

COMUNE DI GALATINA

Provincia di Lecce

spazio riservato all'ufficio

PROGETTO DI AMPLIAMENTO E RECUPERO AMBIENTALE CAVA DI CALCARE E DOLOMIA "SAN GIOVANNI"

Proprietà: "MINERMIX"

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA
E GEOTECNICA

TAVOLA:

E1

SCALA:

COMMITTENTE:

DATA:

MINERMIX S.r.l.
C.da Materano, 3/a
Fasano (Brindisi)

GENNAIO 2021

I PROGETTISTI:

IL COMMITTENTE:

ing. P. MATTEO
Albo Ingg. Lecce n. 658

ing. V. CONGEDO
Albo Ingg. Lecce n. 3366

geol. F. MACRI'
Ord. Geol. Reg. Puglia n. 237

agr. A. GIACCARI
Ord. Agr. Lecce n. 371



Via Aradeo n.11 - 73020 - Cutrofiano (Le)
Tel.Fax 0836/515323
www.ingegnostudiotecnico.com

IL PRESENTE DISEGNO E' DI PROPRIETA' DELLO STUDIO DI PROGETTAZIONE E SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLO STESSO NON POTRA' ESSERE UTILIZZATO PER COSTRUIRE L'OGGETTO RAPPRESENTATO NE' COMUNICATO A TERZI O COMUNQUE RIPRODOTTO. LO STUDIO TUTELERA' I PROPRI DIRITTI NEI TERMINI DI LEGGE.

Indice

1. PREMESSA	1
2. CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICO-STRUTTURALI	4
3. CARATTERI LITO-STRATIGRAFICI.....	7
3.1 "CALCARE DI ALTAMURA" (CRETACEO SUP.).....	7
3.2 "PIETRA LECCESE" (MIOCENE)	10
3.1 "CALCARENITE DI GRAVINA" (PLIOCENE(?)-PLEISTOCENE INF.).....	10
4. CONDIZIONI MORFOLOGICHE DI DETTAGLIO	13
5. INDAGINI GIACIMENTOLOGICHE.....	15
6. PROPRIETA' GEOTECNICHE E STABILITÀ DELLE SCARPATE	18
6.1 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE ED ASSETTO STRUTTURALE DELLE PARETI DI CAVA	18
6.2 CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO	22
6.2.1 <i>Analisi meccaniche in sito</i>	22
6.2.2 <i>Classificazione dell'ammasso roccioso: Indici RMR e GSI</i>	26
6.3 PARAMETRI DI RESISTENZA DELL'AMMASSO ROCCIOSO E ANALISI DI STABILITÀ.....	31
7. SISMICITÀ DELL'AREA	37
8. CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE.....	42
8.1 RETICOLO IDROGRAFICO	42
8.2 ACQUE SOTTERRANEE	42
8.3 VALORE DEL COEFFICIENTE DI CONDUCIBILITÀ IDRAULICA (K).....	46
8.3.1 <i>Generalità</i>	46
8.3.2 <i>Prove di permeabilità</i>	46
8.4 VULNERABILITÀ DELLA FALDA	50
8.4.1 <i>Definizione del franco di sicurezza</i>	50
8.4.2 <i>Valutazione del tempo di percolazione delle acque meteoriche</i>	50
8.5 PIANO DI BACINO DELLA PUGLIA, STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....	52
8.6 PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE	54

Allegato 1 – cassette catalogatrici dei sondaggi geognostici

Allegato 2 – certificati prove di permeabilità Lefranc

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta per conto della società “*MINERMIX S.r.l.*”, con sede in Fasano (BR) C.da Materano 3/A in relazione al *PROGETTO DI AMPLIAMENTO E RECUPERO AMBIENTALE CAVA DI CALCARE "SAN GIOVANNI"* in agro di Galatina (LE).

La società *MINERMIX S.r.l.* svolge già attività estrattiva di roccia calcareo-dolomitica per la successiva realizzazione di prodotti premiscelati a base di calce.

Tale attività estrattiva si realizza nella propria cava sita in agro di Galatina in loc. “San Giovanni” (*Foto 1.1-1.2*) in virtù di Determinazione Dirigenziale n. 97 del 07/07/2009 e successiva Determinazione Dirigenziale n. 325 del 14/09/2015.

L’area oggetto di coltivazione mineraria è di proprietà della società e ricade nel Foglio di mappa n° 4 p.la 25 parte per un’estensione complessiva di ha 7.11.36 mentre l’estensione dei terreni interessati direttamente dall’attività estrattiva è pari a ha 4.68.93.

Il progetto di ampliamento proposto riguarda aree adiacenti a quella già autorizzata per una superficie complessiva (comprendenti le pertinenze di cava) pari a circa ha 23.65.47.

La definizione dell’area in ampliamento è scaturita solo a seguito di un’accurata campagna di indagini giacimentologiche attraverso la realizzazione di n. 11 perforazioni di sondaggio distribuite nell’intera area di proprietà. Infatti, le necessità aziendali della ditta *MINERMIX S.r.l.*, stante la tipologia dei materiali finiti prodotti, impongono la coltivazione di varietà calcareo-dolomitiche interessate da particolari contenuti minimi in magnesio.

Nella presente relazione vengono inizialmente presi in esame gli aspetti geologico-morfologici generali e di dettaglio dell’area indagata, sulla base del rilevamento effettuato e dei dati desunti dalla bibliografia geologica.

Sono stati poi ricostruiti sia i caratteri dell’idrografia superficiale dell’area che quelli relativi alla circolazione idrica sotterranea. Una volta definita la natura litologica delle rocce affioranti ed alla luce dello studio geologico-strutturale condotto, sono stati assunti i dati rappresentativi delle proprietà tecniche dei litotipi presenti nell’area in esame e si è infine valutata la stabilità e la potenziale altezza critica delle pareti di scavo.

I dati acquisiti hanno consentito, infine, di definire le caratteristiche generali e di dettaglio del sito progettuale e la redazione dei seguenti allegati cartografici:

- *Tav. G1 - Carta geologica* (scala 1:5.000);
- *Tav. G2 - Carta geomorfologica* (scala 1:5.000);
- *Tav. G3 - Sezione idrogeologica* (scala orizz. 1:5.000; scala vert. 1:500);
- *Tav. G4 - Carta idrogeologica* (scala 1:5.000).



Foto 1.1, 1.2 – Panoramiche di cava “San Giovanni” attualmente in coltivazione.

2. CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICO-STRUTTURALI

L'area di cava in esame è ubicata circa 7 km a nord-ovest del centro urbano di Galatina (*Fig. 1*) ed occupa una zona con andamento leggermente mosso le cui quote oscillano attorno a 50÷52 metri s.l.m..

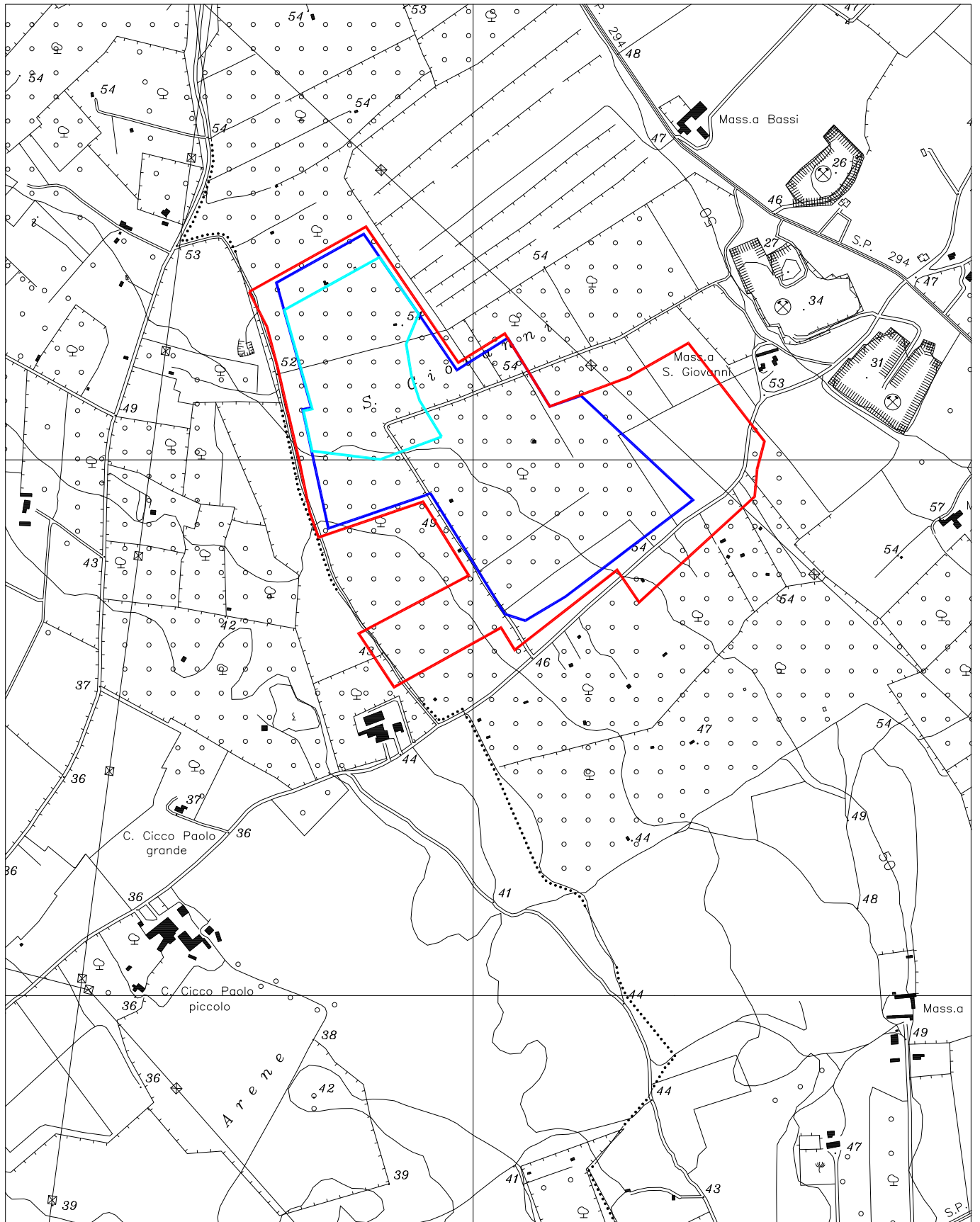
Nella Carta d'Italia dell'I.G.M. in scala 1:25.000 ricade parte nella Tavoletta "Nardò" IV Quadrante SO del Foglio n° 214 e parte nella Tavoletta "Galatina" IV Quadrante SE Foglio n° 214 (*Fig. 2*).

Essa risulta posta nelle vicinanze di un contesto estrattivo finalizzato alla coltivazione di materiali calcarenitici per la produzione di pietra da taglio e di tufina (*Foto 2.1*).

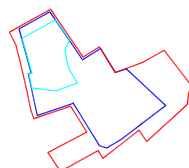
Dal punto di vista geologico la zona in esame risulta caratterizzata dalla presenza di un substrato calcareo-dolomitico mesozoico (*Piattaforma carbonatica apula*, segnatamente "Calcarea di Altamura") localmente ricoperto, in trasgressione, da sedimenti calcarenitici riferibili al Miocene ("Pietra Leccese") e al Plio-Pleistocene ("Calcarenite di Gravina"). In particolare, in corrispondenza dell'area di cava "San Giovanni" affiorano esclusivamente i termini calcareo-dolomitici ascrivibili al Cretaceo (cfr. *Tav. GI*).

Alla luce della ricostruzione dell'evoluzione paleogeografica dell'area in esame emerge che la sedimentazione carbonatica mesozoica si interruppe alla fine del Cretaceo allorquando un'importante fase deformativa provocò il sollevamento e l'emersione dal mare della *piattaforma carbonatica apula*. Durante il lungo periodo di continentalità che seguì, il basamento carbonatico mesozoico fu interessato da fenomeni tettonici disgiuntivi (sistemi coniugati di faglie dirette) che lo dislocarono originando una struttura ad "*horst*" (alti strutturali) e "*graben*" (depressioni). A partire dal Miocene le aree corrispondenti ai graben tettonici, fino ad allora emerse, iniziarono ad abbassarsi lentamente dando origine a trasgressioni marine che si susseguirono a più riprese nel tempo e che condussero alla deposizione di sedimenti calcarenitici e sabbioso-calcarenitici.

All'attuale configurazione dell'area hanno contribuito, inoltre, anche ulteriori fasi tettoniche protrattesi nel tardo Miocene e durante il Pleistocene che hanno ulteriormente ribassato sia le unità cretacee che quelle mioceniche, nonché i segni di una tettonica duttile che si evidenzia in una serie di blandi piegamenti anticlinali e sinclinali ad ampio raggio.

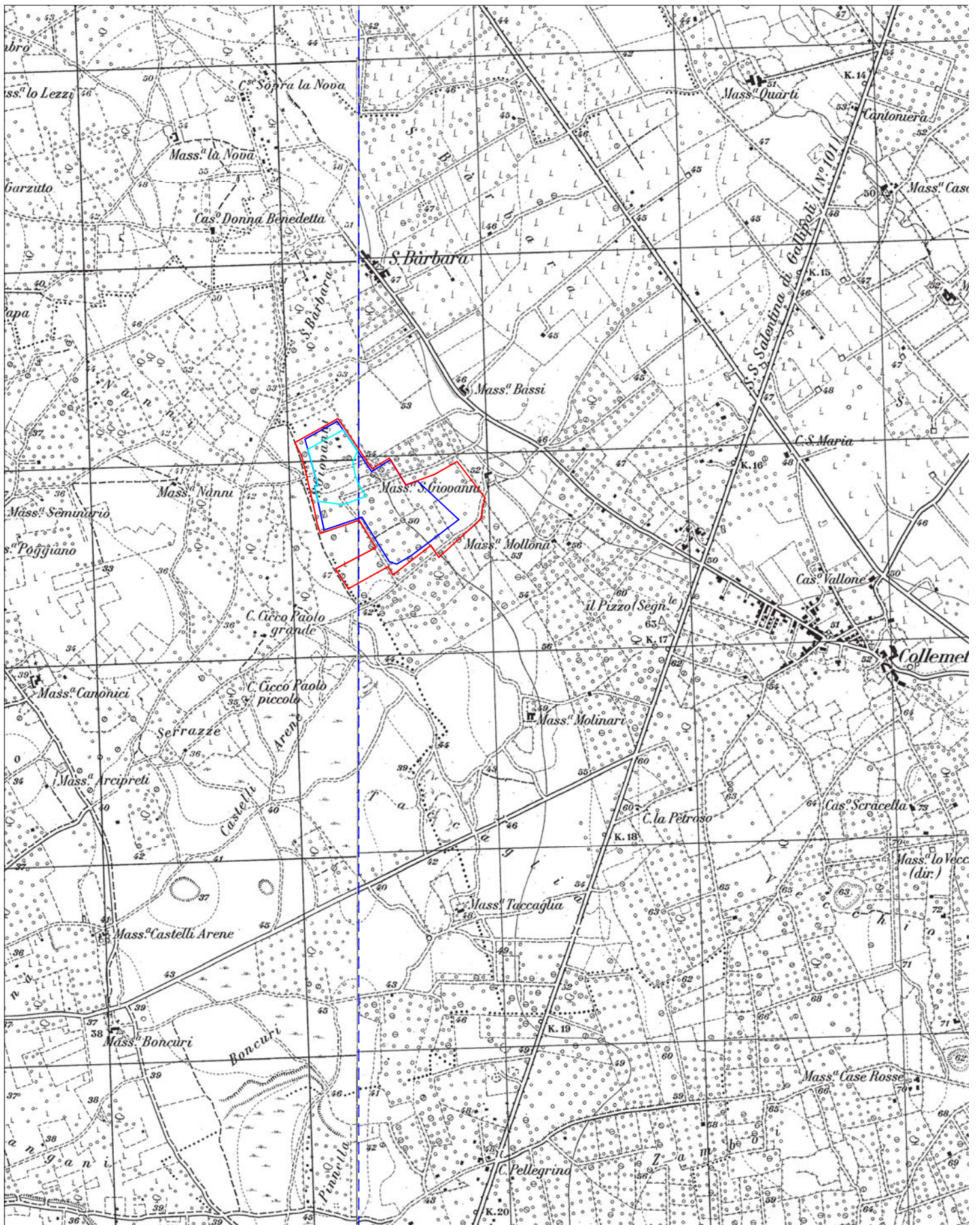


scala 1: 10.000



- cava autorizzata e attiva
- limite dell'ampliamento
- pertinenza di cava in ampliamento

Fig. 1 - Ubicazione di cava "San Giovanni".



Tavoletta "Nardò" IV Quadrante SO Foglio n° 214

Rapp. 1:25000

e

Tavoletta "Galatina" IV Quadrante SE Foglio n° 214

Fig. 2 - Corografia I.G.M.

Notevole importanza hanno rivestito, infine, le oscillazioni del livello del mare nella seconda metà del Quaternario per motivi glacio-eustatici: circa 21.000 anni fa, in concomitanza con la glaciazione würm, il livello del mare si portò a circa 120 metri al di sotto dell'attuale linea di costa; successivamente, ricominciò a risalire, a seguito della trasgressione flandriana, tuttora in corso.

