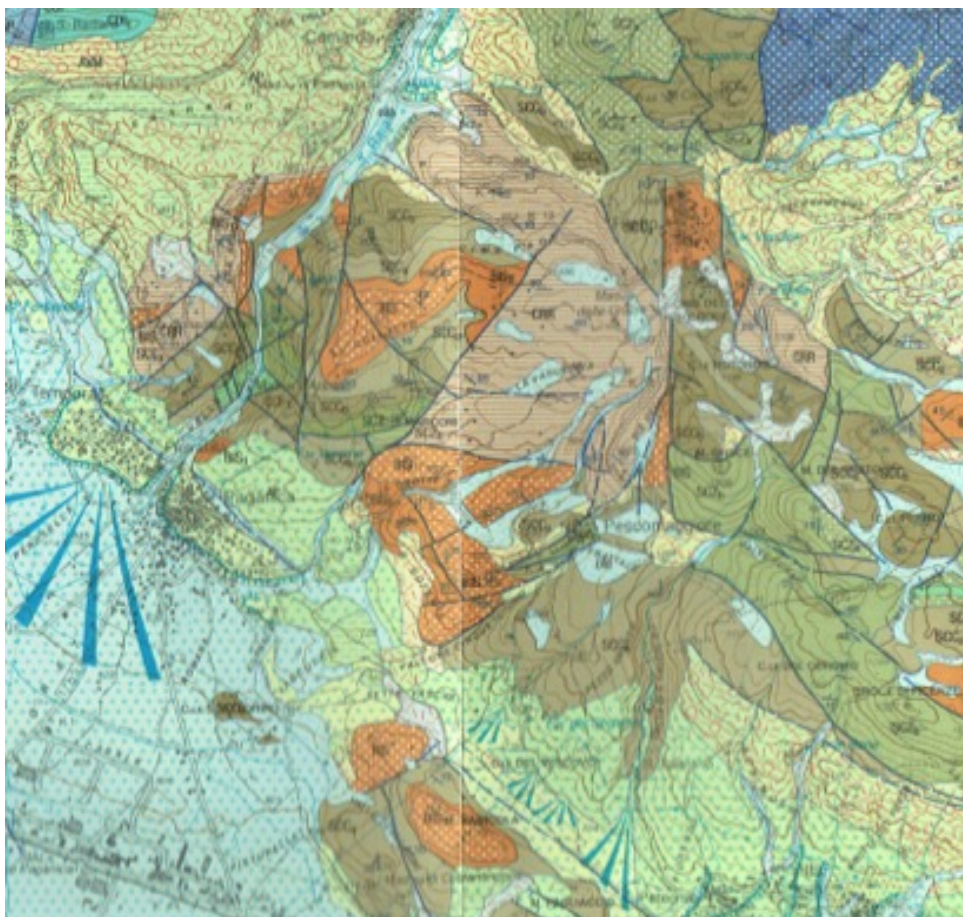
Si è così strutturata, prima in ambiente marino e poi subaereo, l'area abruzzese così come la conosciamo, articolata in dorsali e depressioni.

Infine, nel Plio-Pleistocene (3,5 milioni di anni fa) l'emersione graduale della catena in formazione ha creato le condizioni per una fase di erosione e smantellamento subaereo con la conseguente deposizione di coltri detritiche alluvionali e lacustri che colmano le aree depresse.

5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

L'area oggetto di studio non presenta grandi complessità per quanto concerne gli affioramenti, difatti l'aspetto particolare dato dalla concomitanza di ampie valli e dorsali montuose permettono di definire uno "scheletro" (costituente le alture che raggiungono anche i 2.000 m.s.l.m.) di natura carbonatica riconducibile al *Cretaceo* (circa 140 milioni di anni fa) ed una "copertura", delle depressioni intramontane, rappresentata da terreni continentali prevalentemente *quaternari* di vario ambiente di sedimentazione.

La successione stratigrafica dell'area, è stata desunta dalle indagini dirette (sondaggi) ed indirette (rilevamento geologico in sito e dati bibliografici) contenute nel presente documento. Per la loro descrizione si è fatto riferimento alla *Carta Geologica d'Italia Foglio 359 L'AQUILA* alla scala 1:50.000 , di cui di seguito si riporta uno stralcio non in scala.



DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

(OLO): Depositi alluvionali prevalentemente ciottoloso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso limosi. Depositi lacustri e palustri argilloso-limosi talora con lenti organiche. Depositi detritici di versante. Depositi pluvio colluviali con detriti immersi in matrice limoso argillosa e suoli sepolti. Depositi di frana. Possono essere presenti relazioni laterali di facies e discordanze angolari minori. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico. *OLOCENE-ATTUALE*

(AVM) *Sintema di Valle Majelama*: Depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi con talora una abbondante frazione piroclastica. Depositi detritici di versante, depositi glaciali, separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti. Depositi di frana sepolti. Giacciono in discordanza angolare sul sintema più antico e talora su paleo suolo fersiallitico. *PLEISTOCENE Sup.*

SUCCESSIONE M.CAPELLONE-PAGANICA

(BIS) *Bisciario*: Marne stratificate e calcari marnosi avana e avana chiaro, con patine di ossidazione giallo-ocracee, a foraminiferi planctonici, con selce nera; presenza di intercalazioni calcarenitiche in strati spessi. *MIOCENE Inf.*

(SCCa) *Scaglia Cinerea*: Calcari marnosi, marne e marne argillose grigio verdastre a planctonici, con intercalazioni di orizzonti biodetritici a macroforaminiferi. *CRETACICO Sup.- Miocene Inf.*

(SCZb) *Scaglia Detritica*: Calcareniti e calciruditi bianche, cristalline, massive o in strati da medi a molto spessi, con rare intercalazioni di livelli micritici a planctonici. *CRETACICO Sup.*

Dal punto di vista tettonico, l'area oggetto di studi come del resto tutta la catena dell'Appennino centrale, sono il risultato della tettonica compressiva che a partire dal miocene ha costituito una

serie di sovrascorrimenti a vergenza Adriatica. Dal Pliocene questo settore della catena venne progressivamente interessato dalla tettonica distensiva originando un complesso assetto morfologico caratterizzato da numerosi bacini intermontani che si alternano a dorsali montuose allungate in direzione NW-SE.

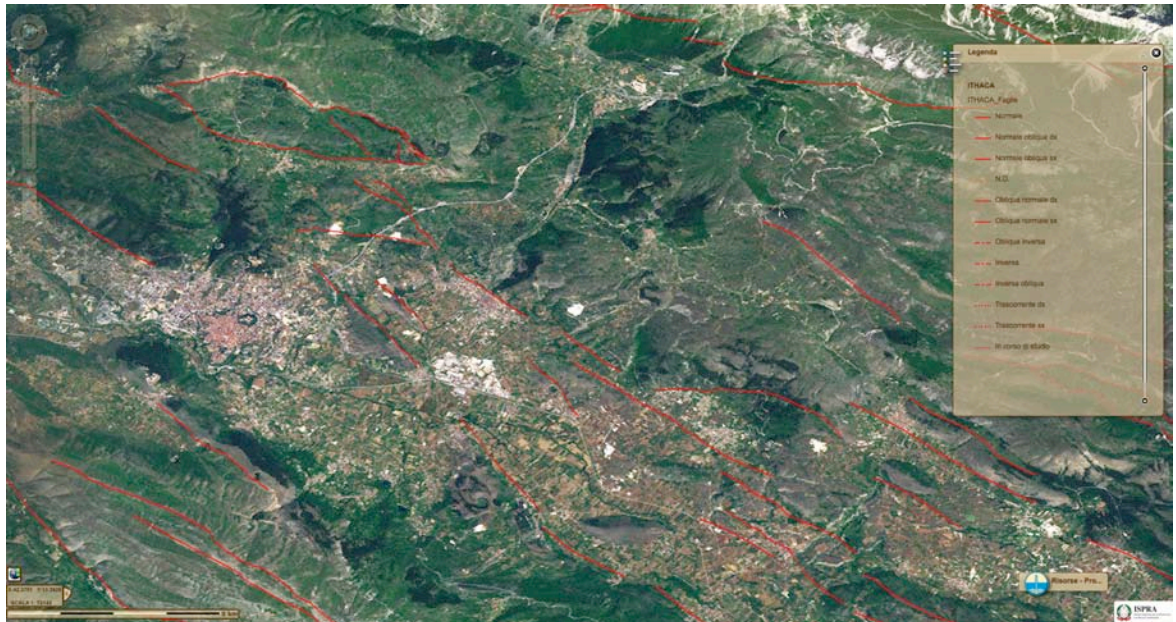
Il risultato dei processi tettonici sopra descritti viene manifestano in superficie dalla formazione di sistemi di faglie allungate per decine di chilometri originando così degli allineamenti tettonici sub-paralleli all'interno della zona Appenninica. Le principali faglie normali, che immergono generalmente a SW, caratterizzano i bordi dei bacini intramontani abruzzesi. Difatti la *Carta Geologica d'Italia Foglio 359*, alla scala 1:50.000, evidenzia nell'area oggetto di studi la presenza di una faglia diretta.

