

Studio Geologico e Modellizzazione del Giacimento di “Dorato Valmalenco”

Il “Dorato Valmalenco”, definito commercialmente come “granito”, è una varietà di ortogneiss unica nel suo genere; si estrae da una sola cava situata nel polo estrattivo Sabbionaccio - Monsù, ubicata nel comune di Chiesa in Valmalenco (SO). La Marmi Valmalenco S.r.l., società proprietaria della cava, deve affrontare diversi problemi legati al giacimento. Il nostro contributo consiste nella caratterizzazione di questa pietra ornamentale e nell’indagine del giacimento utilizzando un approccio tipicamente “minerario”, ossia mediante sondaggi a distruzione e analisi mineralogiche delle polveri di sondaggio. Questi dati hanno portato alla costruzione di un modello geologico, utile a valutazioni e considerazioni riguardo la risorsa in esame.

Inquadramento geologico

Le Alpi sono costituite da un assetto strutturale a falde di ricoprimento che, in Valmalenco, sono rappresentate da tre principali unità geologiche:

- la falda Margna, costituita da un basamento cristallino e una copertura mesozoica;
- la falda Malenco, costituita fondamentalmente da un massiccio ultramafico, un substrato pre-oceanico del basamento granulitico della falda Margna (non la falda Margna, che è alpina) e oficarbonati riferibili al Giurassico;
- la falda ofiolitica del Monte Forno, formata da sedimenti oceanici del Giurassico, lave a pillow, rocce vulcanoclastiche e dicchi basici che marginalmente attraversano le rocce della falda Malenco.

La falda Malenco ed il basamento della falda Margna rappresentano la litosfera pre-alpina della placca Adria. Entrambe le unità sono tagliate dal Gabbro di Fedoz, di età Permiana, intruso al limite tra il mantello litosferico e la crosta continentale inferiore.

L’assetto a falde di ricoprimento è stato interessato, in Valmalenco, da manifestazioni magmatiche Oligoceniche che tagliano tutte le precedenti strutture: il massiccio intrusivo del Masino-Bregaglia (che ha generato una vasta aureola metamorfica) ed il piccolo Plutone di Triangia, affiorante nella bassa Valmalenco.

La Valmalenco è un classico esempio di margine continentale fossile evolutosi in catena collisionale. La zona che ora coincide con la valle si trovava, durante il Permiano, nella zona di transizione tra crosta continentale inferiore e mantello, a 35 km di profondità; l'intrusione di graniti dello stesso periodo dimostra come vi fosse già in atto un regime transtensivo. Il Giurassico ha dato il via alla fase di *rifting* e all'esumazione delle rocce profonde: una diffusa fagliazione estensionale e un grande *detachment* a basso angolo hanno portato alla denudazione del mantello sottocontinentale. Due cicli orogenici alpini hanno interessato l'antico margine passivo: un regime compressivo e una successiva estensione nel tardo Cretacico hanno prodotto l'impilamento delle falde sud-pennidiche e austroalpine: questo evento è responsabile del principale metamorfismo alpino. Sovrascorrimenti sud-vergenti e pieghe con andamento E-W, più giovani e relative alla collisione continente-continente del Terziario, sovrascrivono l'impilamento delle falde del Cretacico; questa seconda fase deformativa ha prodotto le strutture prominenti della Valmalenco, anche responsabile della presenza della finestra tettonica delle rocce pennidiche all'interno della pila di falde austroalpine.