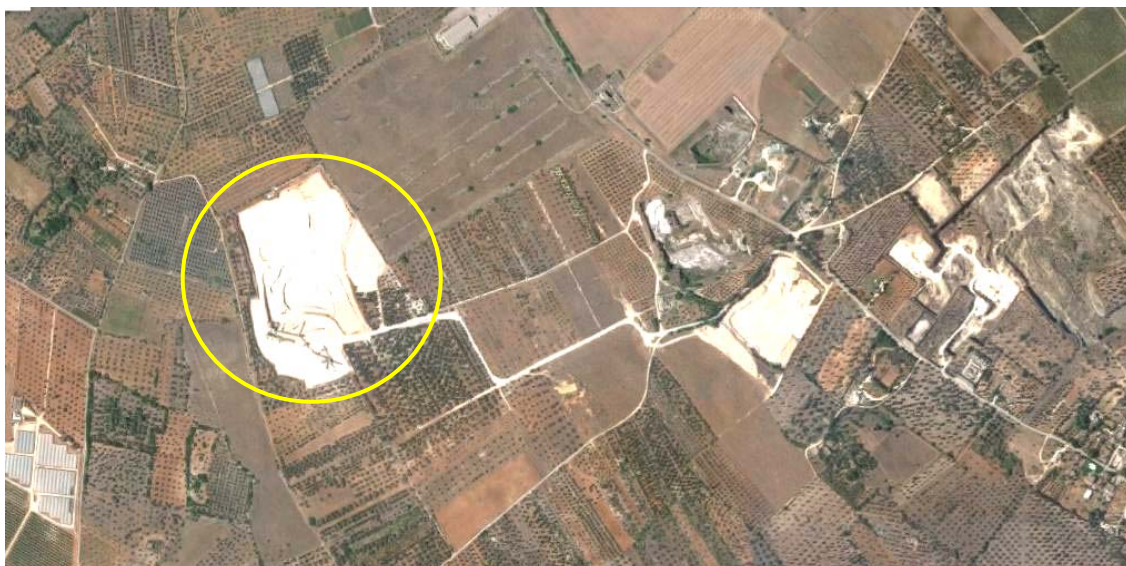


Foto 2.1 – L'area di cava in esercizio è inserita nelle vicinanze di un distretto estrattivo per la coltivazione di litotipi calcarenitici per la produzione di pietra da taglio e di tufina.

3. CARATTERI LITO-STRATIGRAFICI

Alla luce del rilevamento geologico di superficie appositamente condotto e considerando i dati del sottosuolo acquisiti mediante le stratigrafie di pozzi emungenti, è possibile ricostruire come segue la successione dei terreni presenti nell'area di specifico interesse (cfr. *Tav. G1 - Carta geologica*).

- “*Calcarea di Altamura*” – Cretaceo superiore;
- “*Pietra Leccese*” – Miocene;
- “*Calcarenite di Gravina*” – Pliocene(?)-Pleistocene inf.;

3.1 “*Calcarea di Altamura*” (Cretaceo sup.)

Tale formazione, cronologicamente riferibile al Cretaceo sup., è l'unità lito-stratigrafica più antica di quelle costituenti il basamento carbonatico mesozoico pugliese: essa affiora nella cava d'interesse.

Come bene si evidenzia dalle esposizioni delle pareti di cava (cfr. *Foto 3.1-3.2*) si tratta di una successione di calcari microcristallini, a grana fine, molto compatti e tenaci, di colore bianco-grigiastro, con locali intercalazioni di calcari dolomitici di colore grigio scuro. Possono essere localmente presenti, a varie altezze stratigrafiche, orizzonti bioclastici porosi, di colore biancastro, con abbondanti frammenti di Rudiste.

La stratificazione è molto evidente, con strati di spessore sottile (generalmente inferiori a 10 cm), spesso laminati; più raramente si rinvencono strati medi e spessi.

Le esposizioni delle pareti di cava evidenziano il fatto che la successione calcarea assume un assetto sostanzialmente monoclinale con immersione degli strati a SW e S/SW e con pendenze modeste, attorno a 5°-10°.

Lo stato di fratturazione e di alterazione delle masse rocciose calcaree nell'area di specifico interesse risulta alquanto evidente solo nella parte alta della successione, mentre diminuisce con la profondità, ed infatti la roccia è molto compatta. Anche i fenomeni carsici sono poco sviluppati.

I termini calcarei appaiono costituiti prevalentemente da particelle di calcite

microcristallina (“micrite”) di norma associata a resti di gusci ed esoscheletri calcarei di microorganismi planctonici e bentonici: il tutto è cementato da quantità variabili di calcite spatica (“sparite”).

La “micrite”, che rappresenta la matrice del sedimento e che risulta frammista ai clasti carbonatici di origine detritico-organogena (intraclasti, bioclasti, pellets, ecc.) si è accumulata per via meccanica contemporaneamente ai clasti stessi; la “sparite”, viceversa, rappresenta il cemento precipitato per via chimica successivamente al deposito del sedimento ad opera delle acque sovrassature in bicarbonato di calcio circolanti tra i vuoti presenti.

I termini calcareo-dolomitici sono invece costituiti, unitamente a frazioni residue di elementi calcitici, da percentuali variabili di cristalli di dolomite. La percentuale di dolomite presente nella roccia è funzione del grado di dolomitizzazione subito dalla roccia stessa. I processi di dolomitizzazione delle formazioni calcaree mesozoiche salentine sono avvenuti, secondo vari autori, in una fase immediatamente successiva alla sedimentazione, per migrazione, attraverso i sedimenti calcarei, di acque ipersaline ad elevato rapporto Mg/Ca.

Gli elementi ed i granuli a composizione carbonatica (costituiti cioè da calcite o dolomite) rappresentano, nei calcari mesozoici salentini, di norma oltre il 98% del totale: il residuo insolubile, costituito in prevalenza da piccoli granuli di quarzo e altri silicati (feldspati, pirosseni, minerali pesanti, ecc.), da minerali argillosi e da idrossidi di ferro e alluminio, risulta quasi sempre molto basso, generalmente inferiore all'1%.

Per quanto riguarda la genesi sedimentaria, la composizione e la struttura dei sedimenti costituenti i calcari mesozoici salentini indicano un ambiente deposizionale di piattaforma, caratterizzato da un mare poco profondo (ambiente neritico) dominato da processi di sedimentazione di tipo carbonatico.

Tale unità stratigrafica si continua nel sottosuolo per uno spessore complessivo dell'ordine dei 6.000 metri, come rilevabile dalla stratigrafia del pozzo profondo “Ugento 1”.

Sulla base del contenuto microfaunistico, la formazione è ascrivibile al Cenomaniano (Cretaceo superiore).



Foto 3.1-3.2 - In cava sono presenti rocce calcareo-dolomitiche di colore bianco-grigiastro, a frattura scheggiata, in strati medi e spessi, con locali intercalazioni di calcari dolomitici di colore grigio scuro (“Calcare di Altamura”).

3.2 “PIETRA LECCESE” (MIOCENE)

Sulle rocce del basamento mesozoico poggiano i depositi miocenici costituenti la formazione della “*Pietra Leccese*”, unità inquadrata in un intervallo cronostratigrafico che va dal Burdigaliano sup. al Messiniano inf. (R. Mazzei, 1994).

Tale formazione affiora a breve distanza ovest dal sito di specifico interesse (cfr. *Tav. GI*). Il contatto con i sottostanti calcari mesozoici, di tipo marcatamente trasgressivo, è generalmente evidenziato dalla presenza di un orizzonte conglomeratico e/o da un livello di “terra rossa”. Il tipo litologico dominante è rappresentato da calcareniti organogene a grana fine, più o meno marnose, di colore bianco-giallino o avana. La stratificazione è di norma indistinta oppure si individuano grossi banchi (1÷3 metri) e le giaciture risultano sub-orizzontali, con inclinazioni di norma comprese tra 5° e 10° ed immersioni piuttosto variabili. Verso l'alto è presente un livello caratterizzato da una colorazione grigio-verdastra data l'elevata presenza di granuli di glauconite. Detto livello, generalmente ricchissimo di macrofossili (pecten, chlamis, denti di squalo, ecc.) è noto con il termine di *piromafo*. Il livello basale della formazione è costituito, viceversa, da depositi di ambiente oligoalino costituiti da un primo orizzonte di argille grigio-azzurre ad Ostracodi cui segue una fitta alternanza di calcari bioclastici tenaci e compatti, di sabbie e limi sabbiosi fogliettati, di calcari marnosi, di lignite e di limi argillosi giallorosati. E' presente, inoltre, un diffuso sistema di fessurazione, caratterizzato da grosse fessure sub-vertivali, spesso beanti, riempite di terra rossa ed orientate in prevalenza secondo direzioni NNW-SSE e NW-SE. I depositi della “*Pietra Leccese*” si sono originati nel corso di un'importante ingressione marina che interessò, durante quasi tutto il Miocene, gran parte della Penisola Salentina (soprattutto il settore orientale), dando origine, a causa della morfologia accidentata del substrato, a numerosi bacini chiusi, di forma, estensione e batimetria piuttosto variabili, ma sostanzialmente tutti caratterizzati da una sedimentazione prevalentemente di tipo carbonatico.

3.1 “*Calcarenite di Gravina*” (*Pliocene(?)*-*Pleistocene inf.*)

Tale formazione affiora estesamente ad est dell'area in esame essendo questa una zona depressa interposta tra gli alti strutturali mesozoici.

La formazione è posta in trasgressione sulle rocce del basamento mesozoico, ed è rappresentata da una successione di biocalcareniti a grana medio-grossolana, di colore

bianco-giallastro o rossastro per alterazione (generalmente nei livelli sommitali), piuttosto porose, con grado di cementazione variabile, contenenti locali intercalazioni di orizzonti fossiliferi caratterizzati dalla presenza di abbondanti resti di *Ostree* (Foto 3.3). Il contenuto in macrofossili è molto abbondante ed è costituito soprattutto da lamellibranchi ed echinidi. Talora sono presenti anche orizzonti calciruditici composti quasi esclusivamente da concentrazioni di gusci di lamellibranchi interi o in frammenti (“panchina”). I granuli costituenti la roccia sono quasi interamente costituiti da frammenti di micro e macrofossili, cementati tra loro da quantità variabili di calcite spatica (“sparite”): la composizione mineralogica dei granuli è quasi esclusivamente carbonatica, con il carbonato di calcio che costituisce generalmente oltre il 95% del totale. Il residuo insolubile, di norma molto scarso, è generalmente inferiore al 2%. Normalmente la formazione di presenta mal stratificata o con struttura massiva; in corrispondenza del sito di interesse essa assume un assetto monoclinale con immersione verso NW ed inclinazione attorno a 15°. La formazione si è deposta in un ambiente di piana costiera, da circalitorale a infralitorale profondo.

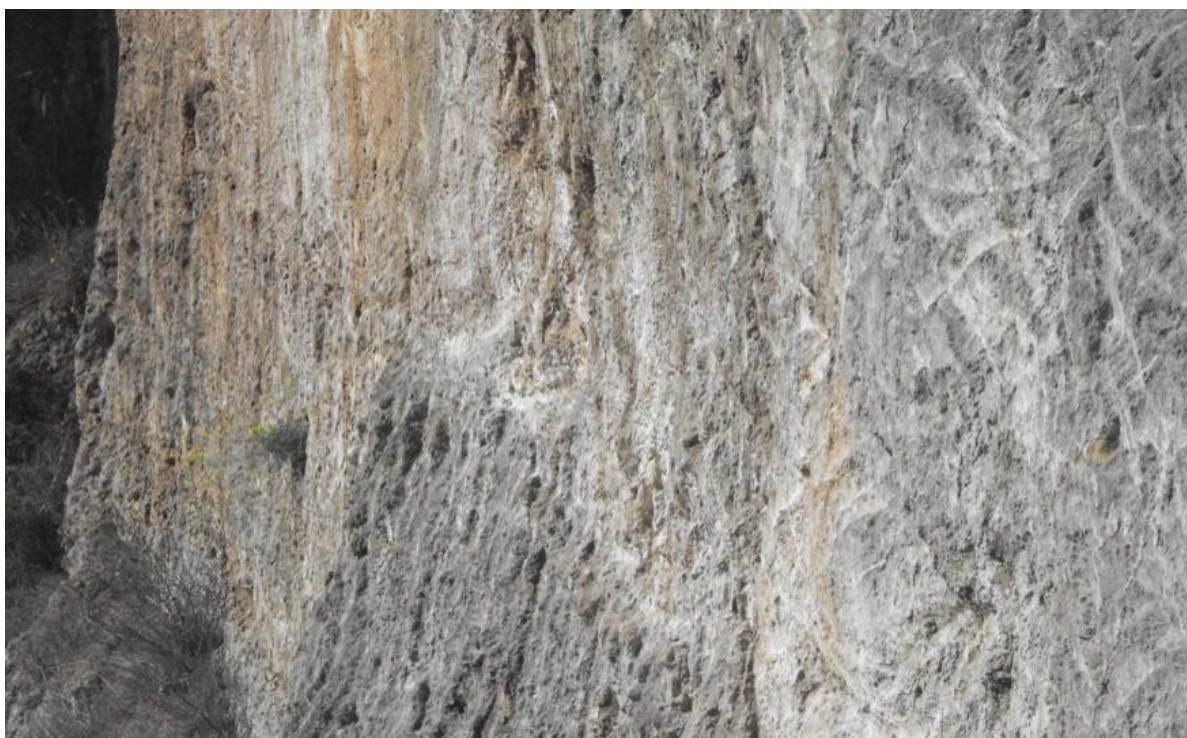


Foto 3.3 - Si tratta di biocalcareni a grana medio-grossolana, di colore bianco-giallastro o rossastro per alterazione, piuttosto porose, con grado di cementazione variabile, contenenti locali intercalazioni di orizzonti fossiliferi caratterizzati dalla presenza di abbondanti resti di *Ostree*.

Sono numerose le depressioni di cava, in parte attive altre esaurite, presenti nelle vicinanze del sito (*Foto 3.4*).



Foto 3.4 - Vecchia cava di calcarenite (“Calcarenite di Gravina”) presente nelle vicinanze di cava “San Giovanni”.

4. CONDIZIONI MORFOLOGICHE DI DETTAGLIO

Il rilevamento geomorfologico eseguito nell'area di raggio di circa 1 km attorno a cava "San Giovanni" ha consentito di redigere la *Tav. G2 – Carta geomorfologica* in scala 1:5.000 in cui sono riportati gli elementi morfologici caratterizzanti l'area oggetto di studio.

Come indicato in precedenza, la morfologia dell'area in esame è il risultato di una tettonica di tipo distensivo (sistemi coniugati di faglie dirette) che interessò il substrato carbonatico mesozoico (*piattaforma carbonatica apula*) alla fine del Cretaceo dislocandolo in una struttura ad "horst" (alti strutturali) e "graben" (depressioni tettoniche).

Cava San Giovanni è ubicata proprio in corrispondenza di un *horst*, allungato in direzione NW-SE, che si sviluppa partendo da Copertino per correre sino a Galatina. Le quote altimetriche di tale alto strutturale si pongono attorno a 52-53 metri s.l.m..

Immediatamente ad est di tale *horst* segue un'area depressa, corrispondente ad un *graben*, in cui il basamento carbonatico risulta sprofondato alcune decine di metri ad opera della tettonica distensiva. Tale area è stata successivamente parzialmente colmata dai depositi calcarenitici plio-pleistocenici, qui interessati da una fiorente attività estrattiva.

In corrispondenza del margine orientale dell'horst calcareo è ben evidente la scarpata, e il relativo ciglio (*Foto 4.1-4.2*), che lo raccorda all'area relativamente depressa le cui quote si attestano attorno a 47-48 metri s.l.m..

Discretamente sviluppato è il fenomeno carsico qui rappresentato da n° 2 doline poste circa 250 metri a sud-ovest dal limite meridionale dell'area di cava (cfr. *Tav. G2 – Carta geomorfologica*).



Foto 4.1, 4.2 - La scarpata, con relativo ciglio, raccordante l'horst calcareo su cui si sviluppa cava San Giovanni con l'adiacente piana in cui sono attestate le cave di calcarenite.

5. INDAGINI GIACIMENTOLOGICHE

Come indicato in premessa, stante la tipologia dei materiali finiti prodotti dalla ditta *MINERMIX S.r.l.* la stessa ha programmato una campagna di indagini giacimentologiche distribuite sull'area di proprietà al fine di individuare e delimitare l'area di ampliamento della cava.

Infatti, le necessità aziendali impongono la coltivazione esclusiva di varietà calcareo-dolomitiche interessate da particolari contenuti minimi in magnesio.

In tal senso, sono stati eseguiti n. 11 sondaggi geognostici (*Foto 5.1÷5.6*) la cui ubicazione è riportata in *Fig. 5.1*.

I sondaggi, le cui coordinate GPS sono indicate in *Tab. 5.1*, sono stati eseguiti con tecnica a rotazione con carotaggio continuo ($\varnothing = 101$ mm), sono stati identificati con le numerazioni da S1 ad S11 ed hanno raggiunto normalmente la profondità di 30 metri. Fanno eccezione il sondaggio S9 terminato alla profondità di 22 metri ed il sondaggio S4 approfondito sino a m 35. I sondaggi S1 ed S2, infine, sono stati realizzati sino a profondità di 15 e 22 metri in quanto realizzati in un'area già sottoposta (area di cava).