Tuttavia, seppure l'area in progetto non sarà interessata da edificazioni di ogni genere, si è reputato, al fine di una maggior conoscenza e sicurezza dei luoghi, procedere ad una ricerca più approfondita nel "Catalogo delle faglie capaci" del Progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults). ITHACA è un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto, sviluppato dal Servizio Geologico d'Italia – ISPRA, si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

Il database delle faglie capaci è uno strumento fondamentale per:
a) analisi di pericolosità ambientale e sismica, b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, c) pianificazione territoriale e d) gestione delle emergenze di Protezione Civile.

Dalla consultazione del catalogo web ITHACA, all'indirizzo <http://sgi1.isprambiente.it/geoportal/catalog/main/home.page>, non

risultano evidenze di faglie capaci che interessano il sito in progetto.
Di seguito si riporta uno stralcio del catalogo ITHACA da cui si evince l'area d'interesse progettuale.



Stralcio da catalogo delle faglie capaci su base satellitare. Nel tondo l'area d'interesse progettuale.



Stralcio da catalogo delle faglie capaci su base stradario. Nel tondo l'area d'interesse progettuale.

5.1 Risultati delle indagini geognostiche.

Il rilevamento geologico condotto direttamente in sito, congiunto alle indagini geognostiche, ha permesso di accertare che l'area d'interesse progettuale è caratterizzata dalla presenza in affioramento di *depositi carbonatici* di colore biancastro ed ocra.

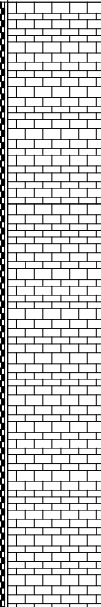
Nella Carta Geologica d'Italia Foglio 359 "L'Aquila", alla scala 1:50.000, tali depositi sono denominati "*Bisciario*". Si tratta in prevalenza di Marne stratificate e calcari marnosi avana chiaro con patine di ossidazione giallo-ocracee e noduli di selce. Sono disposti in strati da medi a sottili cui s'intercalano livelli calcarenitici in strati spessi. La formazione è ascrivibile al MIOCENE Inferiore.

La stratigrafia risultante dai sondaggi geognostici, e dal rilievo sui fronti di cava, ha messo in risalto il passaggio di strati caratterizzati da spessore variabile alternati a calcareniti.

Di seguito sono riportate le stratigrafie risultanti e le relative foto delle cassette catalogatrici:

STRATIGRAFIA - 1

SCALA 1 : 100 Pagina 1/1

Riferimento: Cava Zugaro. Progetto di ampliamento											Sondaggio: 1				
Località: Pescomaggiore - Comune di L'Aquila(AQ)											Quota:				
Impresa esecutrice: GEO L'AQUILA s.r.l.											Data: 04.05.2016				
Coordinate:											Redattore: Geologo Angelo Spaziani				
Perforazione: carotaggio continuo con doppio carotiere															
ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.					
															Ammasso roccioso costituito in pevalenza da calcari. Si alternano calciruditi a tratti mediamente e sottimente stratificati. Nelle fratture e nei giunti di strato sono presenti riempimenti quarziferi e calceiformi. Rada presenza di noduli di selce. Nell'insieme è di colore biancastro con sfumature rossastre dovute ad ossidazioni.
				1											
				2											
				3											
				4											
				5											
				6											
				7											
				8											
				9											
				10										10,0	



Postazione S1



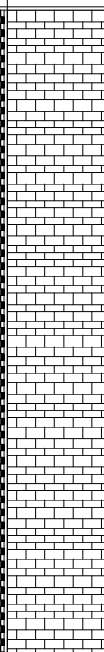
S1 cassetta 1 (0-5m)



S1 cassetta 2 (5-10m)

STRATIGRAFIA - 2

SCALA 1 : 100 Pagina 1/1

Riferimento: Cava Zugaro. Progetto di ampliamento											Sondaggio: 2				
Località: Pescomaggiore - Comune di L'Aquila(AQ)											Quota:				
Impresa esecutrice: GEO L'AQUILA s.r.l.											Data: 04.05.2016				
Coordinate:											Redattore: Geologo Angelo Spaziani				
Perforazione: carotaggio continuo con doppio carotiere															
ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
					1										Ammasso roccioso costituito in pevalenza da calcari. Si alternano calciruditi a tratti mediamente e sottilmente stratificati. Nelle fratture e nei giunti di strato sono presenti riempimenti quarziferi e calceiformi. Rada presenza di noduli di selce. Nell'insieme è di colore biancastro con sfumature rossastre dovute ad ossidazioni.
					2										
					3										
					4										
					5										
					6										
					7										
					8										
					9										
					10									10,0	



Postazione S2



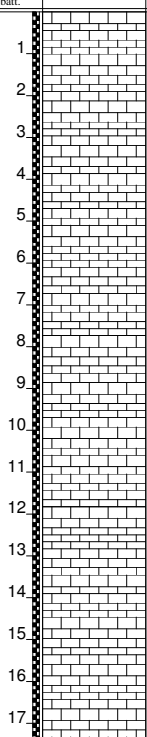
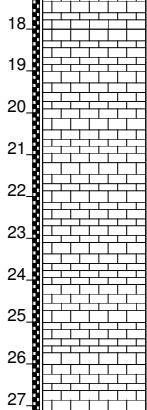
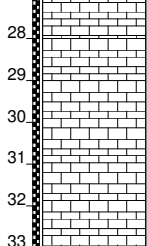
S2 Cassetta 1 (0-5m)



S2 Cassetta (5-10m)