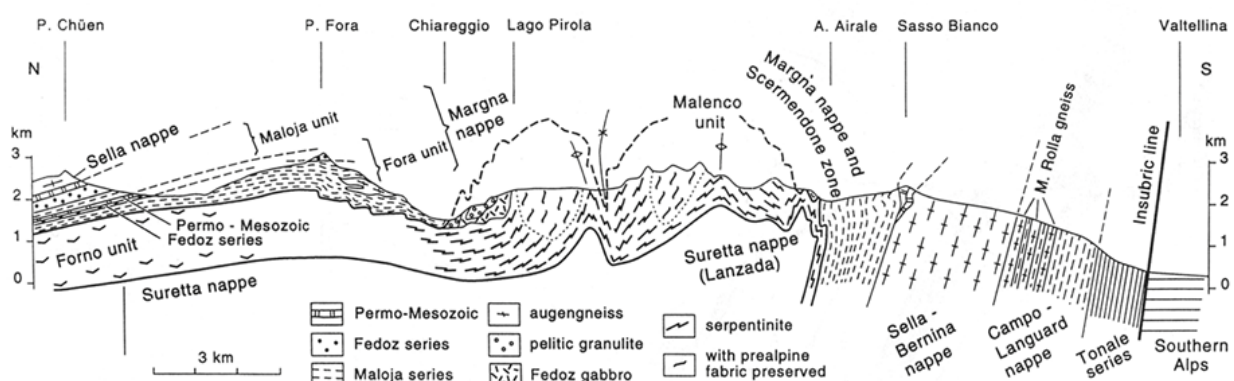


Figura 1 - Sezione geologica N-S che attraversa le unità esposte della Valmalenco (Berger, 1996).

La falda Margna

La falda Margna è una falda che costituisce il basamento cristallino e consiste in vecchie litologie cristalline formate da intrusioni da tardo- a post-varisiche, metasedimenti mesozoici e meta-ofioliti, che mostrano esclusivamente una sovraimpronta metamorfica alpina. Può essere suddivisa in quattro unità litologiche:

- Il Gabbro di Fedoz (intrusione da tardo- a post-varisica);
- Ortogneiss (gneiss di Maloja e Fora) (intrusioni tardo-varisiche);
- Serie di Maloja (basamento cristallino);
- Serie di Fedoz (basamento cristallino).

Il “Dorato Valmalenco” appartiene alla serie degli Gneiss di Fora; analisi chimiche degli elementi maggiori e degli elementi in tracce individuano i protoliti di questi ortogneiss come lembi intrusivi di una suite calcocalina associata alla vicina falda Bernina.

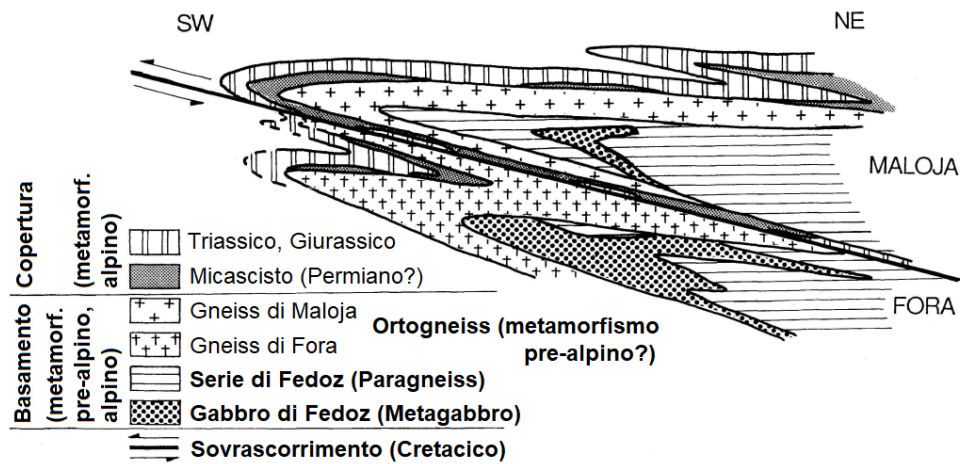


Figura 2 - Disposizione delle litologie e suddivisione tettonica della falda Margna (Liniger & Guntli, 1988).

La cava in località Sabbionaccio

Dagli anni '60 il “Dorato Valmalenco” viene estratto e lavorato per la produzione di blocchi da taglio per un impiego nel campo delle pietre ornamentali.

La cava è ubicata nel comune di Chiesa in Valmalenco, in località San Giuseppe, all'interno del polo estrattivo Sabbionaccio-Monsù; si trova mediamente a 1500 m s.l.m. e si estende su una superficie di circa 50000 m²

Da un punto di vista geomorfologico il territorio circostante la cava è caratterizzato da coperture detritiche, in gran parte colonizzate dalla vegetazione, alternate ad affioramenti rocciosi di natura gneissica. Nello specifico, l'area in esame si contraddistingue per gli elementi di natura antropica legati alla cava che hanno modificato la morfologia naturale. Le litologie presenti sono riferibili ad un substrato roccioso costituito da gneiss e a depositi glaciali.