N.	POSIZIONE	QUOTA SLM (m)	PROFONDITA' DI CAROTTAGGIO (m) DAL PIANO DI CAMPAGNA
S1	40°12'53"N 18°04'32"E	32,75	15
S2	40°12'59"N 18°04'36"E	38,30	22
S3	40°12'45"N 18°04'44"E	47,70	30
S4	40°12'45"N 18°04'54"E	52,10	35
S5	40°12'53"N 18°04'49"E	54	30
S6	40°12'49"N 18°04'45"E	50	30
S7	40°12'55"N 18°04'59"E	52	30
S8	40°12'49"N 18°05'02"E	50	30
S9	40°12'44"N 18°04'57"E	51	22
S10	40°12'42"N 18°04'43"E	46	30
S11	40°12'39"N 18°04'37"E	42	30

Tab. 5.1 – Individuazione delle coordinate GPS dei sondaggi geognostici.



Fig. 5.1– Ubicazione su ortofoto dei sondaggi geognostici.

Tutti i sondaggi geognostici hanno attraversato esclusivamente litotipi calcareo-dolomitici ascrivibili alla formazione geologica del “*Calcere di Altamura*” (Cretraceo superiore), irregolarmente fratturati e/o carsificati come si deduce dalle carote estratte e collocate nelle relative cassette catalogatrici (cfr. *Allegato 1*).

Nel corso di esecuzione di detti carotaggi sono state eseguite prove di permeabilità (cfr. *par. 8.1.2*).



Foto 5.1÷5.6 - Fasi di esecuzione dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

6. PROPRIETA' GEOTECNICHE E STABILITÀ DELLE SCARPATE

6.1 *Caratteristiche litologiche ed assetto strutturale delle pareti di cava*

I rilievi condotti nella cava evidenziano l'esclusiva presenza, lungo le pareti, di rocce calcareo-dolomitiche facenti parte del basamento carbonatico mesozoico (cfr. *Foto 1.1-1.2*).

Osservando le pareti in esame si rileva in maniera oggettiva che:

- è presente un'alternanza di calcari dolomitici e di dolomie aventi un assetto massivo, ovvero si presentano in strati spessi (50÷100 cm) ed in banchi (1÷3 metri), *Foto 6.1-6.2*;
- la giacitura degli strati è “sub-orizzontale” (*Foto 6.3*), quindi non a “franapoggio” (immersione nel verso del pendio), il che significa che l'assetto giaciturale della roccia calcarea lungo le pareti della cava contribuisce, di per sé, a generare condizioni di stabilità;
- non si individuano famiglie di giunti di fratturazione a grande scala (metri o decine di metri), pertanto non si possano isolare porzioni di roccia o cunei instabili o prossimi al crollo. Sono presenti unicamente fessure a piccola scala (decine di cm) che, al limite possono provocare il distacco di frammenti di roccia di dimensioni decimetriche o pluri-decimetriche: in tal senso, come avviene in tutte le cave di roccia calcarea, sulle pareti di cava si effettua ordinariamente il cosiddetto “disgaggio”, ovvero la pulizia della parete, con la rimozione degli spuntoni isolati e pericolanti;
- le scarpate non sono verticali, ma inclinate attorno agli 80°, il che aumenta ancora di più la stabilità dell'insieme (*Foto 6.4*);



Foto 6.1, 6.2 - Le pareti di cava sono costituite da alternanze di calcari dolomitici e dolomie con struttura massiva e assetto tabulare.



Foto 6.3 - Si nota come la giacitura degli strati sia “sub-orizzontale”, quindi non a “franapoggio” (potenzialmente in grado di generare frane per scivolamento), il che significa che l’assetto giaciturale della roccia calcarea lungo le pareti della cava contribuisce, di per sé, a generare condizioni di stabilità. Non si individuano famiglie di giunti di fratturazione a grande scala (metri o decine di metri) che possano isolare porzioni di roccia o cunei instabili o prossimi al crollo. Sono presenti unicamente fessure a piccola scala (decine di cm) che, al limite possono provocare il distacco di frammenti di roccia di dimensioni decimetriche o pluridecimetriche.



Foto 6.4 - Si nota come la scarpata non sia verticale, ma inclinata attorno agli 80° , il che aumenta ancora di più la stabilità dell'insieme. L'ammasso roccioso si presenta con giacitura sub-orizzontale, quindi stabile, e privo di giunti di fessurazione significativi.

6.2 Classificazione dell'ammasso roccioso

6.2.1 Analisi meccaniche in situ

Al fine di risalire al valore della resistenza a compressione uniassiale della matrice rocciosa costituente le pareti della cava di calcare in esame, sono state condotte prove non distruttive di durezza superficiale mediante *sclerometro* noto anche come *Schmidt Hammer*. In particolare, è stato utilizzato il *GeoHammer*, sclerometro meccanico per roccia, prodotto dalla ditta DRC Italia (*Foto 6.5*).



Foto 6.5 – Il GeoHammer utilizzato per le misure di durezza superficiale.

Le indagini sclerometriche sono prove non distruttive eseguite in situ allo scopo di stimare la resistenza meccanica superficiale delle rocce. Lo sclerometro è uno strumento costituito da un'asta che viene premuta, fino all'arresto, contro la superficie da esaminare liscia e priva di materiali di finitura; in questo modo si carica una molla che, nel momento in cui l'asta è completamente all'interno dello strumento, sgancia una massa che colpisce la superficie. Tale massa, rimbalzando, segna il valore del punto massimo di ritorno in termini di durezza superficiale. Mediante opportune curve che correlano l'indice di battitura con valori di resistenza meccanica determinati sperimentalmente (*Fig. 6.1*) si risale, in base alla durezza misurata, al valore

corrispondente della resistenza a compressione monoassiale della roccia.

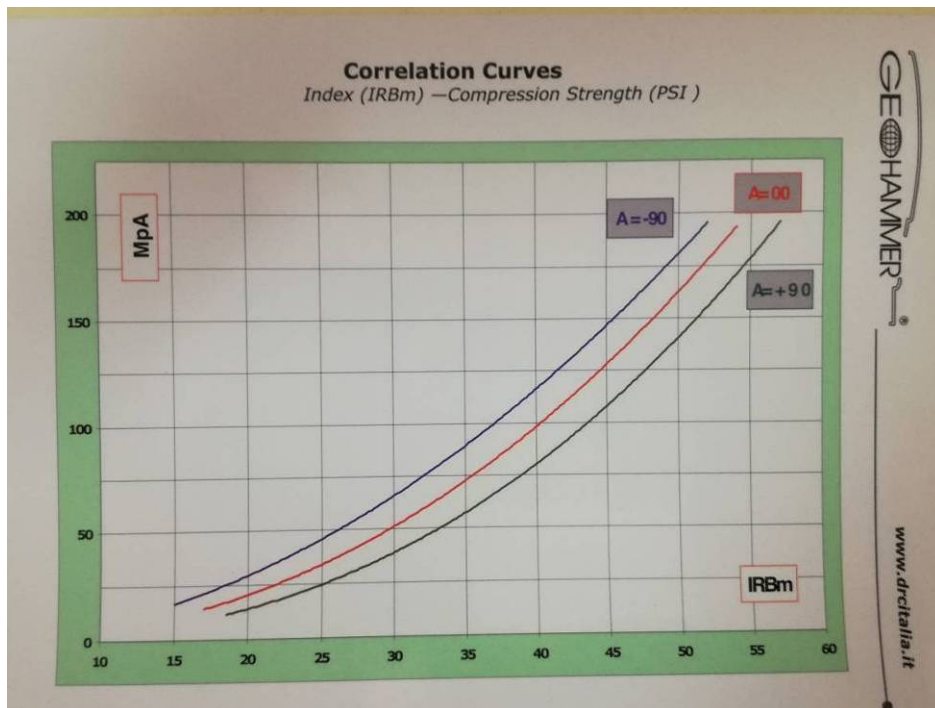


Fig 6.1 – Le curve di correlazione tra indice di rimbalzo e resistenza a compressione monoassiale.



Foto 6.6 – Esecuzione delle misure con il GeoHammer sulla parete nord di cava.



Foto 6.7 – come foto precedente.

Sono state eseguite n° 20 “battute” su diversi punti delle pareti di cava e a diverse altezze stratigrafiche (*Foto 6.6-6.7*) ottenendo i relativi valori dell’indice sclerometrico. Si riporta di seguito la tabella con i risultati delle indagini.

Battute	Litotipo	Indice sclerometrico	Resistenza a compressione (MPa)
1	dolomia	58	190
2	calcare dolomitico	32	60
3	dolomia	52	170
4	dolomia	60	190
5	dolomia	56	190
6	dolomia	48	150
7	dolomia	56	190
8	calcare	54	190
9	dolomia	64	190
10	calcare dolomitico	46	115

11	calcare dolomitico	44	125
12	dolomia	54	190
13	calcare dolomitico	42	110
14	dolomia	52	170
15	dolomia	58	190
16	calcare dolomitico	46	115
17	dolomia	54	190
18	dolomia	58	190
19	dolomia	58	190
20	dolomia	62	190
MEDIA		52.7	164

L'indice sclerometrico caratteristico della successione (52.7) è stato calcolato come media degli indici di rimbalzo rilevati nelle suddette battute. Complessivamente, i litotipi costituenti le pareti di cava rientrano tra le rocce dotate di “*resistenza alta*” (secondo la classificazione ISRM, Deere & Miller).

Descrizione	Resistenza a compressione monoassiale R_c (kg/cm ²)	R_c (MPa)
Molto bassa	< 254	<25
Bassa	254-510	25-50
Media	510-1020	50-100
Alta	1020-2039	100-200
Molto alta	>2039	>200

6.2.2 Classificazione dell'ammasso roccioso: Indici RMR e GSI

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

Infatti, a differenza di una terra, la cui assimilazione ad un mezzo omogeneo ed isotropo non è una forzatura tale da condizionarne il risultato, la resistenza di una roccia lapidea dipende solo in minima parte dalle sue caratteristiche intrinseche (densità apparente, coesione, attrito, resistenza a compressione monoassiale) quanto dalle condizioni geologico-strutturali dell'ammasso roccioso nel suo complesso in quanto è legata alla presenza di discontinuità sedimentologiche (variazioni del grado di cementazione), stratigrafiche (giunti di stratificazione), strutturali (piani di fatturazione, faglie, ecc.), nonché dall'incidenza di fattori quali lo stato di alterazione ed il grado di carsificazione. Quest'ultimo aspetto risulta di primaria rilevanza in tutte le rocce lapidee affioranti nella nostra regione essendo esclusivamente rocce di composizione carbonatica le quali sono andate incontro per lunghi periodi di tempo a fenomeni di dissoluzione carsica (calcari) e paracarsica (calcareniti). Per tale motivo risulta necessario determinare le condizioni qualitative globali dell'ammasso roccioso presente lungo una parete, così da ricavare i parametri di resistenza reali che ne condizioneranno la stabilità.

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

La classificazione di **Bieniawski** (1973), nota come classificazione **RMR** (acronimo di *Rock Mass Rating*), tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della

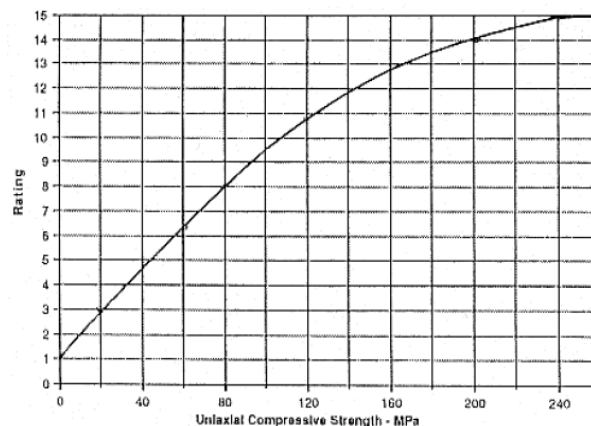
roccia e dell'ammasso roccioso e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema affrontato (gallerie, versanti o fondazioni). I parametri sono:

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

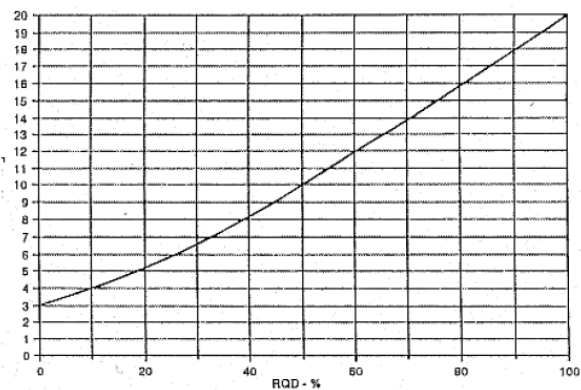
Ad ogni parametro è associata una scala di valori parziali la cui somma algebrica fornisce il valore dell'indice complessivo dell'ammasso roccioso (denominato RMR), ovvero:

$$\mathbf{RMR = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + Ic}$$

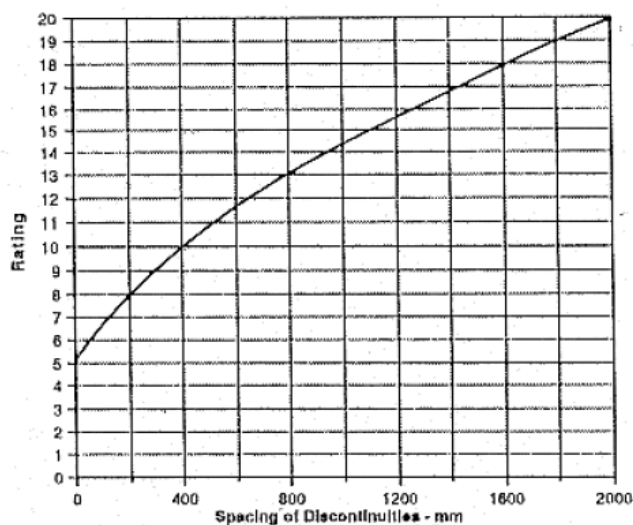
La formulazione originaria del metodo di classificazione di Bieniawski (1973), ha subito diverse modifiche, integrazioni ed aggiornamenti, che hanno portato alla definizione di varie versioni, di cui le più usate sono quelle del 1976, del 1979 e del 1989. Nel presente studio è stata adottata la versione più recente, ovvero quella del 1989. Per classificare l'ammasso roccioso in esame si è fatto quindi riferimento ai grafici ed alle tabelle relative al metodo RMR 89, che, per chiarezza e completezza di trattazione, sono state di seguito allegate.



Parametro A1



Parametro A2



Parametro A3

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

Parametro A4

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

Parametro A5

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

Indice di correzione Ic

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

Classificazione dell'ammasso roccioso: Indice RMR

Nel caso dell'ammasso roccioso calcareo-dolomitico presente lungo le pareti della cava in esame i valori scelti per tali parametri, alla luce sia del rilievo geologico-strutturale effettuato che delle prove meccaniche di laboratorio, sono i seguenti:

- A1 = 13 (avendo assunto il valore di resistenza a compressione 164 MPa, medio tra quelli registrati);
- A2 = 10 (in quanto il valore medio di RQD ottenibile è dell'ordine del 50% stante la massività con cui si presenta la successione);
- A3 = 11 (per le stesse considerazioni di cui sopra le discontinuità hanno una spaziatura media attorno a 50 cm);
- A4 = 23 (giunti lunghi, con apertura tra 0,1÷1 mm, rugosi, con eventuali riempimenti compatti e leggermente alterati);
- A5 = 15 (giunti asciutti, visto che il livello piezometrico della falda è situato a profondità di circa 50 metri rispetto al p.c. originario);

- $I_c = -5$ (correzione per versanti con condizioni di orientazione dei giunti ritenute favorevoli).

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

$$\mathbf{RMR = (13 + 10 + 11 + 23 + 15) - 5 = 67}$$

ovvero si tratta di un **ammasso roccioso di II classe**, di qualità "*buona*".

Il valore ottenuto sommando i 5 parametri descrittivi dell'ammasso roccioso senza applicare l'indice di correzione definisce l'indice **BRMR** ("Basic Rock Mass Rating"):

$$\mathbf{BRMR = 67 + 5 = 72}$$

L'indice BRMR in condizioni di giunti asciutti ($A_5 = 15$) risulta direttamente correlato all'indice **G.S.I.** ("Geological Strength Index"), richiesto per la determinazione dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso mediante il criterio di rottura di Hoek-Brown.

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

$$\mathbf{G.S.I. = BRMR - 5 = 67}$$

Come si illustrerà di seguito tale indice di classificazione G.S.I. consente di ricavare i parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso in esame.

6.3 Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso e analisi di stabilità

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

I criteri di rottura degli ammassi rocciosi consentono di valutare la resistenza degli stessi a partire dagli sforzi applicati e dalle proprietà intrinseche del materiale roccioso ottenendo (Cherubini C., 2006)¹:

- la risposta della roccia intatta in diverse condizioni di sforzo;
- la previsione dell'influenza delle discontinuità nel comportamento dell'ammasso;
- la previsione del comportamento globale dell'ammasso roccioso.

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

La forma generale del criterio di rottura di Hoek & Brown è la seguente:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_c \left[m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_c} + s \right]^a ;$$

dove "m_b", "s" ed "a" sono costanti dipendenti dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso, σ_c è la resistenza alla compressione monassiale della roccia intatta, mentre σ₁ σ₃ sono gli sforzi principali in termini di tensioni efficaci; α = 0,5.