STRATIGRAFIA - 3Pz

SCALA 1 : 154 Pagina 1/1

Riferimento: Progetto di ampliamento- Cava Zugaro										Sondaggio: 3Pz				
Località: Pescomaggiore- Comune di L'Aquila(AQ)										Quota:				
Impresa esecutrice: GEO L'Aquila srl										Data: inizio 5/5/16 ultimato il 6/5/16				
Coordinate:										Redattore: Geologo Angelo Spaziani				
Perforazione: Da 0 a -18m e da -28 a -35m dal p.c. a distruzione di nucleo con tricono e acqua. Da -18 a -28m a carotaggio continuo.														
ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
				1										Perforazione eseguita a distruzione di nucleo con tricono e acqua di circolazione fino alla profondità di -18 metri dal piano campagna. Da un'analisi del cutting, e dall'assetto stratigrafico del sito, è possibile attribuire le litologie investigate ad un ammasso roccioso costituito in pevalenza da calcari di colore biancastro assimilabili ad i medesimi riscontrati negli altri sondaggi del sito e nella sottostante parte di sondaggio.
				2										
				3										
				4										
				5										
				6										
				7										
				8										
				9										
				10										
				11										
				12										
				13										
				14										
				15										
				16										
				17										
				18								18,0		
				19									Perforazione eseguita a carotaggio continuo. Ammasso roccioso costituito in pevalenza da calcari. Si alternano calciruditi a tratti mediamente e sottilmente stratificati. Nelle fratture e nei giunti di strato sono presenti riempimenti quarziferi e calceiformi. Rada presenza di noduli di selce. Nell'insieme è di colore biancastro con sfumature rossastre dovute ad ossidazioni.	
				20										
				21										
				22										
				23										
				24										
				25										
				26										
				27										
				28								28,0		
				29									Perforazione eseguita a distruzione di nucleo con tricono e acqua di circolazione fino alla profondità di -35 metri dal piano campagna. Da un'analisi del cutting, e dall'assetto stratigrafico del sito, è possibile attribuire le litologie investigate ad un ammasso roccioso costituito in pevalenza da calcari di colore biancastro assimilabili ad i medesimi riscontrati negli altri sondaggi del sito e nella sovrastante parte di sondaggio.	
				30										
				31										
				32										
				33										
				34										
				35								35,0		

Il foro è stato attrezzato con tubo piezometrico microfessurato fino al fondo.



Postazione S3Pz



S3Pz Cassetta 1 (18-23m)

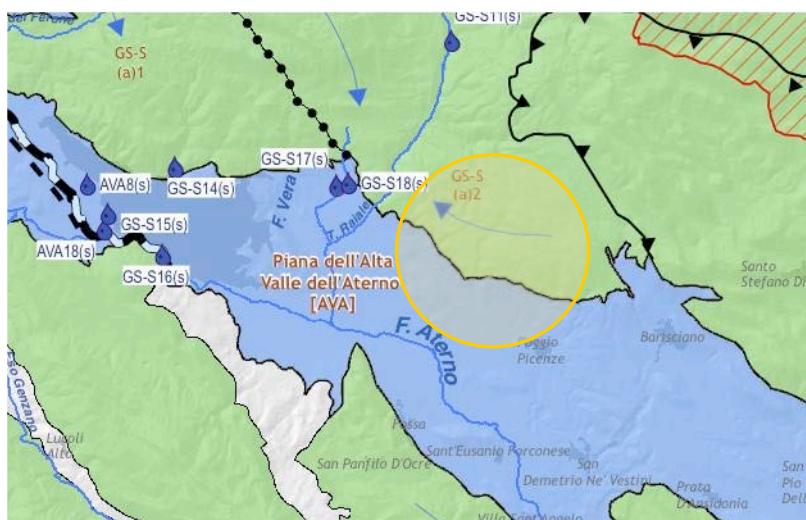


S3Pz Cassetta 2 (23-28m)

6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in esame è inquadrata nella situazione tipica dell'Appennino centrale caratterizzata da importanti ed estesi acquiferi regionali costituiti da dorsali carbonatiche, altamente permeabili, che circondate da cinture di materiali meno permeabili, fungono da limite di permeabilità basale "aquiclude" (Boni et alii, 1986; Celico, 1983). Queste ultime sono caratterizzate prevalentemente da depositi detritico-alluvionali la cui permeabilità è variabile dalla medio-alta per porosità, nei depositi recenti, alla medio-bassa dei depositi più antichi.

Nella fattispecie, il PTA (Piano di Tutela delle Acque della Regione Abruzzo), caratterizza l'area del sito d'interesse progettuale nel corpo idrico sotterraneo significativo secondario denominato [GS-S(a)2] "Monti del Gran Sasso".



Stralcio non in scala della *Carta Idrogeologica* (da PTA Tav.1.5)

Si tratta di un complesso idrogeologico caratterizzato dalla prevalenza in affioramento di "calcari, calcari con selce e calcari marnosi" [csm].

Il complesso idrogeologico [csm] è costituito da calcari con liste e noduli di selce con intercalazioni di marne e calcari marnosi (Miocene medi Giurassico inf.). Questo complesso risulta permeabile

per fessurazione e carsismo ed è caratterizzato da un grado di "permeabilità relativa" medio alto.

La circolazione idrica sotterranea è condizionata, sia nell'insaturo sia nel saturo, dalla fessurazione e dal carsismo; anche se il complesso risulta caratterizzato da frequenti interstrati poco permeabili, esso è intensamente fratturato e attraversato da numerosi sistemi di faglie.

Nell'area oggetto di studi è stato installato un piezometro a tubo aperto spinto fino al di sotto del piano cava di progetto. Si tratta di un tubo microfessurato utile alla rilevazione di un'eventuale falda acquifera.

Il suddetto piezometro è stato oggetto di monitoraggio nel periodo seguente all'installazione e non è stata rilevata la presenza di falda acquifera, per cui verrà sicuramente rispettato il franco di 2m al di sopra della falda freatica.

Nelle vicinanze della zona d'interesse per l'attività estrattiva non si rileva la presenza di corsi d'acqua che possano comportare l'applicazione delle limitazioni imposte dall'art.80 della Legge Regionale 18/83 nel testo in vigore, né si rilevano, nel raggio di 200 metri, insorgenze idriche che comporterebbero tutela delle stesse ai sensi dell'art. 21 del Decreto Legislativo 152 dell'11 maggio 1999.

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In questo capitolo è descritta la metodologia d'indagine eseguita al fine di ottenere la caratterizzazione geotecnica dei terreni di coltivazione.

7.1 Metodologia d'indagine.

Le indagini geologiche e geognostiche eseguite all'interno dell'area di cava, hanno messo in luce la presenza diffusa di una litologia calcarea fortemente fratturata che solo raramente presenta livelli decimetrici compatti. Pertanto, in virtù della litologia riscontrata, per la stima dei parametri geotecnici del sito è stato eseguito un rilievo geomeccanico così come di seguito espletato.

RILIEVO GEOMECCANICO: Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso roccioso affiorante è stato eseguito, come sopra detto, un rilievo geomeccanico partendo dalla classificazione geomeccanica secondo il metodo di Bieniawski (indice RMR).

Si è quindi proceduto con il prelievo di un campione di materiale, utile per la determinazione del peso per unità di volume, ed è stata eseguita una prova con *sclerometro di tipo-L* (martello di *Schmidt*).

Il martello di *Schmidt*, per la definizione della resistenza a compressione monoassiale, consiste nell'impiego di un corpo di battuta che colpisce, in questo caso la roccia, con un'energia nota. Il corpo di battuta, che rimbalza ad una velocità misurata dalla strumento, è funzione della roccia stessa. Apposite tabelle o programmi di conversione permettono di determinare il valore della resistenza alla compressione in base all'entità del rimbalzo misurata dall'apparecchio.

Di fatto la modellazione geomeccanica è stata sviluppata sulla base dello studio geologico e di tutte le altre informazioni disponibili sull'affioramento naturale. Il litotipo interessato dal progetto di coltivazione è stato esaminato prendendo in considerazione sequenziale le relative caratteristiche geostrutturali e quindi le

specifiche componenti per la classificazione secondo Bieniawski (indice RMR).