Il giacimento di “Dorato Valmalenco” è di tipo massivo e, nell'ambito di un esteso ammasso roccioso costituito da gneiss, si materializza come corpo localizzato avente caratteri litologici e strutturali adeguati per la produzione di pietre ornamentali.

L'assetto giaciturale delle principali famiglie di superfici di frattura, presenti nell'ammasso roccioso che costituisce il giacimento, comprende una famiglia di discontinuità Ks che si sviluppa parallelamente alla foliazione della roccia, determinando una bancatura nell'ambito dell'ammasso roccioso; l'inclinazione di dette superfici di discontinuità ha valori localmente variabili legati alla

presenza di pieghe aperte osservabili alla scala metrica. Le superfici di discontinuità K1 costituiscono un evidente sistema di fratture caratterizzate da alta persistenza e valori di spaziatura generalmente riferibili alla scala decametrica. Altre famiglie di frattura presentano, alla scala dell'affioramento, valori medi di persistenza e spaziatura variabile nell'ambito della scala metrica.

In base alla storia evolutiva del cantiere, il giacimento è stato suddiviso in quattro settori adiacenti:

- *Settore Abbandonato*: è situato nella porzione più sud-orientale del giacimento ed è soggetto a recupero ambientale, ha prodotto materiale di ottima qualità;
- *Settore A*: resa dei blocchi del 30 %, buon materiale relativamente omogeneo con una foliazione marcata e piano-parallela;
- *Settore B*: resa del 12 %, la qualità del materiale peggiora rispetto al Settore A; il settore è delimitato da due discontinuità sub-verticali attribuibili alla famiglia di fratture K1;
- *Settore C*: resa del 3 %, superficialmente il materiale ha una scarsa qualità; il settore è attraversato da diverse discontinuità attribuibili alla famiglia di fratture K1.

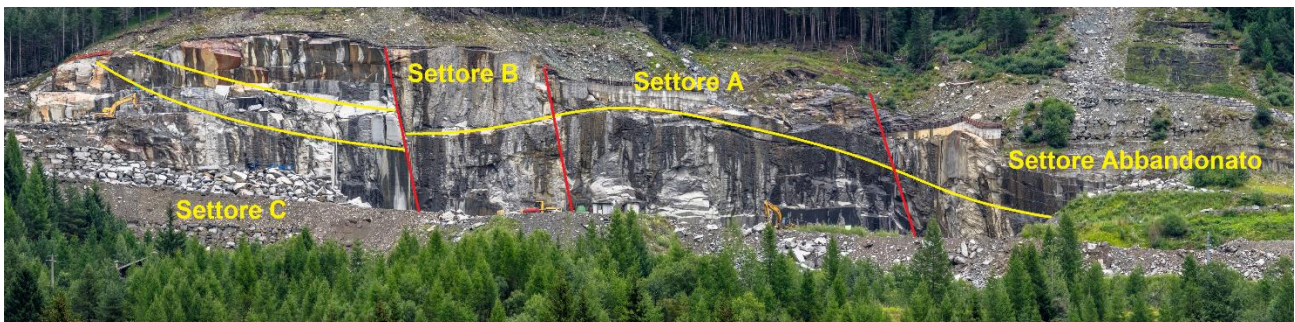


Figura 3 – Panoramica della cava vista dalla piana del Mallero. È evidenziata la Ks (giallo), la K1 (rosso) e i settori di suddivisione.

La coltivazione del giacimento di gneiss “Dorato Valmalenco” avviene mediante il taglio al monte di bancate, utilizzando la tecnologia di taglio con miccia detonante abbinata alla tecnologia di taglio con filo diamantato. Il distacco delle bancate con esplosivo (polvere nera) è talora attuato in zone del giacimento difficilmente accessibili, dove le operazioni di ribaltamento delle bancate con altri mezzi sono impossibili o laboriose. La polvere nera è inoltre utilizzata in abbinamento al taglio con miccia detonante qualora sia necessaria una sicurezza d’effetto per avere il ribaltamento o un determinato spostamento della bancata.