La determinazione dei parametri *a*, *s* e *m_b* viene fatta in funzione della qualità dell'ammasso roccioso, espressa numericamente dall'**indice G.S.I.** ("Geological Strength Index") ricavato in precedenza.

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

¹ "Caratterizzazione dei terreni e delle rocce finalizzata alla modellazione geotecnica alla luce del testo Unico". Seminario di aggiornamento professionale organizzato dall'Ordine Regionale dei Geologi della Puglia, Otranto 26 giugno 2006

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

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

I parametri richiesti in entrata sono:

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

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

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

Per quanto riguarda l'ammasso calcareo-dolomitico presente nella cava in esame, alla luce del modello geologico locale in precedenza ricostruito (cfr. par. precedente) e dei risultati delle prove sclerometriche eseguite (cfr. par. 6.2.1) sono stati inseriti i seguenti dati di input:

- resistenza a compressione monoassiale: 164 MPa (valore medio tra quelli ricavati per i litotipi sottoposti a misure sclerometriche);
- costante di Hoek-Brown per roccia intatta: $m_i = 9$ (valore assegnato alle rocce aventi la composizione litologica e la struttura delle dolomie);
- indice GSI: 67 (calcolato precedentemente mediante la classificazione di Bieniawski);
- indice di disturbo: $D = 0,7$ (in quanto le operazioni di scavo avvengono esclusivamente con impiego di mezzi meccanici, senza impiego di esplosivo);
- modulo elastico: $E_i = 69.700$ MPa (ricavato indirettamente sulla base del tipo di roccia e della resistenza a compressione).

Tali parametri caratterizzanti l'ammasso roccioso verranno impiegati nelle verifiche di stabilità che seguono. Inoltre, i risultati dell'elaborazione eseguita dal programma RocLab, illustrati e riassunti nei grafici allegati, indicano che l'ammasso roccioso in esame è caratterizzato anche dai seguenti parametri medi:

- coesione _____ $c' = 8,3$ Mpa (=84 kg/cmq)
- angolo di attrito interno _____ $\varphi' = 29^\circ$
- peso di volume naturale _____ $\gamma = 2,4$ t/m³

Si precisa che tali valori si riferiscono all'ammasso roccioso nel suo complesso, ovvero tengono conto di tutti quei fattori (fratturazione, stratificazione, variazioni del grado di cementazione, discontinuità sinsedimentarie, disuniformità litologiche, ecc.) che concorrono a rendere le caratteristiche di resistenza globali delle masse rocciose in posto molto inferiori a quelle (di picco) misurate in laboratorio su campioni di piccole dimensioni.

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 164 MPa
 GSI = 67 mi = 9 Disturbance factor (D) = 0.7
 intact modulus (Ei) = 69700 MPa
 modulus ratio (MR) = 4.25

Hoek-Brown Criterion

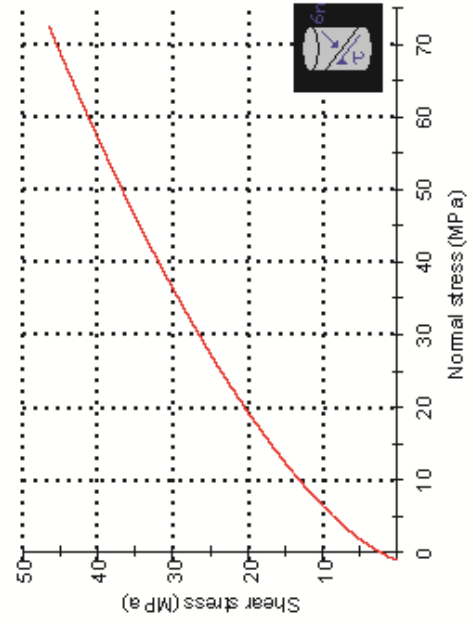
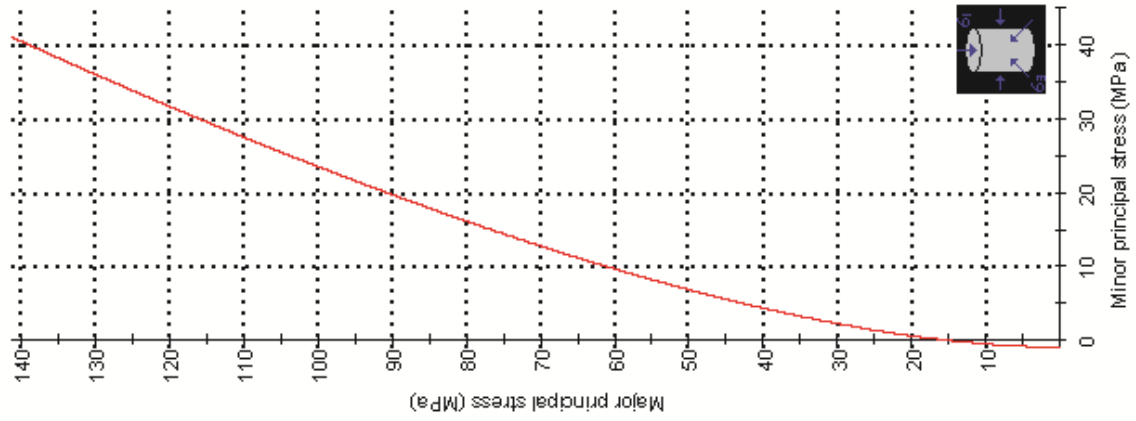
m.b = 1.468 s = 0.0084 a = 0.502

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 8.316 MPa friction angle = 29.30 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.935 MPa
 uniaxial compressive strength = 14.886 MPa
 global strength = 28.405 MPa
 deformation modulus = 20472.79 MPa



Secondo i risultati delle elaborazioni statistiche effettuate da MANEV e AVRAMOVA-TACHEVA (1970), il rapporto tra coesione effettiva e coesione apparente è legato al numero di discontinuità per metro lineare (i) dalla seguente relazione:

$$\frac{c_r}{c'} = 0.114e^{-0.48(i-2)} + 0.02 \quad (1)$$

Sostituendo il valore di coesione c' precedentemente ricavato (84 kg/cm²) all'interno della (1) ed assumendo, per i calcari in questione, un numero di discontinuità per metro lineare $i = 10$ (roccia sottilmente stratificata e fratturata), si ricava la coesione effettiva c_r , che, nel caso specifico, risulta pari a 1,89 kg/cm² (Tab. 6.1).

Tab. 6.1 - Stabilità scarpata verticale in roccia calcarea: calcolo del valore della coesione residua (MANEV e AVRAMOVA-TACHEVA - 1970)

Coesione apparente (c')	84	(kg/cm ²)
N° di discontinuità x ml (i)	10	
Angolo di attrito lungo i giunti (ϕ_m)	29	(°)
Coesione residua (c_r)	1.89	(kg/cm ²)

Secondo la trattazione di Terzaghi (1943) è possibile stimare il valore dell'altezza critica di una scarpata in un terreno omogeneo, dotato di coesione e attrito. Secondo la teoria di Rankine la condizione di sforzo massimo si produce secondo una superficie inclinata di un angolo pari a $45^\circ + \phi/2$ passante per il piede della parete di scavo.

La relazione per determinare l'altezza critica diventa:

$$h_c = 4c'/\gamma' \times \tan(45^\circ + \phi/2)$$

Nel nostro caso, sostituendo i valori precedentemente ricavati avremo (Tab. 6.2):

$$h_c = 53 \text{ metri}$$

In relazione alle scarpate realizzate ed a quelle previste nel progetto di ampliamento, esse hanno altezza massima pari a circa 10 metri: pertanto, in via preventiva, alla luce delle caratteristiche geomeccaniche della roccia interessata, risulta verificata la loro stabilità. Gli unici potenziali dissesti sono relativi al possibile distacco di cunei rocciosi dal ciglio superiore delle scarpate, ove la roccia potrebbe presentarsi fessurata con fratture aperte e/o riempite di terra rossa: a tal fine, come normale procedura operativa da eseguirsi su qualsiasi fronte di cava in esercizio, occorrerà verificare e "pulire" il ci-

glio superiore delle scarpate che si realizzeranno attraverso il piano di coltivazione mineraria in progetto, individuando e rimuovendo celermente qualsiasi blocco o cuneo di roccia potenzialmente instabile.

*Tab. 6.2 - Stabilità scarpata verticale in roccia calcarea
(Calcolo dell'altezza critica secondo Terzaghi 1943)*

Peso di volume (γ)	0.0024	(kg/cm ³)
Angolo di attrito lungo i giunti (ϕ_m)	29	(°)
Tg ($45 + \phi_m/2$)	1.70	
Coesione residua (c_r)	1.9	(kg/cm ²)
<u>Altezza critica</u> (H_c)	53	(m)

7. SISMICITÀ DELL'AREA

Dal punto di vista sismico il basso Salento può essere considerato un'area complessivamente stabile e praticamente asismica. Negli ultimi 100.000 anni tale zona è stata, infatti, interessata essenzialmente da sollevamenti di origine isostatica avvenuti su scala regionale, essendosi esaurita l'ultima fase tettonica di rilievo presumibilmente nel Pleistocene inf. (Siciliano).

La quasi totalità delle scosse sismiche avvertite in tale ambito territoriale, sia in tempi recenti che in epoche storiche, sono in realtà riconducibili a terremoti di elevata magnitudo generati in prossimità delle prospicienti coste balcaniche. Forti eventi sismici con epicentro sul Gargano, nell'Appennino meridionale, nel Mare Jonio e nell'Arco Egeo, hanno infatti frequentemente fatto risentire i loro effetti, con intensità variabile, nella Penisola Salentina.

Dal punto di vista della sismicità storica l'evento che ebbe conseguenze nefaste fu il terremoto che si verificò il 20 febbraio 1743 che causò circa 200 morti, per la maggior parte a Nardò (intensità del IX grado), ma con danni e vittime distribuite in diversi centri salentini tra cui Francavilla Fontana, Manduria, Taranto (VIII-IX grado), Oria, Corigliano d'Otranto e Otranto (VII-VIII grado) Brindisi e Galatina (Del Gaudio V., 2007). Tale evento è associato ad un terremoto che colpì le isole ioniche greche e che si risentì in un'area estremamente ampia (da Trento a Messina sino a Malta ed anche al Peloponneso). E' stato ipotizzato che la sorgente sismogenetica di questo evento sia da collocarsi nel tratto sud del canale d'Otranto (*Fig. 7.1*), tuttavia la distribuzione delle intensità risentite nel territorio salentino appare poco congruente con questa ipotesi, dato che non si osserva una generale correlazione tra i valori di intensità e il decrescere della distanza dall'epicentro ipotizzato (*Fig. 7.1*).

A conferma dell'effetto sismico dei terremoti di "provenienza" orientale sulla Penisola Salentina, si tenga presente che su 32 scosse risentite dal 1886 al 1915 in terra d'Otranto, almeno 27 avevano epicentro in Grecia.

Per quanto riguarda i terremoti con epicentro nell'Appennino, è da menzionare quello del 1456 che "... fece grande danno a Brindisi, Oria, Alessano, Castro, Manduria, Nerito (Nardò) e Lecce" che rovinò parte della cattedrale di Nardò.

Il terremoto del 1688 con epicentro nel Beneventano fece crollare numerose case a Galatina.

Altri terremoti con epicentro in area non nota hanno provocato danni più o meno rilevanti nella Penisola Salentina. Quello del 1088 fece crollare parecchie case ad Otranto, quello del 1116 una torre sempre ad Otranto e quello del 1349, con probabile epicentro tra Montecassino e l'Aquila, fece crollare ancora ad Otranto un tratto delle mura.

Un terremoto del 1396 colpì fortemente Nardò e la Provincia di Lecce, abbattendo un convento a Racale. Sembra che nel 1546 un terremoto abbia prodotto seri danni a Lecce, mentre nel 1661 un sisma abbia fatto crollare 24 case ad Otranto.

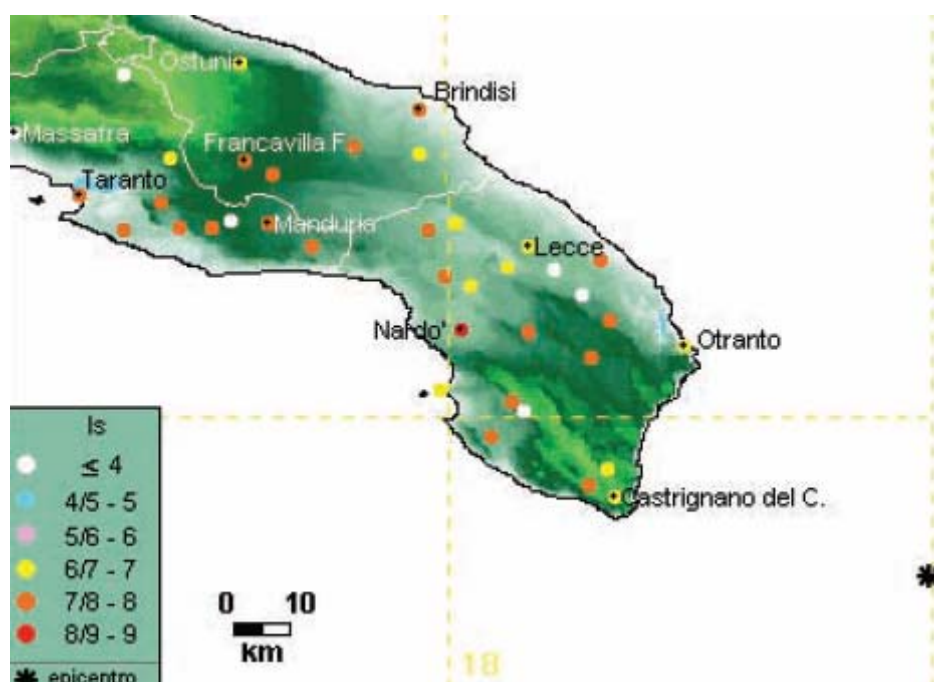


Fig. 7.1 – Mappa delle intensità M.C.S. (Mercalli - Cancani - Sieberg) risentite in Salento in occasione del terremoto del 1743 (da Del Gaudio V., 2007).

La Fig. 7.2 riporta le intensità sismiche massime registrate in Puglia in epoca storica. Ovviamente in un'analisi dei pericoli sismici di un territorio può essere fuorviante basarsi solo sui massimi storici di scuotimento senza prendere in considerazione la ricorrenza temporale degli eventi: è possibile, infatti, che la probabilità di un danno sismico in una certa area e durante un certo arco di tempo sia associato a sorgenti sismiche che generano frequenti eventi di magnitudo moderata, piuttosto che a sorgenti che hanno prodotto un singolo evento noto di elevata magnitudo, rimanendo poi quiescenti per tempi millenari (Del Gaudio V., 2006).

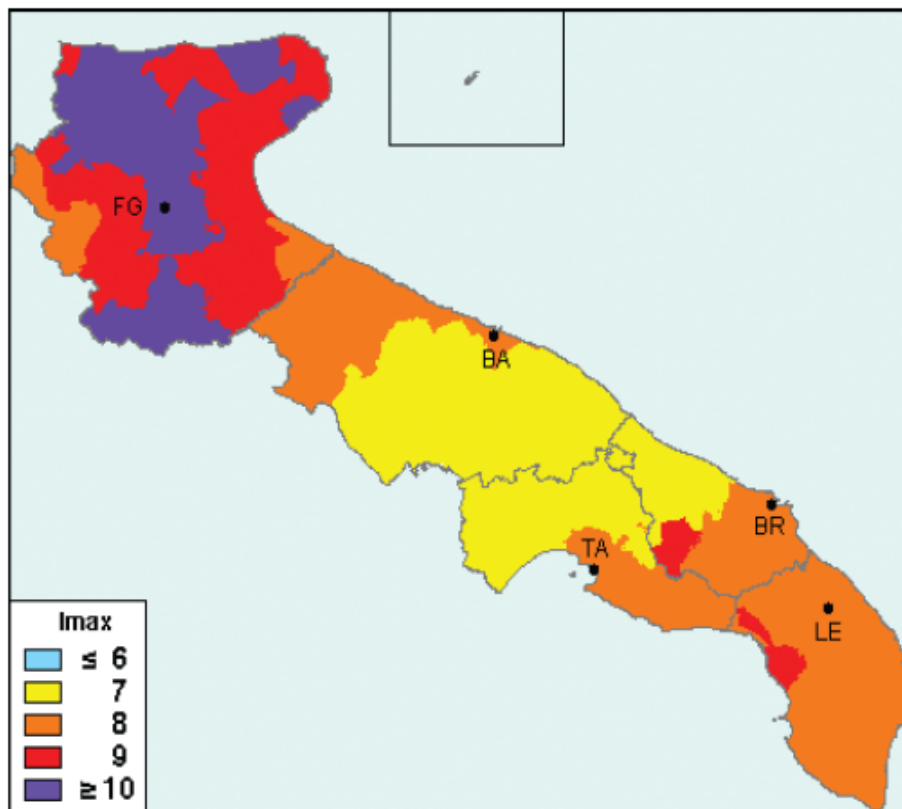


Fig. 7.2 – Carta delle massime intensità osservate in Puglia in epoca storica (da GNDT – ING - SSN, 1996).