La caratterizzazione risultante costituisce anche la base del procedimento di classificazione geomeccanica degli ammassi, con la definizione dei cosiddetti "indici di qualità". Oltre al comportamento delle singole discontinuità, i parametri che caratterizzano la resistenza al taglio di tali tipi di masse sono principalmente la spaziatura e la rigidità sia della matrice, sia della discontinuità. La resistenza al taglio di questi tipi di masse è stata studiata da molti ricercatori di Meccanica delle Rocce (Bandis et al. 1981; Barton 1971, 1981; Barton e Chubey 1977; Ladanyi e Archambault 1972; Hoek e Brown 1980; Jaeger 1971). Hoek e Brown (1980) proposero il seguente criterio di rottura empirico valido per masse rocciose con giunti ravvicinati:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + q_c \cdot \left(m \frac{\sigma_3}{q_c} + s \right)^{0,5}$$

in cui:

σ_1 è la massima tensione principale efficace;

σ_3 è la minima tensione principale efficace;

q_c è la resistenza a compressione semplice di un provino standard di roccia intatta;

m ed s sono delle costanti adimensionali caratteristiche di ciascun tipo di ammasso, che dipendono dalla forma e dal grado di incastramento dei singoli blocchi di roccia nella massa.

Tale criterio può essere esteso alla roccia intatta ($s=1$) e ad un materiale granulare ($s=0$). Hoek e Brown determinarono, utilizzando le classificazioni di Barton e Bieniawski, i valori dei parametri empirici m ed s .

La Tabella I, di seguito esposta, riporta per vari tipi di roccia e qualità, i valori dei parametri empirici che Hoek e Brown suggeriscono

di utilizzare senza dover ricorrere a specifici dati sperimentali derivati da indagini geotecniche.

	A	B	C	D	E
Campioni di roccia intatta (dimensioni di laboratorio senza giunti)	m = 7,0 s = 1,0	m = 10,0 s = 1,0	m = 15,0 s = 1,0	m = 17,0 s = 1,0	m = 25,0 s = 1,0
Massa rocciosa di ottima qualità (roccia sana con giunti serrati e spaziati di 3 m)	m = 3,5 s = 0,1	m = 5,0 s = 0,1	m = 7,5 s = 0,1	m = 8,5 s = 0,1	m = 12,5 s = 0,1
Massa rocciosa di buona qualità (roccia debolmente alterata, con giunti spaziati di 1-3 m)	m = 0,7 s = 0,004	m = 1,0 s = 0,004	m = 1,5 s = 0,004	m = 1,7 s = 0,004	m = 2,5 s = 0,004
Massa rocciosa di media qualità (parecchi sistemi di giunti moderatamente alterati e spaziati di 0,3-1 m)	m = 0,14 s = 0,0001	m = 0,20 s = 0,0001	m = 0,30 s = 0,0001	m = 0,34 s = 0,0001	m = 0,50 s = 0,0001
Massa rocciosa di qualità scadente (numerosi giunti alterati e spaziati di 30-50 mm)	m = 0,04 s = 0,00001	m = 0,05 s = 0,00001	m = 0,08 s = 0,00001	m = 0,09 s = 0,00001	m = 0,13 s = 0,00001
Massa rocciosa di qualità molto scadente (numerosi giunti fortemente alterati e spaziati meno di 50 mm, intercalati da detriti e fini)	m = 0,007 s = 0	m = 0,010 s = 0	m = 0,015 s = 0	m = 0,017 s = 0	m = 0,025 s = 0

Tabella I. Correlazioni approssimate tra le qualità della massa rocciosa e le costanti empiriche.

A. Rocce carbonatiche (dolomie, calcari, marmi);

B. Argilloscisti litificati (marne, argilloscisti);

C. Rocce arenacee (quarziti, arenarie);

D. Rocce ignee cristalline a grana fine (andesiti, doleriti, diabasi, rioliti);

E. Rocce ignee cristalline e metamorfiche a grana grossa (anfiboliti, gabbri, gneiss, graniti, quarzo/dioriti).

Ai fini del calcolo della capacità portante delle fondazioni superficiali su roccia, Hoek e Brown (1997) hanno introdotto l'indice GSI (Geological Strenght Index), il cui significato è quello di un indice di resistenza, valido per ammassi di roccia tenera e dura.

Le relazioni fornite da Hoek e Brown per determinare il valore di tale indice sono le seguenti:

$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5 \quad \text{per } \text{RMR} \geq 23 \quad (1)$$

$$\text{GSI} = 9 \ln Q' + 44 \quad \text{per } \text{RMR} < 23 \quad (2)$$

in cui:

RMR è il Rock Mass Rating, definito da Bieniawski (1989);

è l'indice di qualità (modificato) di Barton.

$$Q' = \frac{\text{RQD}}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a}$$

Hoek e Brown (1997) hanno comunque proposto anche una tabella per effettuare una stima dell'indice GSI tramite una semplice ispezione visiva. In essa (Tabella II) sono individuate 4 principali categorie di rocce, in accordo con la classificazione di Terzaghi:

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX		DISCONTINUITY SURFACE CONDITION				
According to geological conditions, pick the appropriate box in this chart. Estimate the average value of the Geological Strength Index GSI from the contours						
STRUCTURE						
		VERY GOOD Very rough, unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered or altered surfaces	POOR Slackensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings containing angular rock fragments	VERY POOR Slackensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
	BLOCKY - very well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three orthogonal discontinuity sets	80	70			
	VERY BLOCKY - interlocked, partially distributed rock mass with multifaceted angular blocks formed by four or more discontinuity sets		60	50		
	BLOCKY/FOLDED - folded and faulted with many intersecting discontinuities forming angular blocks			40	30	
	CRUSHED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with a mixture of angular and rounded blocks				20	10

Tabella II. Stima dell'indice GSI attraverso ispezione visiva delle condizioni geologiche valida per rocce massive o stratificate.

- (i) Blocky (Massiva);
- (ii) Very Blocky (Discretamente massiva);
- (iii) Blocky/Folded (Massiva con discontinuità);

(iv) Crushed (Disgregata).

Le condizioni della superficie di discontinuità sono invece classificate in 5 categorie, simili a quelle adottate per la definizione dell'indice RMR:

- (i) Very Good (Molto buona);
- (ii) Good (Buona);
- (iii) Fair (Discreta);
- (iv) Poor (Scadente);
- (v) Very Poor (Molto scadente).

Hoek (1994) ha suggerito l'adozione del seguente criterio di resistenza modificato per un ammasso roccioso:

(3)

$$\sigma_1 = \sigma_3 + q_c \left[m \frac{\sigma_3}{q_c} + s \right]^n$$

in cui:

σ_1 è la massima tensione principale efficace;

σ_3 è la minima tensione principale efficace;

q_c è la resistenza a compressione semplice per un provino standard;

m è una costante caratteristica di ciascun tipo di ammasso;

$$s = \left(\frac{q_{c, \text{mass}}}{q_c} \right)^{\frac{1}{n}} \quad \text{è un fattore di riduzione della resistenza;}$$

$$\begin{cases} n = 0,5 & \text{per } GSI \geq 25 \\ n = 0,65 - \frac{GSI}{200} & \text{per } 10 \leq GSI < 25 \\ n = 0,60 & \text{per } GSI < 10 \end{cases}$$

(4)

Il criterio di resistenza di Mohr-Coulomb per un ammasso di roccia è espresso come segue:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = q_{c, \text{mass}} + A \cdot \sigma_3$$

in cui:

$$q_{c, \text{mass}} = \frac{2c \cdot \cos \phi}{1 - \sin \phi}$$

è la resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso di roccia;

“c” è la coesione dell'ammasso di roccia;

$$A = \frac{2\sin\phi}{1 - \sin\phi}$$

ϕ è l'angolo di resistenza a taglio dell'ammasso di roccia.

Hoek e Brown (1997) hanno effettuato numerosi tentativi di trovare un'approssimazione lineare del criterio non-lineare di resistenza ed è emerso che i parametri c e ϕ dipendono da σ_3 . Essi hanno perciò diagrammato i valori di c e ϕ al variare di m e GSI . Si può notare come c e ϕ diminuiscano non linearmente al diminuire di GSI , al contrario che per RMR.