Dopo la fase di taglio al monte della bancata segue la suddivisione della stessa sul piazzale di cava; i blocchi ottenuti dalla suddivisione della bancata vengono riquadrati direttamente in cava al fine di ottenere i blocchi da taglio che costituiscono il prodotto di cava.

Il Dorato Valmalenco

La petrografia definisce il Dorato come una roccia metamorfica a grana fine omeoblastica a tessitura gneissica, con una marcata foliazione piano parallela definita dall'alternanza di livelli quarzoso-feldspatici (quarzo, albite, K-feldspato) e di fillosilicati (mica bianca, biotite, clorite), associati ad epidoto e ad altri minerali accessori; queste caratteristiche costituiscono la tipica facies dello gneiss "Dorato Valmalenco" e le conferiscono una colorazione grigiastra con riflessi argentei-dorati.



Figura 4 – Tipico aspetto del prodotto commerciale "Dorato Valmalenco".

Tenuto conto dell'origine metamorfica della roccia e delle numerose deformazioni che ha subito, non stupisce che giacimento presenti diverse anomalie mineralogiche e tessiturali a scala anche decimetrica; queste anomalie sono rispettivamente fasce milonitiche, lenti quarzoso-feldspatiche, livelli aplitici, concentrazione di clorite-epidoto e pieghe ripiegate, interrompono la continuità della foliazione e quindi rappresentano un grave problema in termini di coltivazione e resa del giacimento. Inoltre, la litologia attribuibile al Dorato tende a scomparire avvicinandosi ai limiti dell'area estrattiva.

Per questi motivi abbiamo svolto un'indagine del giacimento volta all'investigazione della continuità del Dorato, che d'ora in poi chiameremo Dorato "Classico", nelle profondità dell'ammasso roccioso.

Campionamento e caratterizzazione mineralogica

La prima fase dell'indagine prevede il campionamento di ognuna delle "litologie" e di tutte le "anomalie" individuate all'interno della cava. Per mezzo di analisi mineralogiche, effettuate tramite diffrattometria a raggi-X su polveri con metodo RIR (*Reference Intensity Ratio*), siamo stati in grado di caratterizzare tutte le varietà litologiche prese in esame.

Le analisi hanno così definito le fasi mineralogiche tipiche del Dorato “Classico” che, in ordine di abbondanza (% in peso), sono: fengite (31-42 %), albite (18-25 %), quarzo (8-19 %), ortoclasio (10-14 %), biotite (9-13 %), clorite (2-3 %), epidoto (2-3 %), tremolite-actinolite (2-3 %).

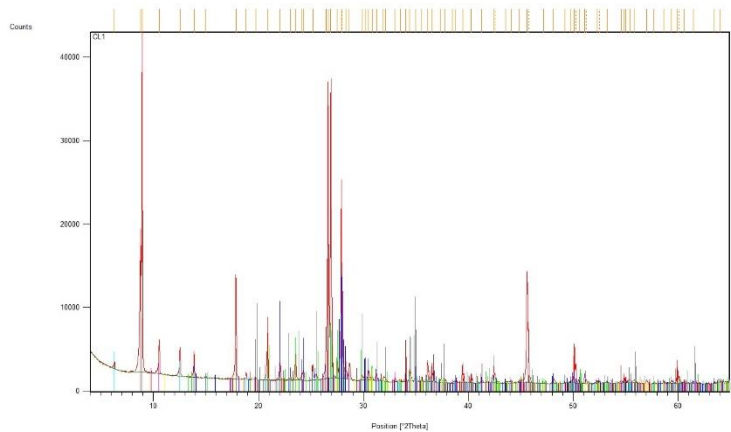


Figura 5 – Diffratogramma tipico del Dorato Valmalenco.