Per ridurre gli effetti del terremoto l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio in base all'intensità e alla frequenza dei terremoti del passato, nonché all'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche. Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità (erano classificati come sismici complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102). Nel 2003 sono stati emanati i criteri di una nuova classificazione sismica del territorio nazionale basata sulla normativa raccomandata dalla Comunità Europea (Eurocodice 8): d'ora in poi occorre garantire un definito livello di protezione rispetto a scuotimenti sismici che hanno un'elevata probabilità (90%) di non essere superati nell'arco di 50 anni. Considerando che l'azzeramento del rischio non è praticamente realizzabile, tale criterio comunitario assicura di contenere in un limite assai basso (10%) il rischio che eventi sismici possano produrre sollecitazioni superiori a quelle che le opere ingegneristiche possono sopportare. E' stata quindi redatta la *Carta di pericolosità sismica* dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004 (Gruppo di Lavoro, 2004), che l'*OPCM n. 3519 dell'11 maggio 2006* ha adottato come elaborato di riferimento per la zonazione sismica del territorio, riporta i valori di accelerazione massima del suolo (PGA – “Peak Ground Acceleration”) misurata in frazioni di g (accelerazione di gravità) che hanno appunto una probabilità del 90% di non

essere superati in 50 anni (conformemente alle norme contenute nell'Eurocodice 8). La Fig. 7.3 riporta uno stralcio della Carta della pericolosità sismica riferito al territorio salentino: l'area interessata dall'intervento di progetto risulta classificata come zona a bassa pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (riferita a suoli rigidi di Cat. A così come definiti al p.to 3.2.1 del D.M. 14/09/2005) di $0,05 \div 0,075$ g, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

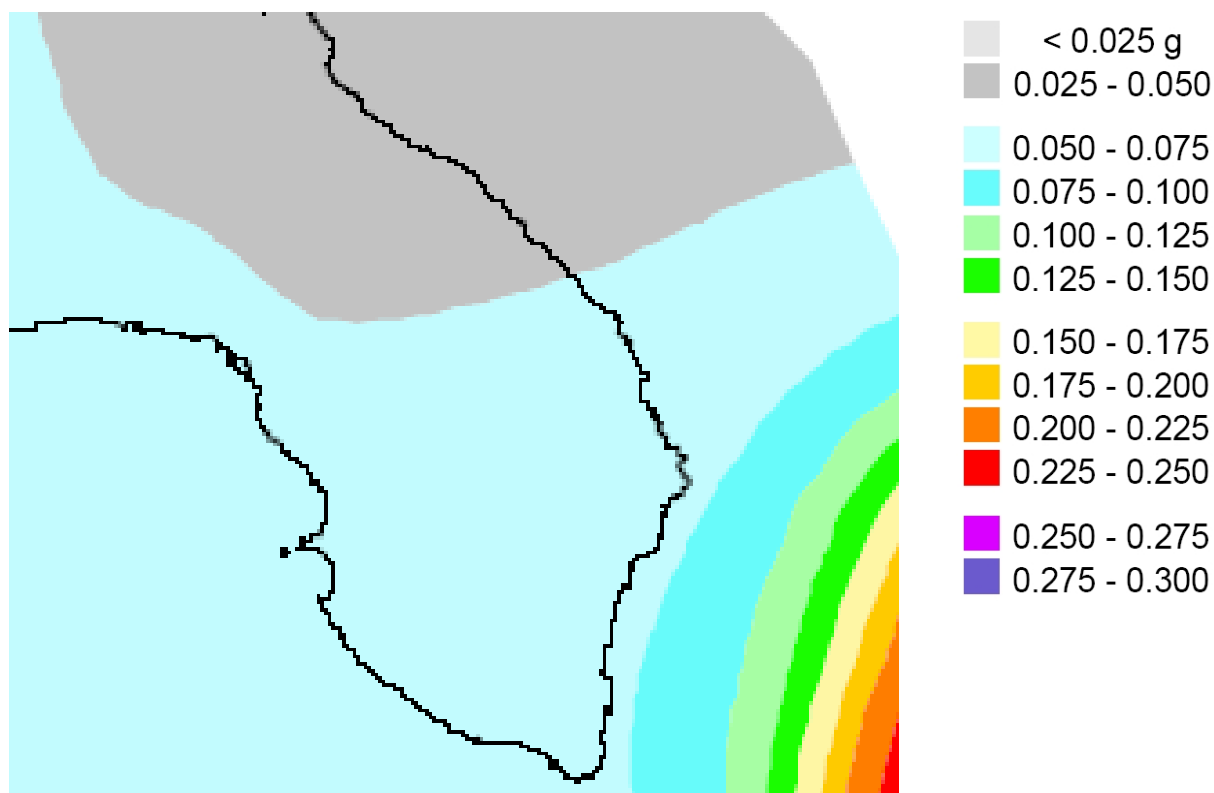


Fig. 7.3 – Stralcio dalla Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale allegata all'O.P.C.M. n. 3519/2006.

A seguito dell'OPCM n. 3274 del 20.03.2003 il territorio nazionale è stato suddiviso in n° 4 zone sismiche, ciascuna caratterizzata da un diverso valore del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su suolo di categoria A), Fig. 7.4. I valori convenzionali di a_g (espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g) attribuiti a ciascuna zona sismica, sono riferiti (conformemente all'Eurocodice 8) ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (corrispondenti ad un periodo di ritorno di 475 anni) ed assumono i valori riportati in Tabella 7.1.

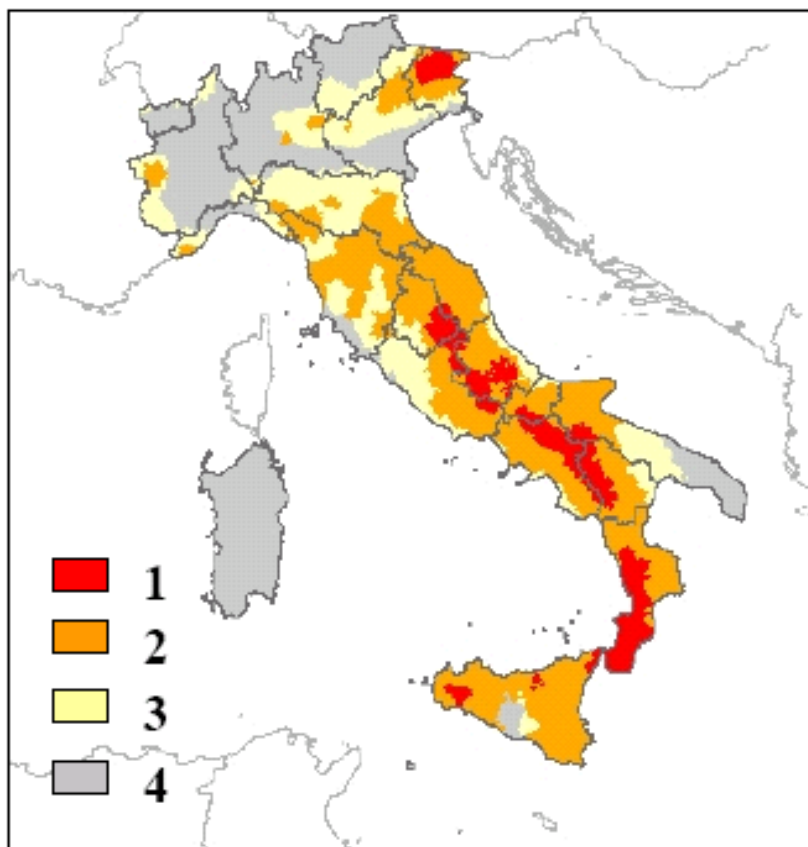


Fig. 7.4 – Stralcio dalla Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale allegata all'O.P.C.M. n. 3519/2006.

Tabella 7.1 - Zone sismiche, valori di a_g e pericolosità

Zona	Valore di a_g	Grado di pericolosità
1	0,35g	E' la zona più pericolosa dove possono verificarsi forti terremoti.
2	0,25g	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
3	0,15g	I comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
4	0,05g	E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale la Regione Puglia ha emanato la *Deliberazione di Giunta Regionale 2 marzo 2004, n. 153* con la quale ha provveduto alla prima, benché temporanea, riclassificazione sismica del territorio regionale. L'Allegato 1 di tale deliberazione classifica tutti i comuni pugliesi nelle 4 zone sismiche.

Il territorio comunale di Galatina rientra in *zona sismica 4* ovvero la meno pericolosa, con basse possibilità di danni sismici.

8. CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

8.1 *Reticolo idrografico*

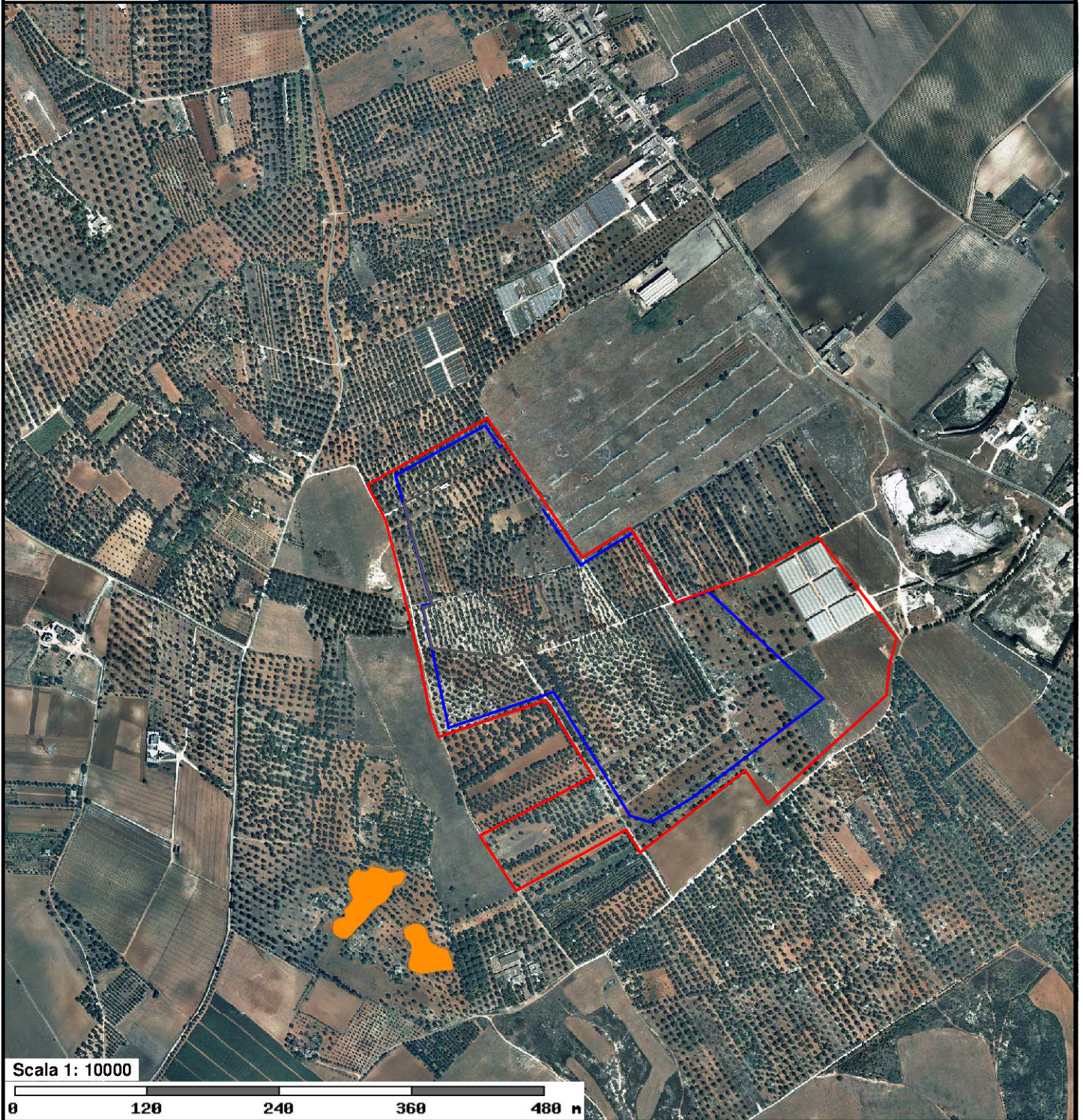
La zona in esame è caratterizzata dalla presenza, in affioramento, di rocce calcareo-dolomitiche del Cretaceo (“*Calcare di Altamura*”) e, nelle vicinanze est e ovest, di calcareniti mioceniche e quaternarie (“*Pietra Leccese*” e “*Calcarenite di Gravina*”). I caratteri di permeabilità di tali formazioni (v. sotto) sono tali da favorire una rapida infiltrazione in profondità delle acque meteoriche impedendo un prolungato ruscellamento superficiale. Si registrano unicamente talune aree (zona di versante) in cui si esplica un ruscellamento diffuso in occasione di precipitazioni meteoriche particolarmente copiose.

Pertanto, risulta assente un reticolato idrografico di superficie (cfr. *Estratto dalla Carta Idrogeomorfologica dell’AdB Puglia*). L’acclività dell’intera area in cui ricade il sito di progetto risulta assai bassa (< 5%).

8.2 *Acque sotterranee*


Ad un’assenza di idrografia superficiale si contrappone la presenza, nel sottosuolo dell’area interessata dal progetto di coltivazione mineraria, di una circolazione idrica dalle elevate potenzialità di sfruttamento: si tratta della cosiddetta “*falda acquifera profonda*”, ospitata all’interno delle formazioni calcareo-dolomitiche del basamento mesozoico, permeabili per fessurazione e carsismo (cfr. *Tav. G3-Sezione idrogeologica*).


La falda profonda è presente in maniera continua in tutto il territorio salentino ed è caratterizzata in molti casi da acque con buone caratteristiche qualitative così da rappresentare una risorsa idrica di fondamentale importanza, in grado di fornire un contributo cospicuo al soddisfacimento del fabbisogno idrico per uso potabile, irriguo o industriale.



Forme di modellamento di corso d'acqua


Cigli e ripe


 Ciglio di sponda


 Ripa di erosione


Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale

Corsi di acqua

 Corso d'acqua

 Corso d'acqua episodico


 Corso d'acqua obliterato

 Corso d'acqua tombato


 Recapito finale di bacino endoreico

Forme Carsiche

 Doline

 Grotte naturali

 Orlo di depressione carsica

 Voragini

Le acque dolci di falda, che permeano le formazioni calcareo-dolomitiche del basamento mesozoico, sono sostenute, alla base, dalle acque marine di invasione continentale: la differenza di densità esistente tra i due corpi idrici determina, infatti, un netto fenomeno di stratificazione salina.

Le acque dolci, più leggere, tendono quindi a “galleggiare” sulle sottostanti acque marine in quanto, in mancanza di fenomeni di perturbazione della falda, si instaura una situazione di equilibrio non verificandosi alcun fenomeno di miscelamento idraulico. Acque dolci ed acque marine sono separate, in realtà, da un livello idrico di transizione, denominato “zona di diffusione”, caratterizzato da un rapido incremento verticale di salinità (Fig. 8.1).

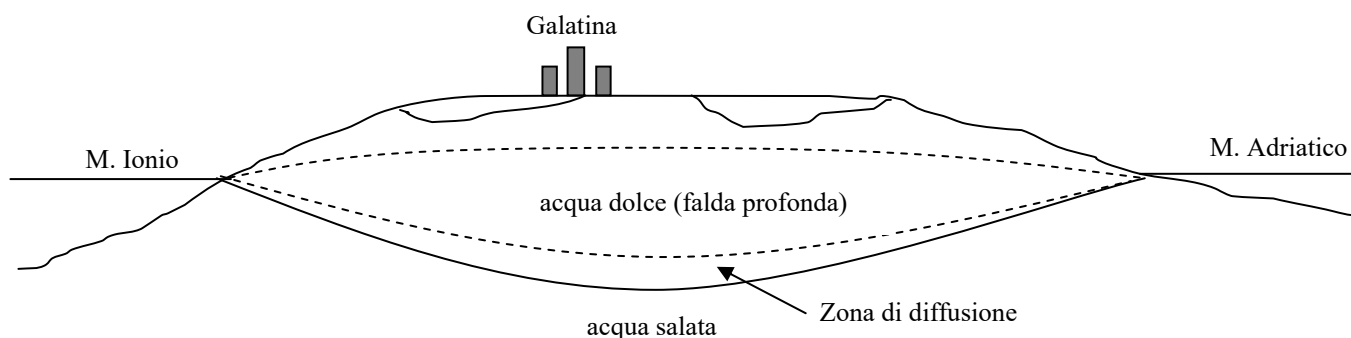


Fig. 8.1 - Sezione idrogeologica della Penisola Salentina. Si noti come l'acqua dolce galleggi sulla sottostante acqua marina di invasione continentale.

L'equilibrio che determina la separazione dei due livelli idrici (acque dolci ed acque salate) può, tuttavia, essere alterato dal prelievo di acque di falda, qualora questo sia effettuato in maniera errata, incontrollata e dissennata, ad esempio con portate di emungimento eccessive rispetto a quanto permettano le condizioni idrogeologiche locali, oppure con pozzi troppo ravvicinati o mal realizzati (per esempio troppo profondi). La falda profonda, alimentata in prevalenza dalle acque meteoriche infiltratesi nel sottosuolo, è caratterizzata, nell'intera provincia di Lecce, dalla presenza di modesti carichi idraulici.

I valori più alti di carico idraulico (circa +3 metri sul l.m.m.) si registrano nelle zone più interne della Penisola Salentina: a partire da tali aree il livello piezometrico della falda si abbassa progressivamente, con cadenti piezometriche molto basse (0,1÷2,5%), in direzione delle zone costiere, ove esso tende a raccordarsi con il livello marino.