L'angolo di dilatanza a rottura di un ammasso di roccia è approssimativamente pari a:

$$\begin{cases} \Delta = \frac{\phi}{4} & \text{per } GSI = 75 \\ \Delta = \frac{\phi}{8} & \text{per } GSI = 50 \\ \Delta = 0 & \text{per } GSI \leq 30 \end{cases}$$

7.2 Risultati del rilievo geomeccanico.

Le indagini necessarie per la parametrizzazione geotecnica dell'area sono avvenute in più fasi. Fondamentale è risultata la campagna di rilevamento geologico e l'approfondimento delle indagini geognostiche condotte in sito.

Nell'area d'indagine affiorano diffusamente calcari e calcari marnosi alternati a calcareniti. Il rilievo geomeccanico, eseguito su una porzione affiorante del fronte roccioso di coltivazione, ha permesso di stimare i parametri geotecnici. Di seguito si riassumono le fasi procedurali ed i relativi valori riscontrati:

Le misure effettuate con il martello di *Schmidt* (sclerometro) sono state elaborate con il *software JCS* che ha consentito di calcolare la

resistenza a compressione espressa in MPa. **Il valore della resistenza a compressione misurato in sito è di 13 Mpa.**

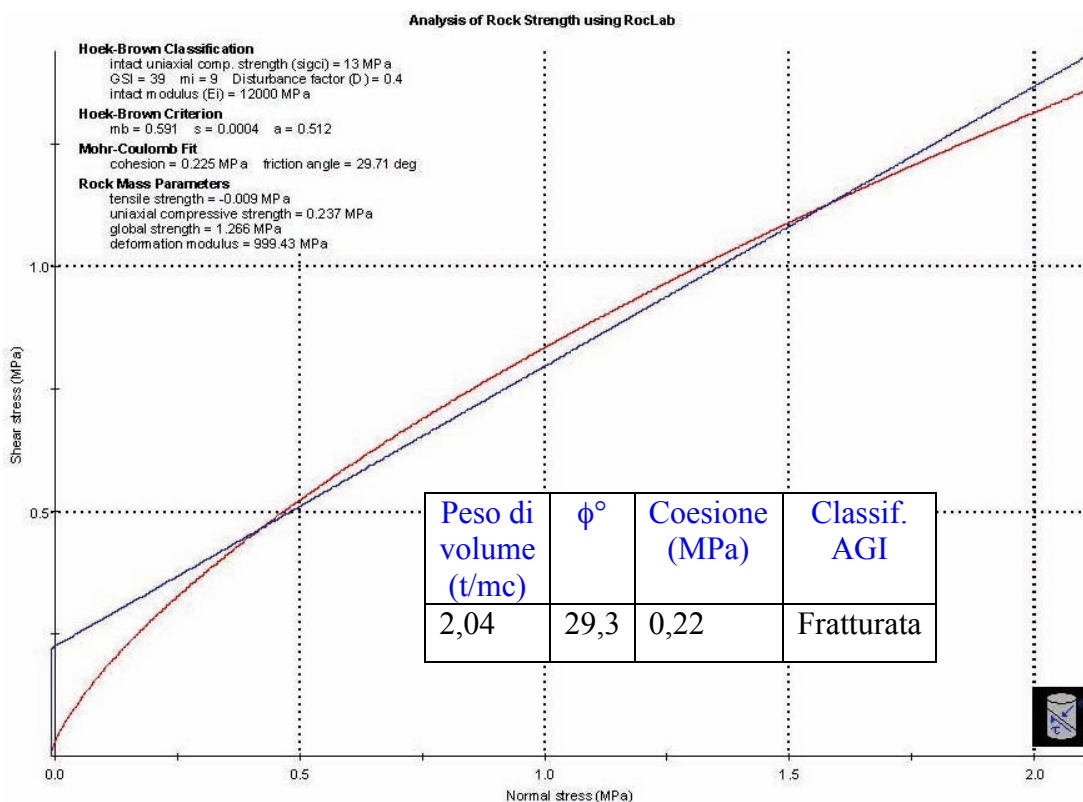
Il campione di materiale lapideo prelevato, utile per la determinazione del peso per unità di volume, ha permesso di stimare un $\gamma = 2,04 \text{ t/m}^3$.

Il valore del GSI(Geological Strenght Index), partendo dall'indice RMR di Bieniawski desunto dalla relazione X per X, applicando la classificazione di Hoek e Brown e il criterio di rottura di Mohr-Coulomb esposti nel paragrafo precedente, è:

$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5 = 44 - 5 = 39$$

Le caratteristiche geotecniche, coesione-angolo di attrito e modulo di deformabilità, sono state ricavate mediante l'utilizzo del *software RocLab1*.

Di fatto, vengono inseriti dati in entrata quali la resistenza a compressione, peso di volume ed il valore di GSI, ottenendo i seguenti parametri geotecnici:



8. ANALISI DI STABILITA' DEI FRONTI DI CAVA

Nell'area oggetto di studi non è stato evidenziato alcun fenomeno di frana in atto. L'altezza critica raggiungibile dal fronte di scavo verticale senza che si verifichino problemi di instabilità è legato alle caratteristiche del terreno entro il quale il fronte è modellato e da fattori esterni come:

- presenza di sovraccarico ai bordi dello scavo;
- inclinazione del pendio a monte;
- tempo intercorso dall'apertura del fronte di scavo;
- eventuali forze sismiche;
- condizioni meteorologiche avverse.

Il progetto di cava prevede una coltivazione con risanamento ambientale. La profilatura dei fronti avviene a gradoni con le seguenti caratteristiche:

- realizzazione di gradoni per un'altezza massima totale di 86m ;
- ogni singolo gradone presenterà un fronte di scavo alto 12m con inclinazione di circa 35°;
- le pedate di transito avranno larghezza di 5m. Tale larghezza consentirà un agevole passaggio dei mezzi lasciando un franco di sicurezza dal ciglio di scarpata e dal piede del sovrastante gradone.

Per una sicurezza dei luoghi, ai sensi delle NTC 2008, è stata eseguita un'analisi di stabilità del pendio nelle fasi di *post-scavo* e *post-ripristino*.

8.1 Metodologia d'indagine.

Si tratta di metodi semplici ed accurati basati sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da

ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Successivamente, vengono ipotizzate tutte le superfici di scivolamento probabili fino ad individuare quella a minor coefficiente di sicurezza. Si è pertanto proceduto ad un'analisi del *profilo 3-4* della planimetria in allegato. Nel paragrafo seguente sono riportati in dettaglio le singole analisi della fase di *post-scavo per pendii in roccia*, e di *post-ripristino per pendii in terra*. Entrambi i casi sono stati analizzati utilizzando le formule specifiche ideate dall'autore *Janbu*.

In particolare per l'analisi di stabilità nella fase di post-scavo, trattandosi di un versante in roccia, si è proceduto all'inserimento dei parametri geomeccanici, ottenuti nel precedente capitolo 7, così come di seguito espletato.