La presenza delle varie anomalie mostra un tipico scostamento rispetto al Dorato “Classico”:

- *Livelli aplitici* – albite > 30 %;
- *Dorato interessato da deformazioni* – biotite > 15 %;
- *Incassante (paragneiss)* – fengite > 45 %, ortoclasio > 15 %, clorite > 5 %;
- *Fasce milonitiche* – molto simile al “Classico”, biotite > 13 %, tracce di diopside (5 %);
- *Dorato “Nuvolato” (varietà definita da anomalie tessiturali che conferiscono un “disegno” diverso dal “Classico”)* – albite 25-30 %, fengite < 30 %, biotite > 14 %, ortoclasio < 10 %;
- *Dorato interessato da strutture ocellari* – albite < 10 %;
- *Rods di quarzo* – quarzo > 25 %, albite < 15 %, biotite < 8 %.

Un’analisi al microscopio elettronico a scansione con associata microsonda EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) ha caratterizzato le microstrutture e la composizione chimica delle fasi. Le microanalisi EDS hanno evidenziato un plagioclasio prettamente albitico, una mica chiara fengitica, nonché un anfibolo della serie tremolite – actinolite.

Il Dorato esibisce una tessitura gneissica definita da una piani di foliazione e alternanze quarzoso feldspatiche – fillosilatiche dell’ordine dei 250 – 400 μm per il “Classico”, 130 – 200 μm per la varietà “Nuvolato”.



SEM MAG: --- DET: BSE Detector
 HV: 20.0 kV DATE: 11/15/17
 VAC: HiVac Device: TS5136XM
 Vega ©Tescan
 Digital Microscopy Imaging

Figura 6 - Dorato Valmalenco “Classico”, immagine SEM in elettroni retrodiffusi, modalità fisheye.

Questa serie di analisi è significativa, ma non sono sufficiente a definire le caratteristiche delle “litofacies” utili alla costruzione del modello; per questo motivo provvederemo ad associarle e a confrontarle con osservazioni dirette mediante sondaggi e tecnologia a telecamera ottica.

Sondaggi in cava e video ispezione dei fori

Sono stati eseguiti 5 sondaggi mediante la tecnica di perforazione a distruzione di nucleo con l’obiettivo di indagare litologia, strutture e continuità del giacimento entro i 40 m di profondità.

I sondaggi sono stati eseguiti solamente nel Settore C e nel Settore Abbandonato poiché:

- I due settori rappresentano i limiti osservabili del giacimento, è lecito pensare quindi che un sondaggio qui eseguito possa valutare la continuità del giacimento stesso;
- Il Settore C rappresenta la naturale espansione della cava avvenuta negli anni; il progressivo peggioramento della resa dei settori della cava, procedendo verso NW, potrebbe indicare una scomparsa laterale del Dorato;
- Il Settore Abbandonato possiede le migliori caratteristiche in termini litologici e geo-meccanici.



Figura 7 – Foro operato dalla perforatrice idraulica, dettaglio del bloccaggio delle aste di perforazione in attesa di un nuovo innesto.

Il campionamento e l’analisi delle polveri di perforazione, confrontate con le analisi dei campioni prelevati in cava, hanno permesso di caratterizzare la roccia lungo i fori per intervalli di 1.5 m.

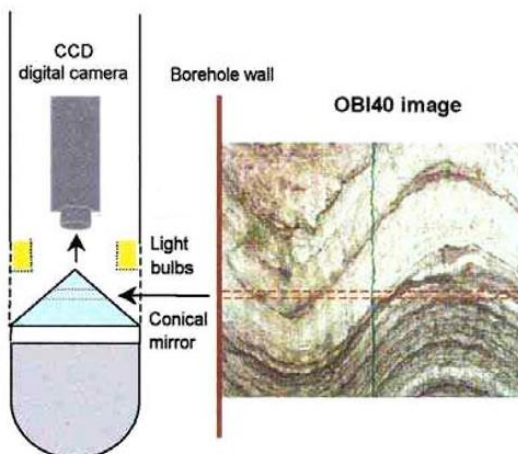


Figura 8 – Metodo di acquisizione OPTV.