Il deflusso della falda profonda si esplica infatti essenzialmente in direzione del mare, ove le acque di falda normalmente si riversano, in maniera diffusa o concentrata, attraverso sorgenti costiere e/o polle sottomarine.

Sia i modesti carichi idraulici che le bassissime cadenze piezometriche confermano, in linea generale, l'elevata permeabilità media dell'acquifero carbonatico ospitante la falda profonda.

La ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica della falda profonda in corrispondenza del territorio in esame (cfr. *Tav. G4 - Carta idrogeologica*) è stata eseguita sulla base dei dati riportati nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia. Sulla base dei dati acquisiti si è potuto constatare che nel territorio in esame i valori del livello piezometrico sono tra i più alti dell'intera provincia essendo attorno a 2,5 metri s.l.m., ovvero detto livello si stabilizza a profondità dell'ordine di 50-51 metri dal piano di campagna originario. Il deflusso delle acque di falda si esplica da E verso W, ovvero in direzione del Mare Ionio che ne rappresenta il livello di base.

Lo spessore del livello di acque dolci, legato al carico idraulico della falda da un rapporto di proporzionalità diretta, può essere stimato mediante la *legge di Ghyben-Herzberg*, esprimibile nella formula:

$$H = [\rho_d / (\rho_m - \rho_d)] * h \quad H \approx 40 * h$$

dove H è la profondità dell'interfaccia acqua dolce-acqua salata, ρ_d è la densità dell'acqua dolce ($\sim 1,0028 \text{ g/cm}^3$), ρ_m è la densità dell'acqua marina ($\sim 1,027 \text{ g/cm}^3$) ed h è il carico piezometrico della falda.

Considerando che, nell'area in esame, i carichi idraulici sono dell'ordine di circa 2,5 metri sul l.m.m., è presumibile che la falda profonda presenti localmente uno spessore di acque dolci dell'ordine di un centinaio di metri.

Con riferimento al grado di mineralizzazione delle acque di falda sotterranea, la misura del contenuto salino totale, assieme a quello dello ione cloro e del sodio, costituiscono validi indicatori per la stima del grado di contaminazione da parte delle acque marine d'invasione continentale su cui galleggia la falda profonda. Quanto più sono alti tali valori tanto più le acque di falda sono contaminate e, pertanto, la loro composizione chimica si avvicina a quella delle acque marine.

La *Tav. G4 - Carta idrogeologica* è stata elaborata sulla base dei dati desunti dal

Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia nonché di quelli sul chimismo delle acque di falda in possesso di chi scrive. Il livello qualitativo delle acque di falda, dal punto di vista chimico, risulta in via generale buono essendo il contenuto salino attorno a 1,0 g/l.

8.3 *Valore del coefficiente di conducibilità idraulica (k)*

8.3.1 Generalità

I terreni presenti in affioramento nell'area possono essere distinti in due gruppi sulla base del tipo e del grado di permeabilità:

- *Terreni permeabili per fessurazione e carsismo.*
- *Terreni permeabili per porosità interstiziale.*

Alla prima categoria appartengono le rocce calcareo-dolomitiche mesozoiche (*"Calcare di Altamura"*) che affiorano diffusamente nell'area interessata dalla coltivazione mineraria di progetto. Tali rocce sono interessate da un tipo di permeabilità secondaria, ovvero acquisita successivamente alla loro formazione, legata alla presenza di giunti di fessurazione, piani di stratificazione e condotti carsici, tali da conferire un grado di permeabilità variabile ma, complessivamente, piuttosto alto.

Permeabili per porosità d'interstizi sono le calcareniti quaternarie (*"Calcarenite di Gravina"*) presenti in corrispondenza della parte ovest della cava (cfr. *Carta idrogeologica*). Si tratta di terreni dotati di una discreta porosità che può superare anche il 45%, sicché hanno valori di permeabilità medi.

8.3.2 Prove di permeabilità

Per poter definire con il massimo dettaglio possibile la velocità di filtrazione delle acque all'interno della zona vadosa dell'acquifero calcareo-dolomitico, condizione necessaria per la corretta valutazione del tempo di percolazione delle acque superficiali d'infiltrazione, nel corso di perforazione dei sondaggi S1÷S11 si è proceduto all'esecuzione di prove di permeabilità Lefranc, nella versione modificata dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI).

La prova è di tipo puntuale ed interessa singoli tratti di terreno per spessori com-

presi tra qualche centimetro e qualche metro. Con questa prova si misura quindi la conducibilità idraulica (permeabilità) del terreno nell'intorno del foro. Le prove si dividono in prove a carico costante o a carico variabile. Nel caso in esame sono state eseguite prove a carico variabile. Una volta eseguito il foro di sondaggio si determina all'interno dello stesso un gradiente idraulico mediante immissione in modo tale che si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (Foto 8.1÷8.4). Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{A}{C_L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

dove:

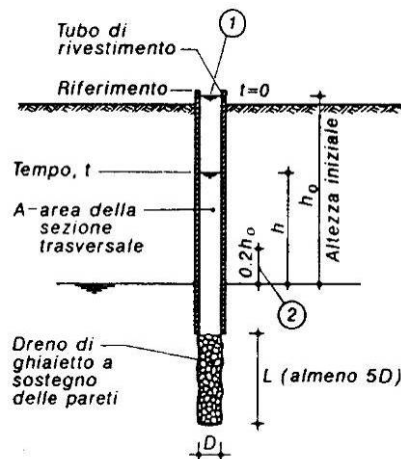
- A = area di base del foro di sondaggio [m²];
- h₁ e h₂ = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂ [m];
- t₁ e t₂ = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂ [s];
- C_L = coefficiente di forma dipendente dell'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto [m].

Per il coefficiente CL sono suggeriti i seguenti valori:

- L >> d CL = L
- L ≤ d CL = 2πd+L

Lo schema è riportato nella Fig. 8.3 di seguito.

Fig. 8.3 – Schema di prova Lefranc



1. Si aggiunge acqua per innalzare il livello nel foro, quindi si sospende consentendo al livello di abbassarsi secondo il flusso naturale
2. Le letture vengono proseguite fino a che il livello dell'acqua nel foro non scende al disotto di questo valore

L'elaborazione delle prove di assorbimento appositamente condotte ha fornito i valori del coefficiente di permeabilità (k) riportati nei grafici di *Allegato 2*.

Il valore medio risulta pari a 2×10^{-6} m/s ciò a conferma che si tratta di un ammasso calcareo-dolomitico compatto e poco fessurato e carsificato.



Foto 8.1÷8.4 - Esecuzione delle prove di permeabilità Lefranc nei fori di sondaggio.

8.4 *Vulnerabilità della falda*

8.4.1 Definizione del franco di sicurezza

Il progetto ampliamento della coltivazione mineraria in corso prevede che l'estrazione avvenga mediante gradonatura con n° 3 scarpate la cui altezza massima sarà pari a 10 metri.

Considerato che il fondo della cava, in corrispondenza del settore più profondo, sarà posto ad una quota di +23 metri sul livello mare e che il livello piezometrico della *falda profonda* (1° ed unico livello idrico presente nel sottosuolo) è posto a circa +2,5 metri sul l.m., si ricava che **il franco di sicurezza è valutabile in circa 20 metri** (cfr. *Tav. G3 Sezione idrogeologica*). Pertanto, il calcolo del tempo di percolamento che segue nel paragrafo successivo è stato fatto sulla base di tale valore del franco di sicurezza.

8.4.2 Valutazione del tempo di percolazione delle acque meteoriche

Il grado di vulnerabilità della falda idrica sotterranea è legato al concorso di vari fattori di carattere sia morfologico-strutturale che idrogeologico. Alcuni fenomeni di interazione che si creano, nell'ambito della zona anidra, tra sostanze contaminanti eventualmente presenti nelle acque di infiltrazione meteorica e roccia sono in grado, peraltro, di determinare un abbattimento del carico inquinante.

Tali fenomeni, di natura sia chimico-fisica che biologica, sono principalmente rappresentati da effetti filtranti, processi redox e fenomeni di adsorbimento, scambio ionico e biodegradazione.

I suddetti meccanismi d'azione risultano poi chiaramente tanto più efficaci quanto maggiore è il tempo di stazionamento dell'inquinante in zona anidra (tempo di "percolazione"). Il tempo di percolazione delle acque meteoriche dipende da un lato dallo spessore della zona anidra di acquifero e, dall'altro, dalla permeabilità dei terreni che lo costituiscono. La permeabilità è un parametro che a sua volta può variare in funzione di numerosi fattori quali ad esempio il tipo di acquifero, il grado di saturazione e la porosità efficace del terreno, la viscosità e densità del fluido, il gradiente idraulico.

Per quanto concerne il calcolo del tempo di percolazione partiamo dalla legge di

Darcy:

$$v = k \cdot i \quad [1]$$

dove:

v = velocità di filtrazione nell'acquifero

k = coefficiente di permeabilità dell'acquifero

i = gradiente idraulico, nel caso in esame vale 1 essendo la filtrazione verticale

Sostituendo alla velocità v il rapporto spazio/tempo (s/t) ed esplicitando il tempo di percolamento si ottiene che:

$$t = s / k \cdot i \quad [2]$$

Per il caso in esame risulta che lo spessore di acquifero anidro tra fondo cava e superficie piezometrica (D) è pari a 20 metri ed esso è rappresentato interamente da litotipi calcareo-dolomitici ascrivibili alle "Calcare di Altamura". I risultati delle prove di permeabilità appositamente condotte indicano che l'ammasso calcareo-dolomitico è molto compatto è poco fessurato e in quanto il coefficiente di permeabilità medio è pari a 2×10^{-4} cm/s.

Sostituendo nella [2] avremo:

$$t = 20 \text{ m} / [2 \times 10^{-6} \text{ m/s}] = 10.000.000 \text{ secondi} \sim 116 \text{ gg.}$$

Le acque pluviali di infiltrazione impiegheranno circa quattro mesi prima di giungere in falda, tempo ritenuto sufficiente perché gli effetti filtranti, i processi redox ed i fenomeni di adsorbimento, scambio ionico e biodegradazione dell'acquifero possano assicurare l'abbattimento del carico inquinante eventualmente trasportato dalle acque pluviali.

8.5 *Piano di Bacino della Puglia, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI)*

Con deliberazione n° 25 del 15/12/2004 l'Autorità di Bacino della Puglia ha adottato il Piano di Bacino della Puglia, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI).

Con successiva *deliberazione n° 39 del 30/11/2005* la medesima Autorità di Bacino della Puglia ha approvato il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico per i bacini regionali e per il bacino interregionale del fiume Ofanto composto da:

1. Elenco dei Comuni ricadenti nell'AdB Puglia;
2. Relazione di Piano;
3. Norme Tecniche di Attuazione;
4. Elaborati cartografici.

Il PAI della Puglia è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologia necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso. Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

In relazione alle condizioni idrauliche, oltre alla definizione degli alvei fluviali in modellamento attivo e delle aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità, vengono distinte tre tipologie di aree a diverso grado di pericolosità idraulica:

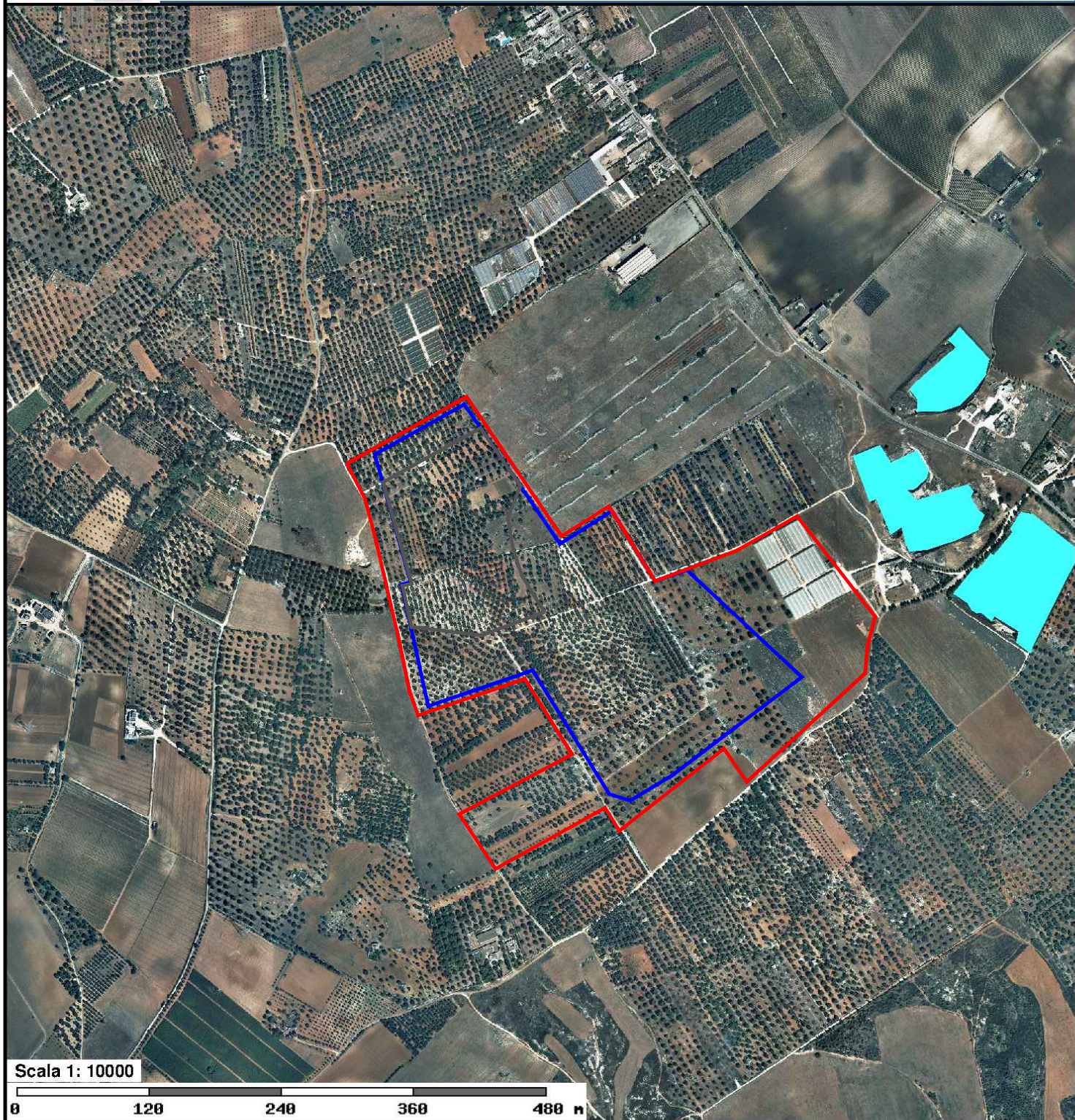
- *aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.);*
- *aree a media pericolosità idraulica (M.P.);*
- *aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.).*

Con riferimento all'assetto geomorfologico, vengono distinte tre tipologie di aree a diverso grado di pericolosità geomorfologica:

- *aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3);*
- *aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2);*
- *aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1).*

In *Fig. 8.4* è riportato lo stralcio della Cartografia regionale dell'AdB dalla cui verifica si può affermare che l'area in esame non interessa né aree a pericolosità idraulica né aree a pericolosità geomorfologica.

Fig. 8.4 - Estratto dalla cartografia del PAI



Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.