Pendii in roccia: Per i versanti in roccia, diversamente da quelli in terra, il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei versanti rocciosi. A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= AB \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^{B-1} \\ c &= A \sigma_c \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^B - N \operatorname{tg} \varphi \end{aligned}$$

dove:

σ_c è la resistenza a compressione monassiale della roccia;

A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia (*riportati in tabella*);

N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T sono vengono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR) e secondo Barton (indice Q). Tra i due sistemi di classificazione, sulla base di 111 esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

	Calcari Dolomie Marne	Argilliti Siltiti Scisti	Areniti Quarziti	Andesiti Basalti Rioliti	Anfiboliti Gneiss Graniti
RMR = 100 Q = 500	A = 0.816 B = 0.658 T = -0.140	A = 0.918 B = 0.677 T = -0.099	A = 1.044 B = 0.692 T = -0.067	A = 1.086 B = 0.696 T = -0.059	A = 1.220 B = 0.705 T = -0.040
RMR = 85 Q = 100	A = 0.651 B = 0.679 T = -0.028	A = 0.739 B = 0.692 T = -0.020	A = 0.848 B = 0.702 T = -0.013	A = 0.883 B = 0.705 T = -0.012	A = 0.998 B = 0.712 T = -0.008
RMR = 65 Q = 10	A = 0.369 B = 0.669 T = -0.006	A = 0.427 B = 0.683 T = -0.004	A = 0.501 B = 0.695 T = -0.003	A = 0.525 B = 0.698 T = -0.002	A = 0.603 B = 0.707 T = -0.002
RMR = 44 Q = 1	A = 0.198 B = 0.662 T = -0.0007	A = 0.234 B = 0.675 T = -0.0005	A = 0.280 B = 0.688 T = -0.0003	A = 0.295 B = 0.691 T = -0.003	A = 0.346 B = 0.700 T = -0.0002
RMR = 3 Q = 0.1	A = 0.115 B = 0.646 T = -0.0002	A = 0.129 B = 0.655 T = -0.0002	A = 0.162 B = 0.672 T = -0.0001	A = 0.172 B = 0.676 T = -0.0001	A = 0.203 B = 0.686 T = -0.0001
RMR = 3 Q = 0.01	A = 0.042 B = 0.534 T = 0	A = 0.050 B = 0.539 T = 0	A = 0.061 B = 0.546 T = 0	A = 0.065 B = 0.548 T = 0	A = 0.078 B = 0.556 T = 0

Come riferito nel precedente capitolo 7, l'indice RMR ottenuto dal rilievo geomeccanico eseguito sull'ammasso roccioso del sito è pari a RMR=44. Pertanto i parametri A, B e T inseriti nel software per l'analisi di stabilità del pendio in roccia sono quelli (di colore blu) ottenuti incrociando l'indice RMR con la litologia calcarea del sito.

Pendii in terra: Per quanto riguarda l'analisi di stabilità del pendio ipotizzando la fase di post-ripristino, trattandosi di terre provenienti da scavi o altro materiale conforme al progetto di ripristino dei luoghi, si è proceduto all'inserimento di valori di coesione "c" ed angolo d'attrito "φ" tipiche dei terreni di riporto. La formula di Janbu,

applicata a superfici di scorrimento con forma qualsiasi, è la seguente:

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

8.2 Risultati della verifica di stabilità.

Analisi di stabilità del pendio nella fase di *post-scavo*. (con JANBU)

Lat./Long.	42,35636/13,498277
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	27,85 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	43,96 m
Ascissa vertice destro superiore xs	68,44 m
Ordinata vertice destro superiore ys	74,13 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,77	2,39	0,27
S.L.D.	35,0	0,84	2,37	0,28
S.L.V.	332,0	2,24	2,35	0,34
S.L.C.	682,0	2,89	2,38	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,924	0,2	0,0188	0,0094
S.L.D.	1,008	0,2	0,0206	0,0103
S.L.V.	2,688	0,3	0,0822	0,0411
S.L.C.	3,468	0,3	0,1061	0,053

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0188

Coefficiente azione sismica verticale 0,0094

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	21,65	0,0
3	28,74	7,0
4	32,78	7,0
5	44,93	19,0
6	48,98	19,0
7	61,12	31,0
8	65,17	31,0
9	77,31	43,0
10	81,36	43,0
11	99,6	57,17
12	112,45	58,77

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compression e monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2040	0,198	0,662	-0,0007	130		

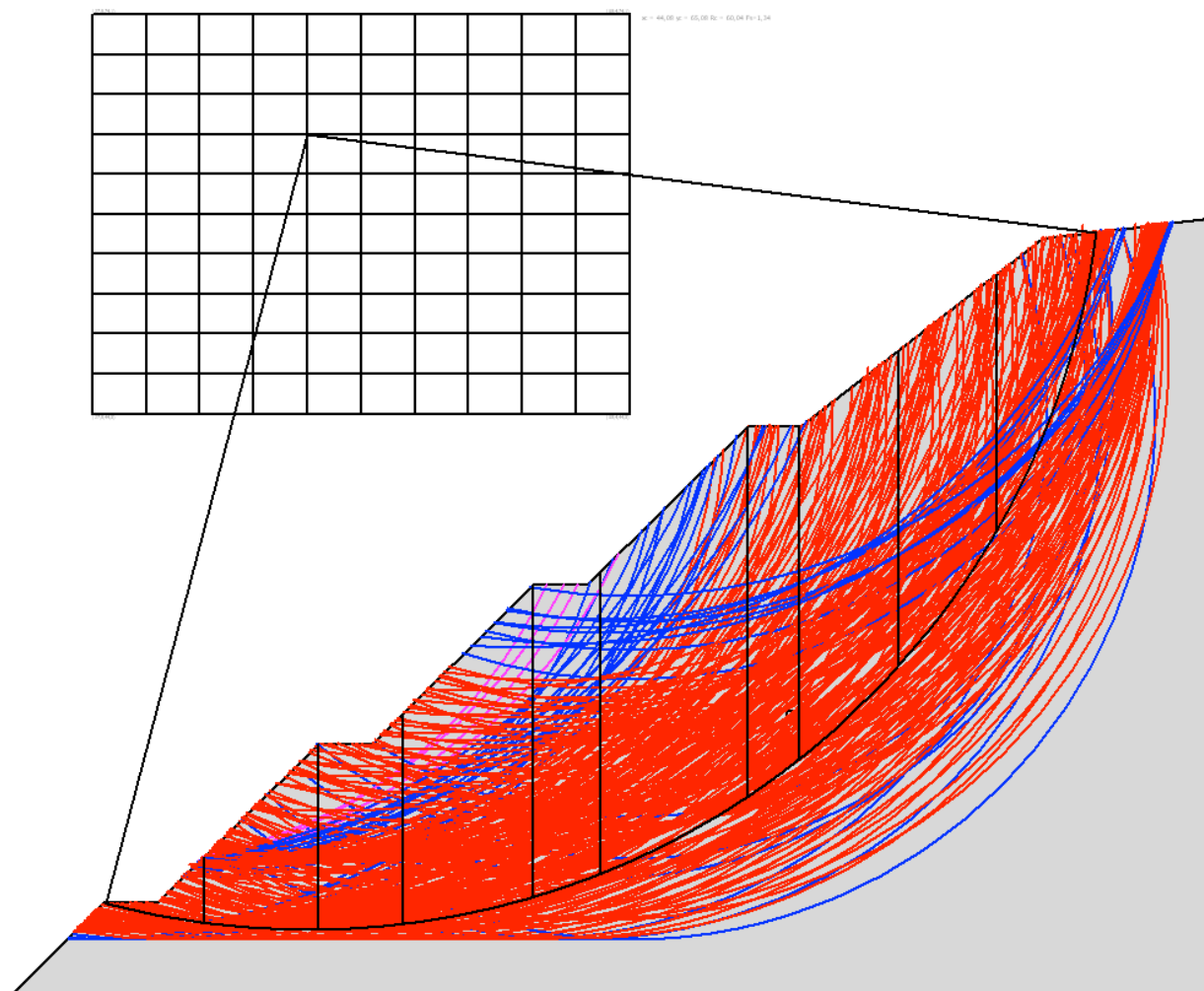
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,34
Ascissa centro superficie	44,08 m
Ordinata centro superficie	65,08 m
Raggio superficie	60,04 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 44,085 yc = 65,078 Rc = 60,044 **Fs=1,3424**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	7,48	-11,1	7,62	13046,83	245,28	122,64	0,24	47,0	0,0	19516,0	32432,4
2	8,6	-3,3	8,61	168693,5	3171,44	1585,72	0,61	28,1	0,0	175827,8	118744,4
3	6,37	3,9	6,38	179631,6	3377,07	1688,54	0,74	25,4	0,0	172957,0	105452,3
4	9,82	11,7	10,03	398354,0	7489,06	3744,53	0,9	23,1	0,0	365389,3	204350,7
5	5,14	19,1	5,44	237746,0	4469,62	2234,81	0,94	22,7	0,0	212328,3	120039,4
6	11,05	27,6	12,47	580186,1	10907,5	5453,75	0,94	22,7	0,0	513883,8	304013,7
7	3,91	35,9	4,83	212156,5	3988,54	1994,27	0,86	23,7	0,0	188857,3	124589,9
8	7,48	43,1	10,25	377034,3	7088,25	3544,12	0,73	25,7	0,0	336721,0	262957,4
9	7,48	54,1	12,76	337639,8	6347,63	3173,81	0,53	29,9	0,0	303623,6	336011,9
10	7,48	71,6	23,65	216605,1	4072,18	2036,09	0,27	43,3	0,0	160884,7	552233,6