- media e moderata (PG1)
- elevata (PG3)

- elevata (PG2)

Peric. Idraulica

- bassa (BP)
- alta (AP)

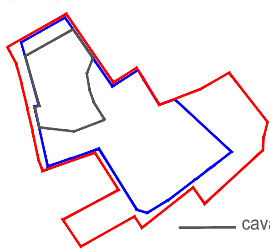
- media (MP)

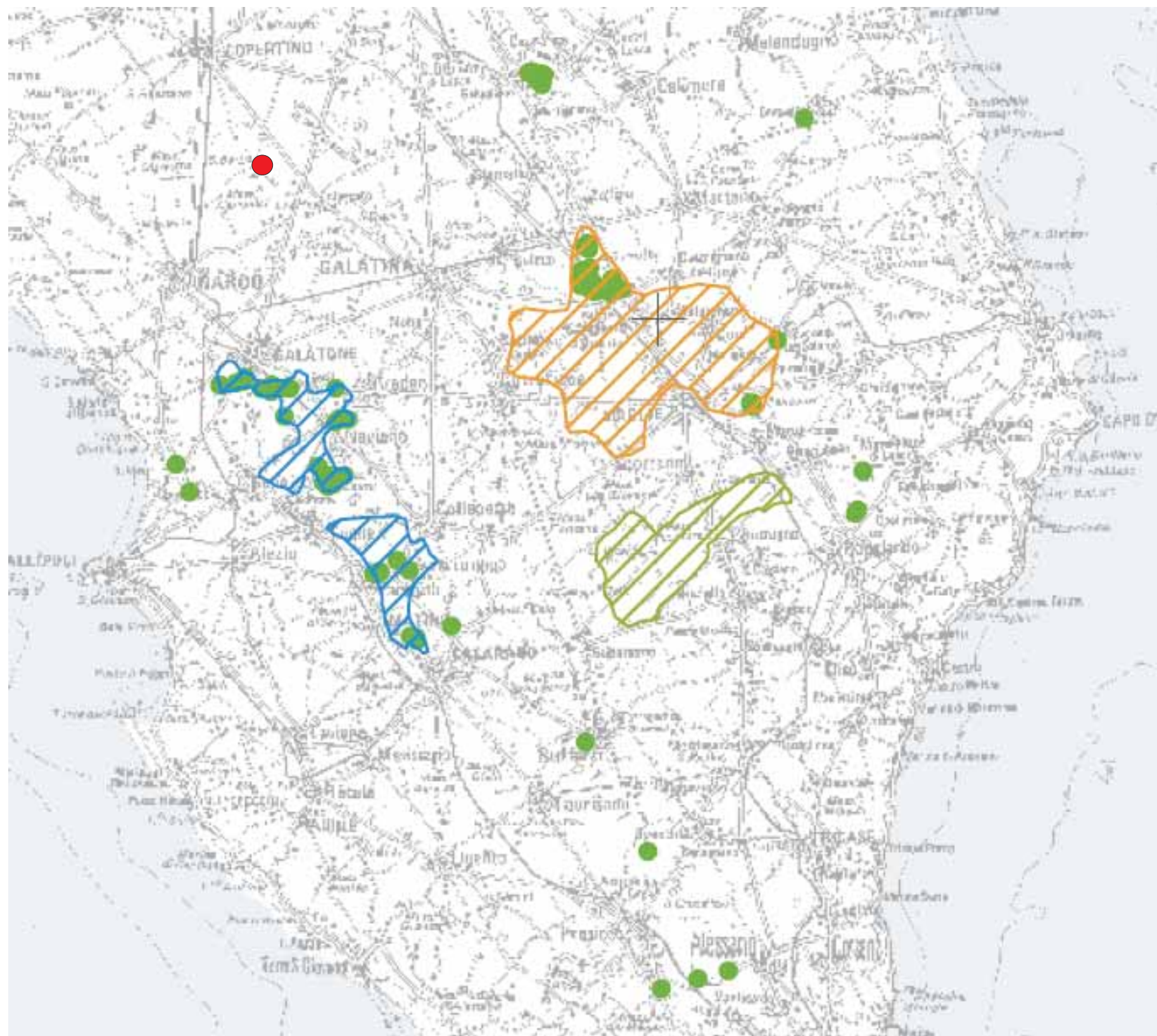
Rischio

- R1
- R3

- cava autorizzata e attiva
- limite dell'ampliamento
- pertinenza di cava in ampliamento

- R2
- R4





Legenda

-  Zone di protezione speciale idrogeologica "A"
-  Zone di protezione speciale idrogeologica "B"
-  Zone di protezione speciale idrogeologica "C"
-  Zone di protezione speciale idrogeologica "D"
-  Limiti del Parco del Gargano
-  Limiti del Parco dell'Alta Murgia
-  Pozzi di approvvigionamento potabile (AQP)
-  SITO DI PROGETTO

Fig. 8.5 - Estratto dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia

8.6 Piano di Tutela delle Acque

Con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 230 del 20/10/2009 la Regione Puglia ha approvato il Piano di Tutela delle Acque ai sensi dell'articolo 121 del Decreto legislativo n. 152/2006. L'Allegato 11 individua le zone di protezione della risorsa idrica sotterranea che sono rappresentate da aree di ricarica, emergenze naturali della falda e aree di riserva. In particolare, sono state individuate 4 tipologie di zonizzazione A,B,C e D per le quali sono state proposte particolari misure di salvaguardia.

•Le **Zone di Protezione Speciale Idrogeologica di Tipo "A"** sono individuate sugli alti strutturali centro-occidentali del Gargano, su gran parte della fascia murgiana nord-occidentale e centro-orientale: sono aree di prevalente ricarica della falda, inglobano una marcata ridondanza di sistemi carsici complessi, hanno un bilancio idrogeologico positivo, sono a bassa antropizzazione e l'uso del suolo non risulta intensivo.

•Le **Zone di Protezione Speciale Idrogeologica di Tipo "B"** presentano condizioni di bilancio per lo più positive ma, a differenza delle zone A, si è in presenza di una, sia pur modesta, pressione antropica ascrivibile allo sviluppo delle attività agricole, produttive, nonché infrastrutturali. In particolare, esse sono di due tipi:

aree B1: ubicate a sud e S-SE dell'abitato di Bari, sono caratterizzate da condizioni quali/quantitative sostanzialmente buone e quindi sono meritevoli di interventi di controllo e gestione corretta degli equilibri della risorsa;

aree B2: ubicata appena a nord dell'abitato di Maglie, è stata definita e delimitata in base alle emergenze morfologiche ed alle condizioni geostrutturali (aree di prevalente ricarica). Nella propaggine settentrionale dell'area B2 è ubicato il centro di prelievo da pozzi ad uso potabile più importante del Salento (Corigliano d'Otranto), a cura AQP. In tali aree sono vietati:

- la realizzazione di opere che comportino la modificazione del regime naturale delle acque (infiltrazione e deflusso), fatte salve le opere necessarie alla difesa del suolo e alla sicurezza delle popolazioni;

- lo spandimento di fanghi e compost;

- il cambiamento dell'uso del suolo;

- l'utilizzo di fitofarmaci e pesticidi per le colture in atto;

- l'apertura e l'esercizio di nuove discariche per rifiuti solidi urbani non inserite nel Piano Regionale dei Rifiuti.

•Le **Zone di Protezione Speciale Idrogeologica di Tipo "C"** sono individuate una a S-SO dell'allineamento Corato-Ruvo e l'altra a N-NO dell'abitato di Botrugno: sono aree a prevalente ricarica collegate ad acquiferi strategici in quanto risorsa per l'approvvigionamento idropotabile in caso di programmazione di interventi in emergenza.

•Le **Zone di Protezione Speciale Idrogeologica di Tipo "D"** sono 3, di cui due nel Salento sud-occidentale e una coincidente con la Foresta Umbra (Gargano). Le due zone del Salento sono poste in corrispondenza di bacini di ricarica di campi pozzi del comparto idropotabile. La zona del Gargano ha finalità meramente di preservare la "potenziale" risorsa, per altro in area Parco del Gargano (zona Foresta Umbra), che ne consente il mantenimento dello scarso livello di antropizzazione.

Infine, ricordiamo che sono soggette a vincolo di protezione assoluta le aree

occupanti una fascia di 500 m a dx e a sx del tracciato del Canale Principale dell'AQP a partire dall'impianto di Lamagenzana (Castel del Monte) fino alle aree prossime all'abitato di Altamura.

Il sito in esame non ricade nell'ambito di zone di protezione speciale (*Fig. 8.5*).

Galatina, gennaio 2021

Il Geologo

Dott. Fabio MACRI

Allegato 1 - Cassette catalogatrici dei sondaggi geognostici

SONDAGGIO S1

32,75 m SLM (da battuta), profondità di carotaggio 15 m



SONDAGGIO S2

38,30 m SLM (da battuta), profondità di carotaggio 22 m



SONDAGGIO S3

17,70 m SLM (stimata come media tra le quote aerofotogrammetriche di 46,50-48,90 m)
profondità di carotaggio 30 m



SONDAGGIO S4

52,10 m SLM (stimata come media tra le quote aerofotogrammetriche di 51,50-52,70),
profondità di carotaggio 35 m



SONDAGGIO S5

54 m SLM (da altimetro), profondità di carotaggio 30 m dal piano di campagna



SONDAGGIO S6

50 m SLM (da altimetro), profondità di carotaggio 30 m dal piano di campagna



SONDAGGIO S7

52 m SLM (da altimetro), profondità di carotaggio 30 m dal piano di campagna



SONDAGGIO S8

50 m SLM (da altimetro), profondità di carotaggio 30 m dal piano di campagna



SONDAGGIO S9

51 m SLM (da altimetro), profondità di carotaggio 22 m dal piano di campagna



SONDAGGIO S10

46 m SLM (da altimetro), profondità di carotaggio 30 m dal piano di campagna



SONDAGGIO S11

42 m SLM (da altimetro), profondità di carotaggio 30 m dal piano di campagna

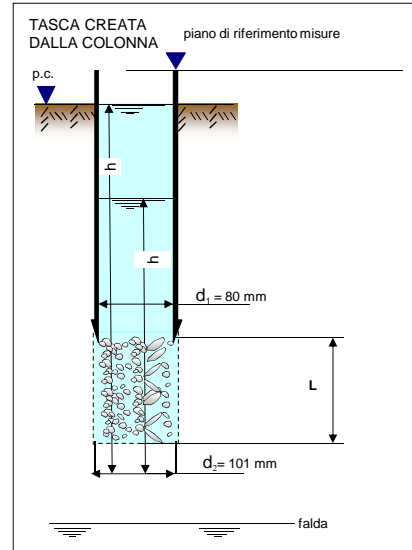


Allegato 2 - Certificati prove di permeabilità Lefranc

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S1		
QUOTA:	32 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

immissione

estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a m 15.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-29.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 15.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi * (d_1/2)^2) / (C * (t_2 - t_1)) * \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

L (m) = lunghezza della tasca di prova.

d₁ (m) = diametro tasca di prova

d₂ (m) = diametro interno rivestimento

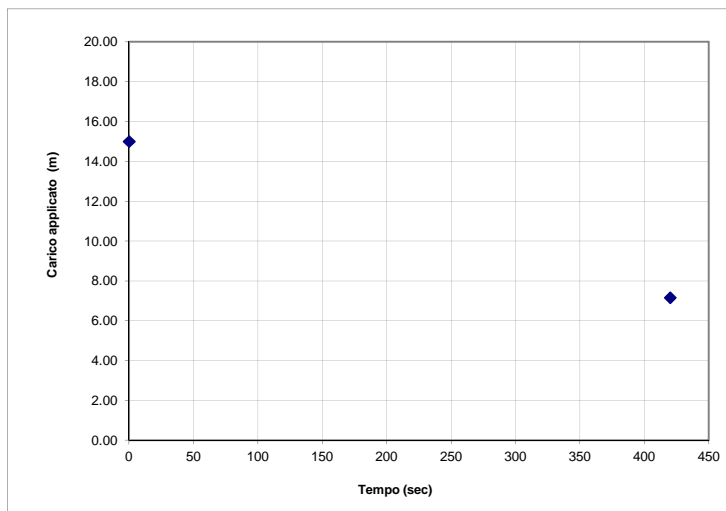
h₁ e h₂ (m) - altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda, in disturbo.

o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂

t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂

C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =

C = L (m) per L >> d



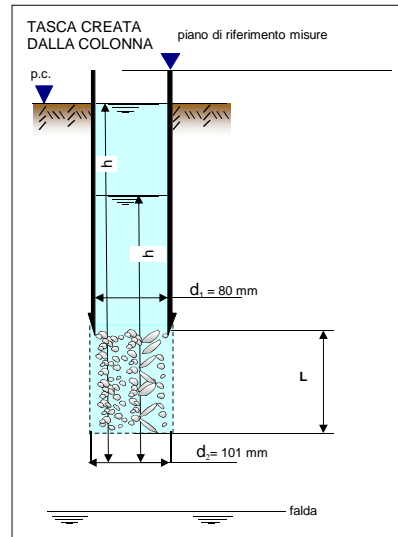
Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	15.00
420	7.840	7.16

K = 1.44E-06 m/s

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S2		
QUOTA:	38 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

immissione

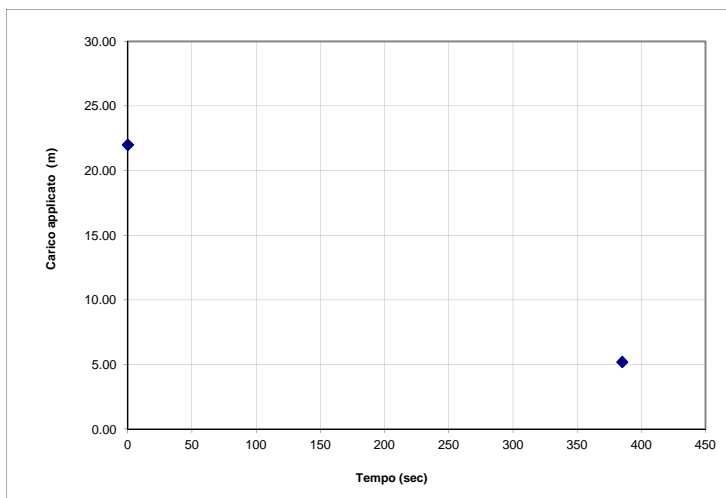
estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a m 22.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-35.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 22.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi \cdot (d_1/2)^2) / (C \cdot (t_2 - t_1)) \cdot \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

- L (m) = lunghezza della tasca di prova.
- d₁ (m) = diametro tasca di prova
- d₂ (m) = diametro interno rivestimento
- h₁ e h₂ (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂
- t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂
- C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =
- C = L (m) per L >> d



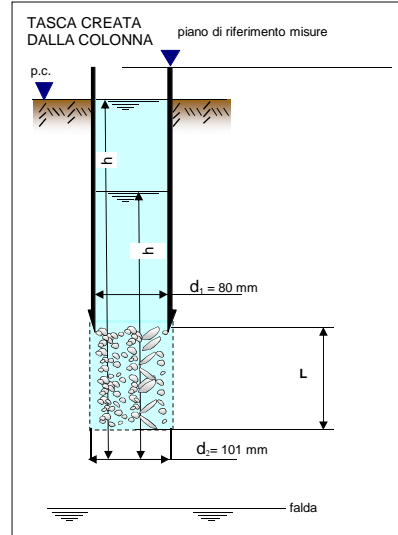
Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	22.00
385	16.800	5.20

K = 2.09E-06 m/s

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S3		
QUOTA:	47 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

immissione

estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a r 30.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-44.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 30.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi * (d_1/2)^2) / (C * (t_2 - t_1)) * \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

L (m) = lunghezza della tasca di prova.

d₁ (m) = diametro tasca di prova

d₂ (m) = diametro interno rivestimento

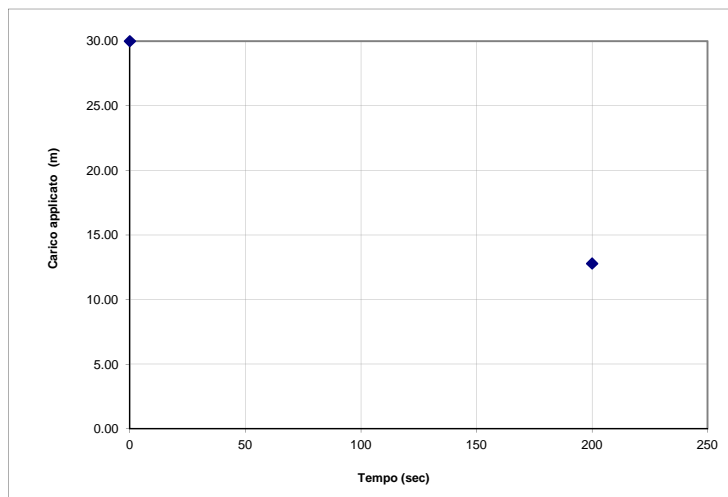
h₁ e h₂ (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata

o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂

t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂

C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =

C= L (m) per L >> d



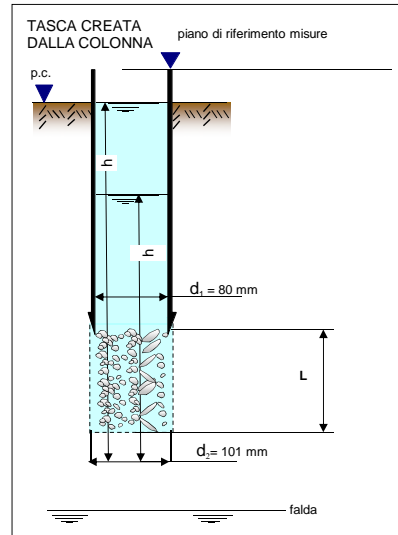
Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	30.00
200	17.200	12.80

K = 1.74E-06 m/s

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S4		
QUOTA:	52 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

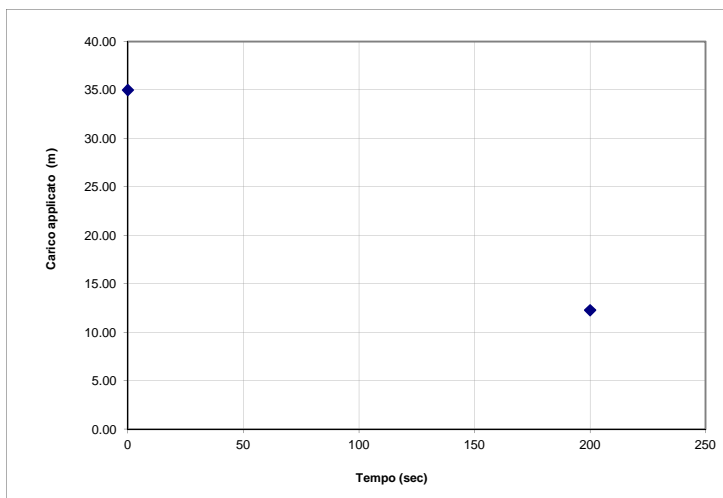
immissione
 estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a m 35.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-49.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 35.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi * (d_1/2)^2) / (C * (t_2 - t_1)) * \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

- L (m) = lunghezza della tasca di prova.
- d₁ (m) = diametro tasca di prova
- d₂ (m) = diametro interno rivestimento
- h₁ e h₂ (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂
- t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂
- C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =
- C = L (m) per L >> d