Analisi di stabilità del pendio nella fase di *post-ripristino*. (con JANBU)

Lat./Long.	42,35636/13,498277
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	33,39 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	39,66 m
Ascissa vertice destro superiore xs	60,43 m
Ordinata vertice destro superiore ys	62,48 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	1 - Opere provvisorie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	10,0 [anni]
Vita di riferimento:	7,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,77	2,39	0,27
S.L.D.	30,0	0,84	2,37	0,28
S.L.V.	66,0	2,24	2,35	0,34
S.L.C.	136,0	2,89	2,38	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

Progetto per l'ampliamento di una cava con risanamento ambientale
 Regione Abruzzo - Comune di L'Aquila(AQ) – Frazione di Pescomaggiore
 RELAZIONE GEOLOGICA

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,1088	0,2	0,0226	0,0113
S.L.D.	1,2096	0,2	0,0247	0,0123
S.L.V.	3,186	0,28	0,091	0,0455
S.L.C.	3,8822	0,28	0,1109	0,0554

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,023
 Coefficiente azione sismica verticale 0,011

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	8,16	6,0
3	13,54	7,0
4	33,78	22,0
5	38,06	22,13
6	71,89	43,0
7	75,97	43,0
8	99,6	57,17
9	112,45	58,77

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	21,65	0,0
3	28,74	7,0
4	32,78	7,0
5	44,93	19,0
6	48,98	19,0
7	61,12	31,0
8	65,17	31,0
9	77,31	43,0
10	81,36	43,0
11	99,6	57,17
12	112,45	58,77

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0.06		25	1600	1750	0,00		
2	0.2		29	2040		0,00		

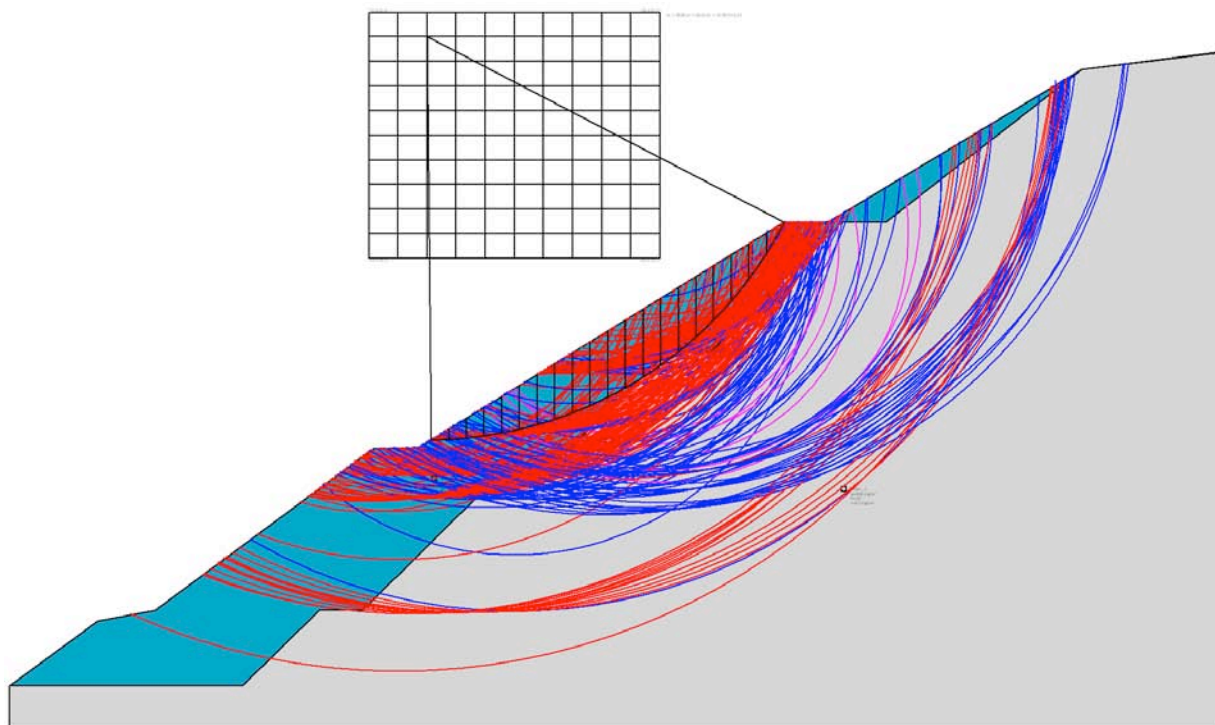
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,13
Ascissa centro superficie	38,8 m
Ordinata centro superficie	60,2 m
Raggio superficie	37,38 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 38,80 yc = 60,201 Rc = 37,376 **Fs=1,1338**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,64	1,8	1,64	1281,27	29,47	14,09	0,06	25,0	0,0	1233,61500,7	
2	1,64	4,4	1,64	3701,84	85,14	40,72	0,06	25,0	0,0	3519,72534,7	
3	1,64	6,9	1,65	5931,84	136,43	65,25	0,06	25,0	0,0	5558,63470,8	
4	1,64	9,4	1,66	7968,8	183,28	87,66	0,06	25,0	0,0	7369,74322,4	
5	1,64	12,0	1,68	9808,96	225,61	107,9	0,06	25,0	0,0	8968,25100,2	
6	1,64	14,6	1,69	11447,33	263,29	125,92	0,06	25,0	0,0	10365,25812,8	
7	1,64	17,2	1,72	12877,22	296,18	141,65	0,06	25,0	0,0	11568,16466,8	
8	1,64	19,8	1,74	14090,43	324,08	154,99	0,06	25,0	0,0	12581,07067,2	
9	1,64	22,5	1,78	15076,62	346,76	165,84	0,06	25,0	0,0	13403,87616,9	
10	1,64	25,3	1,81	15822,94	363,93	174,05	0,06	25,0	0,0	14032,68117,2	
11	1,64	28,1	1,86	16313,57	375,21	179,45	0,06	25,0	0,0	14458,78566,7	
12	1,64	31,0	1,91	16528,73	380,16	181,82	0,06	25,0	0,0	14667,68961,0	
13	1,64	34,0	1,98	16714,99	384,44	183,86	0,2	29,0	0,0	12943,212907,4	
14	1,64	37,1	2,06	16478,76	379,01	181,27	0,2	29,0	0,0	12594,313368,9	
15	1,64	40,3	2,15	15237,49	350,46	167,61	0,06	25,0	0,0	13712,29688,6	
16	1,64	43,7	2,27	14021,37	322,49	154,24	0,06	25,0	0,0	12700,09684,5	
17	1,64	47,3	2,42	12303,95	282,99	135,34	0,06	25,0	0,0	11191,09452,0	
18	1,64	51,1	2,61	9978,9	229,51	109,77	0,06	25,0	0,0	9015,28844,9	
19	1,64	55,3	2,88	6883,64	158,32	75,72	0,06	25,0	0,0	5882,47565,6	
20	1,64	60,1	3,29	2748,41	63,21	30,23	0,06	25,0	0,0	1244,34921,5	



Come sopra meglio esposto, è stato individuato un valore minimo $F_s=1.34$ nella fase di *post-scavo* su formazione rocciosa, e $F_s=1.13$ relativamente alla verifica di *post-ripristino* con materiali di scarse caratteristiche geotecniche. In entrambi i casi i valori ottenuti sono maggiori di 1.1 , valore minimo ammissibile ai sensi della vigente normativa. Tale verifica è stata eseguita con un software specifico in licenza allo scrivente.

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.

Da quanto emerso dalle indagini eseguite nell'area di cava interessata dal progetto di coltivazione e risanamento ambientale, è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- l'intera cava, alla data di stesura del presente documento, non presenta fenomeni di instabilità legati a movimenti franosi. Non risultano evidenze di formazioni di superfici di scorrimento, come neanche la presenza di nicchie o corone di distacco incipienti.
- dalle verifiche di stabilità, eseguite mediante il software "*Slope*" della *Geostru Software*, sono stati individuati un fattore di sicurezza $F_s=1.34$ nella fase ipotizzata di post-scavo, ed $F_s=1.1$ nella fase ipotizzata di post ripristino con materiale di riporto. Entrambi i valori ottenuti sono ritenuti ammissibili ai sensi della vigente normativa.

Pertanto, dall'analisi e dalla comparazione degli elementi acquisiti, considerando quindi le valutazioni geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche, si raccomanda di non apportare modifiche al progetto sopra descritto al fine di non creare difformità con le normative vigenti.

10. BIBLIOGRAFIA.

ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) *Carta Geologica d'Italia* alla scala 1:50.000, *Foglio 359, L'Aquila*.

Note Illustrative della *Carta Geologica d'Italia* alla scala 1:50.000, *Foglio 359, L'Aquila*.

S.E.L.C.A. "*Sentieri Montani della Provincia dell'Aquila*" alla scala 1:25000 e "*Note Illustrative*" a cura del C.A.I. Delegazione Regionale Abruzzese.

BE-MA editrice "*Guide Geologiche Regionali*" Abruzzo a cura della Società Geologica Italiana.

"*Carta Geomorfologica e del Dissesto dei Bacini Idrografici di rilievo Regionale*". (Foglio 359- Tavola OVEST).

Piano di tutela delle acque Regione Abruzzo. Carta Idrogeologica.

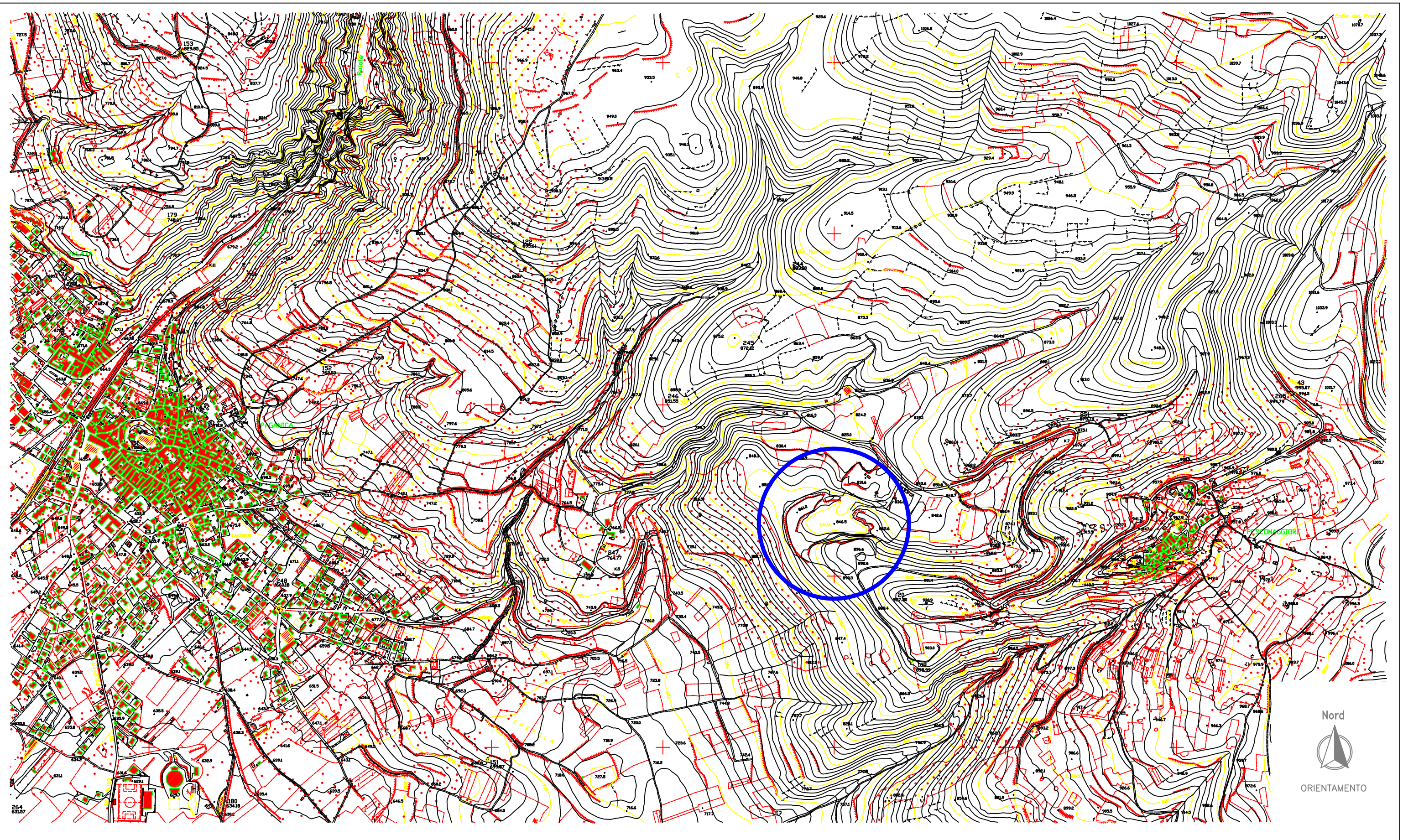
"*Autorità dei Bacini di rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Sangro*". (Foglio 359- Tavola OVEST).

D.M. 14 gennaio 2008: Nuove Norme Tecniche per le costruzioni.

ALLEGATI

Corografia generale

Planimetria ubicativa delle indagini in sito



Corografia generale dell'area d'indagine. Stralcio non in scala da C.T.R. 359.022 e 359.033

Planimetria a fine ripristino Scala 1:1.000

COMUNE DI PAGANICA – Foglio 22
COMUNE DI CAMARDA – Foglio 84



Geom. Marcello ACCIL
Via Colle Vernesco - S.Elia
67100 L'AQUILA
Tel-Fax 0862/764439

Comune di l'Aquila
Frazione Paganica

**PROGETTO per l'ampliamento di
una cava in località "La Forma"
con il risanamento ambientale
definitivo dei luoghi**

data
ZUGARO Guido & C. S.r.l.

data
L'Aquila, lì 25.10.2016

3


PROGETTO DI VARIANTE

il progettista

LEGENDA

- - - - - catastale
- - - - - Limite terreni disponibili
- - - - - Limite progetto approvato
- - - - - curve di livello equidistanza 5 m
- - - - - curve di livello equidistanza 1 m
- + Sn ubicazione sondaggi

LEGENDA

- catastale
- - - - - Limite terreni disponibili
- _____ Limite progetto approvato
- _____ curve di livello equidistanza 5 m
- _____ curve di livello equidistanza 1 m
-  Sn ubicazione sondaggi

Il presente documento si compone di n.43 facciate totali.