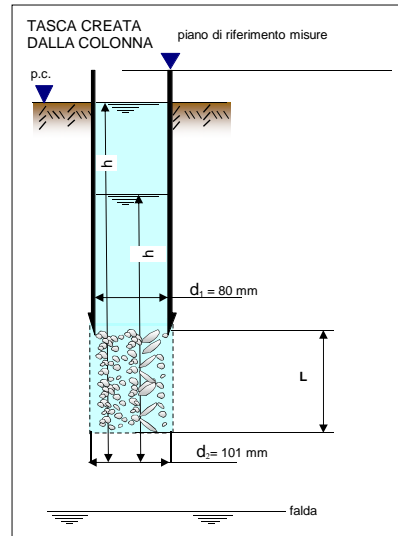
Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	35.00
200	22.700	12.30

K = 1.83E-06 m/s

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S5		
QUOTA:	54 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

immissione

estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a r 30.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-51.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 30.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi * (d_1/2)^2) / (C * (t_2 - t_1)) * \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

L (m) = lunghezza della tasca di prova.

d₁ (m) = diametro tasca di prova

d₂ (m) = diametro interno rivestimento

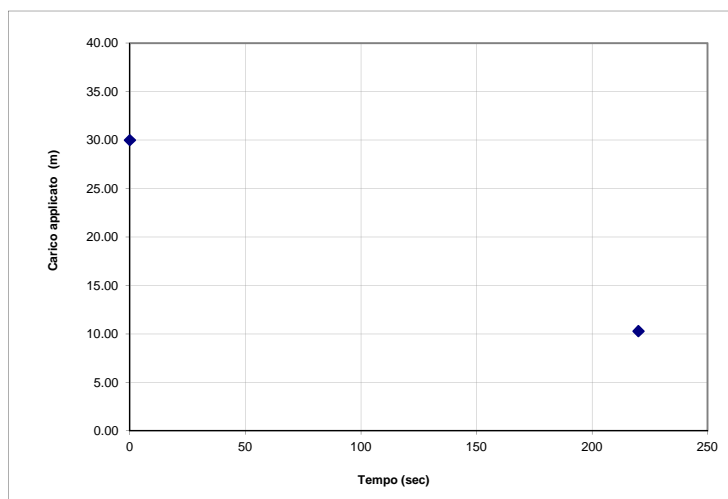
h₁ e h₂ (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata

o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂

t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂

C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =

C= L (m) per L>>d



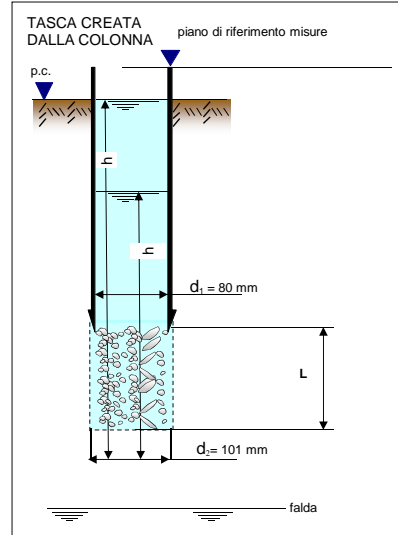
Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	30.00
220	19.700	10.30

K = 1.99E-06 m/s

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S6		
QUOTA:	50 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

immissione

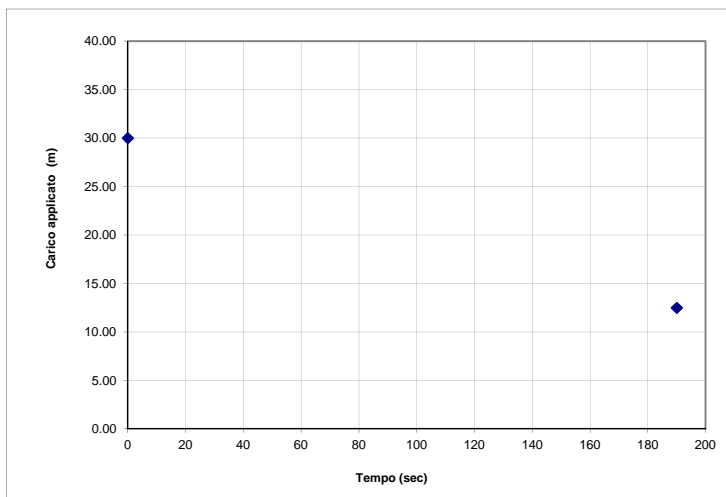
estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a r 30.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-47.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 30.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi * (d_1/2)^2) / (C * (t_2 - t_1)) * \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

- L (m) = lunghezza della tasca di prova.
- d₁ (m) = diametro tasca di prova
- d₂ (m) = diametro interno rivestimento
- h₁ e h₂ (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂
- t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂
- C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =
- C = L (m) per L >> d



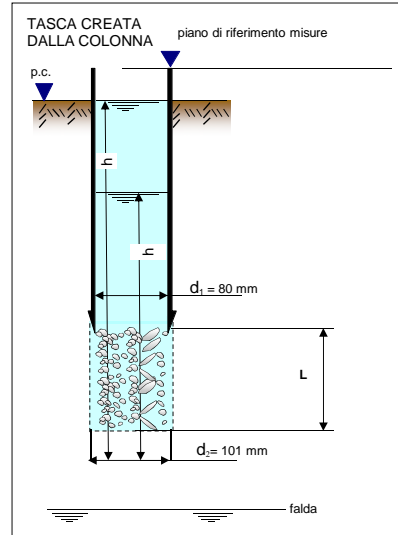
Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	30.00
190	17.500	12.50

K = 1.88E-06 m/s

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S7		
QUOTA:	52 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

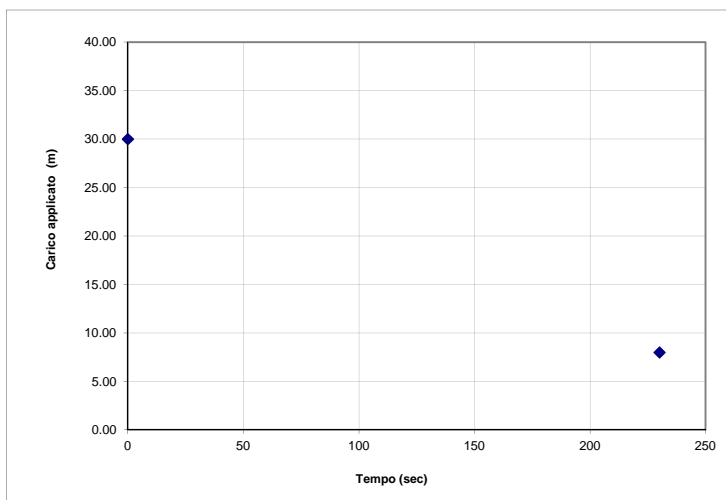
immissione
estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a r 30.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-49.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 30.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi * (d_1/2)^2) / (C * (t_2 - t_1)) * \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

- L (m) = lunghezza della tasca di prova.
- d₁ (m) = diametro tasca di prova
- d₂ (m) = diametro interno rivestimento
- h₁ e h₂ (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂
- t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂
- C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =
- C = L (m) per L >> d



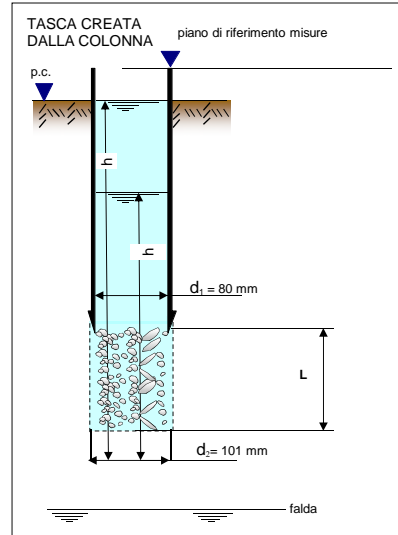
Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	30.00
230	22.000	8.00

K = 2.35E-06 m/s

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S8		
QUOTA:	50 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

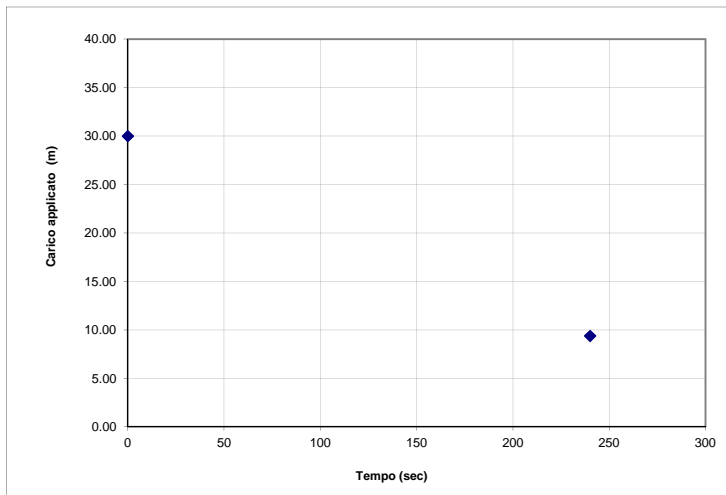
immissione
estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a r 30.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-47.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 30.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi * (d_1/2)^2) / (C * (t_2 - t_1)) * \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

- L (m) = lunghezza della tasca di prova.
- d₁ (m) = diametro tasca di prova
- d₂ (m) = diametro interno rivestimento
- h₁ e h₂ (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂
- t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂
- C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =
- C = L (m) per L >> d



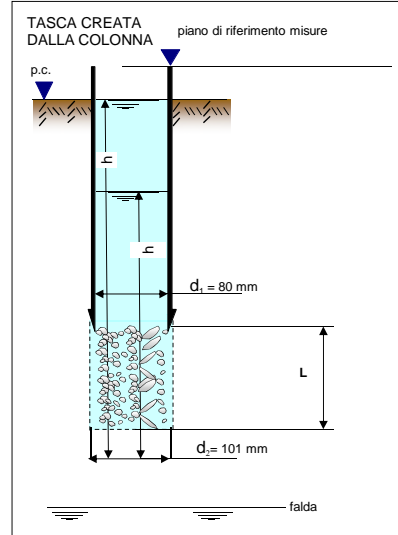
Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	30.00
240	20.600	9.40

K = 1.98E-06 m/s

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S9		
QUOTA:	51 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

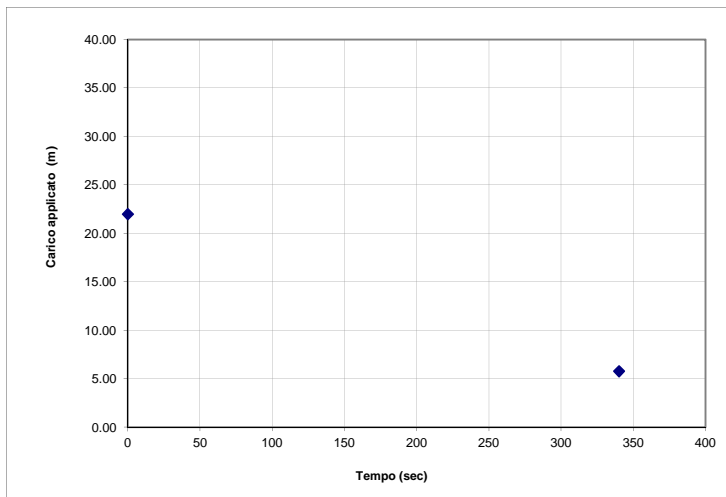
immissione
 estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a m 22.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-48.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 22.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi * (d_1/2)^2) / (C * (t_2 - t_1)) * \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

- L (m) = lunghezza della tasca di prova.
- d₁ (m) = diametro tasca di prova
- d₂ (m) = diametro interno rivestimento
- h₁ e h₂ (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂
- t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂
- C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =
- C = L (m) per L >> d



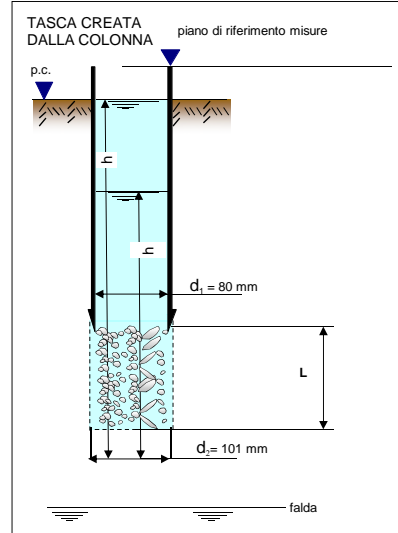
Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	22.00
340	16.200	5.80

K = 2.19E-06 m/s

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S10		
QUOTA:	46 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

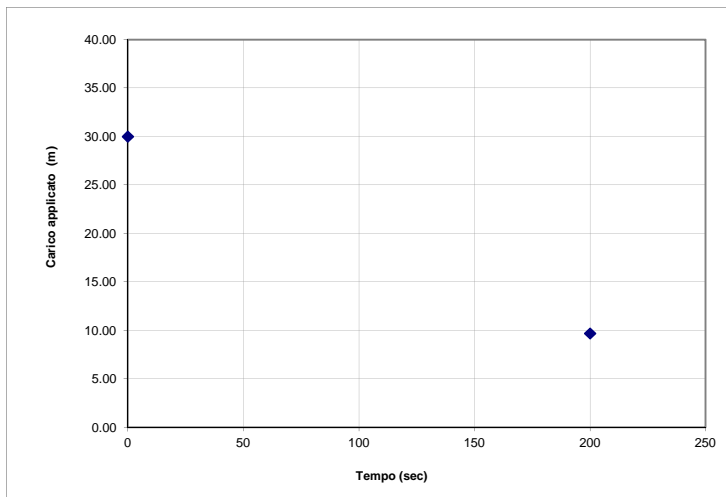
immissione
 estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a r 30.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-43.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 30.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi * (d_1/2)^2) / (C * (t_2 - t_1)) * \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

- L (m) = lunghezza della tasca di prova.
- d₁ (m) = diametro tasca di prova
- d₂ (m) = diametro interno rivestimento
- h₁ e h₂ (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂
- t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂
- C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =
- C = L (m) per L >> d



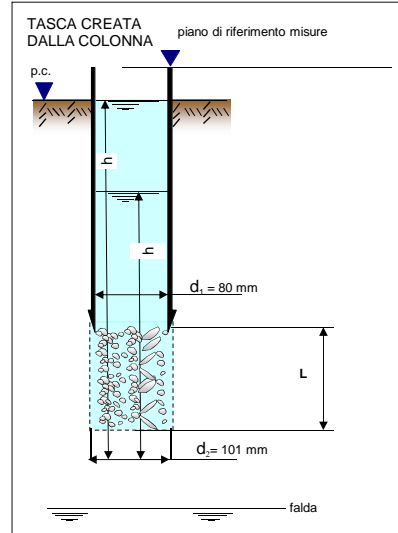
Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	30.00
200	20.300	9.70

K = 2.31E-06 m/s

COMMITTENTE:	MINERMIX S.r.l.		
PROVA N°:	1		
SONDAGGIO:	S11		
QUOTA:	42 m s.l.m.	PAG:	1 di 1

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO VARIABILE

SCHEMA PROVA



Prova in:

immissione

estrazione

TRATTO PROVATO da m	0.00 a m 30.00
DIAMETRO TASCA DI PROVA (d ₁):	0.125 m
DIAMETRO RIVESTIMENTO (d ₂):	0.125 m
ALTEZZA DELLA FALDA DAL P.C.:	-39.00 m
NOTE: litologia: CALCARI DOLOMITICI	
FONDO FORO	m 30.0

METODO/FORMULA: $K = (\pi * (d_1/2)^2) / (C * (t_2 - t_1)) * \ln(h_1/h_2)$ m/sec

dove:

L (m) = lunghezza della tasca di prova.

d₁ (m) = diametro tasca di prova

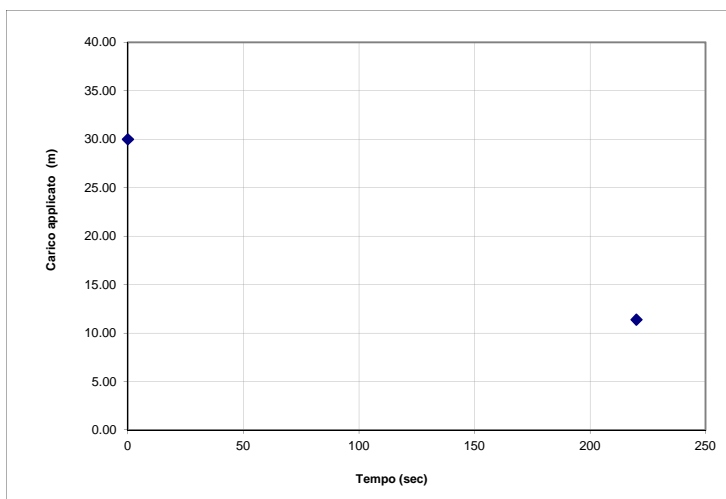
d₂ (m) = diametro interno rivestimento

h₁ e h₂ (m) = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t₁ e t₂

t₁ e t₂ (sec) = tempi ai quali si misurano h₁ e h₂

C (m) = coefficiente di forma, dipendente dalla geometria del sistema di prova =

C = L (m) per L >> d



Tempo (sec)	Abbassamento totale (m)	Carico applicato (m)
0	0.000	30.00
220	18.600	11.40

K = 1.80E-06 m/s