Lo step successivo ha previsto l’utilizzo di una telecamera ottica OPTV (*Optical Borehole Televiewer*), tecnologia in grado di generare un’immagine a 360°, continua ed orientata, delle pareti del foro di sondaggio. Il record ottenuto dalla scansione delle pareti del foro viene sviluppato sul piano ed orientato rispetto al nord magnetico. Su questa immagine le strutture attraversate corrispondono a tracce sinusoidali.

L'analisi geomeccanica dell'immagine ottenuta è utilizzata per individuare fratture, foliazioni e determinarne l'orientazione. Per l'intervallo indagato vengono rappresentate tutte le strutture secondo una proiezione sferica (diagramma di Schmidt - emisfero inferiore). Per rappresentare, mediante un simbolismo, il tipo e le caratteristiche di azimuth ed immersione delle strutture individuate, vengono utilizzati i cosiddetti "Tad Poles".

Per ogni struttura individuata viene assegnato un tipo di "Tad Pole". La posizione del "Tad Pole" sull'asse orizzontale indica l'inclinazione della struttura (0-90 gradi) e la linea sul simbolo indica l'immersione della struttura.

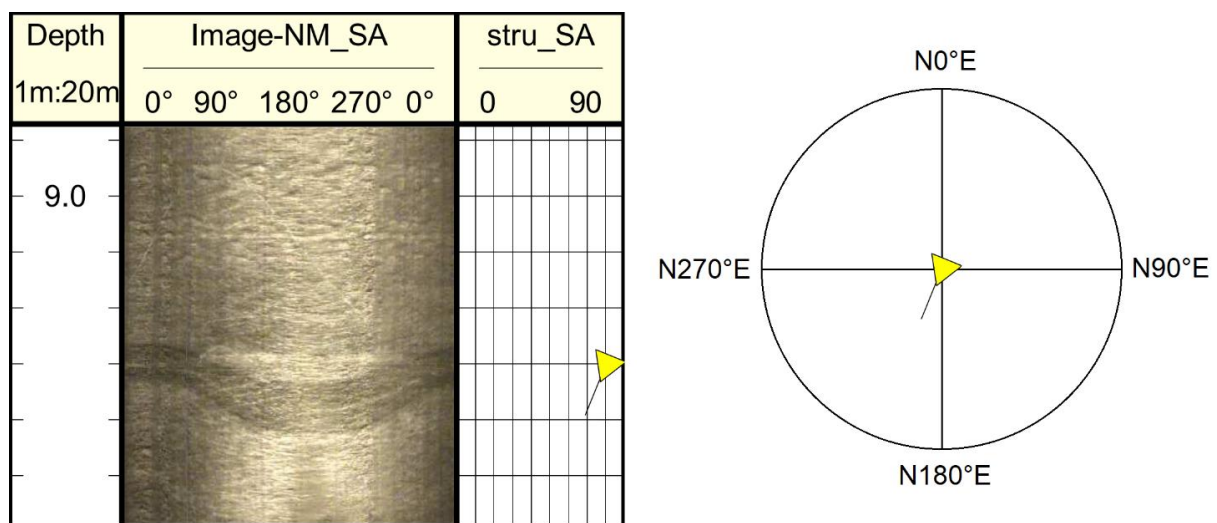


Figura 9 – Esempio di rappresentazione attraverso "Tad Pole" di una struttura. A sinistra, inclinazione della struttura (0-90°), nello specifico 80°. A destra, direzione della struttura rispetto al nord magnetico (0-360°), nello specifico N203°E.

Il rilievo geomeccanico ha individuato i piani di foliazione e le tre principali famiglie di discontinuità osservate anche in affioramento (Ks, K1, K2).

Correlazione tra i dati

La correlazione tra le abbondanze dei minerali indice date dalle analisi XRPD, il rilievo geomeccanico e la video-ispezione dei fori ha permesso la costruzione di una colonnina "stratigrafica" interpretativa delle porzioni di roccia attraversate dai sondaggi. Abbiamo deciso di definire tre principali "litofacies" ai fini della costruzione del modello: il Dorato "Classico", il Dorato "Nuvolato" e una litofacies attribuibile a porzioni di roccia di scarsa qualità.

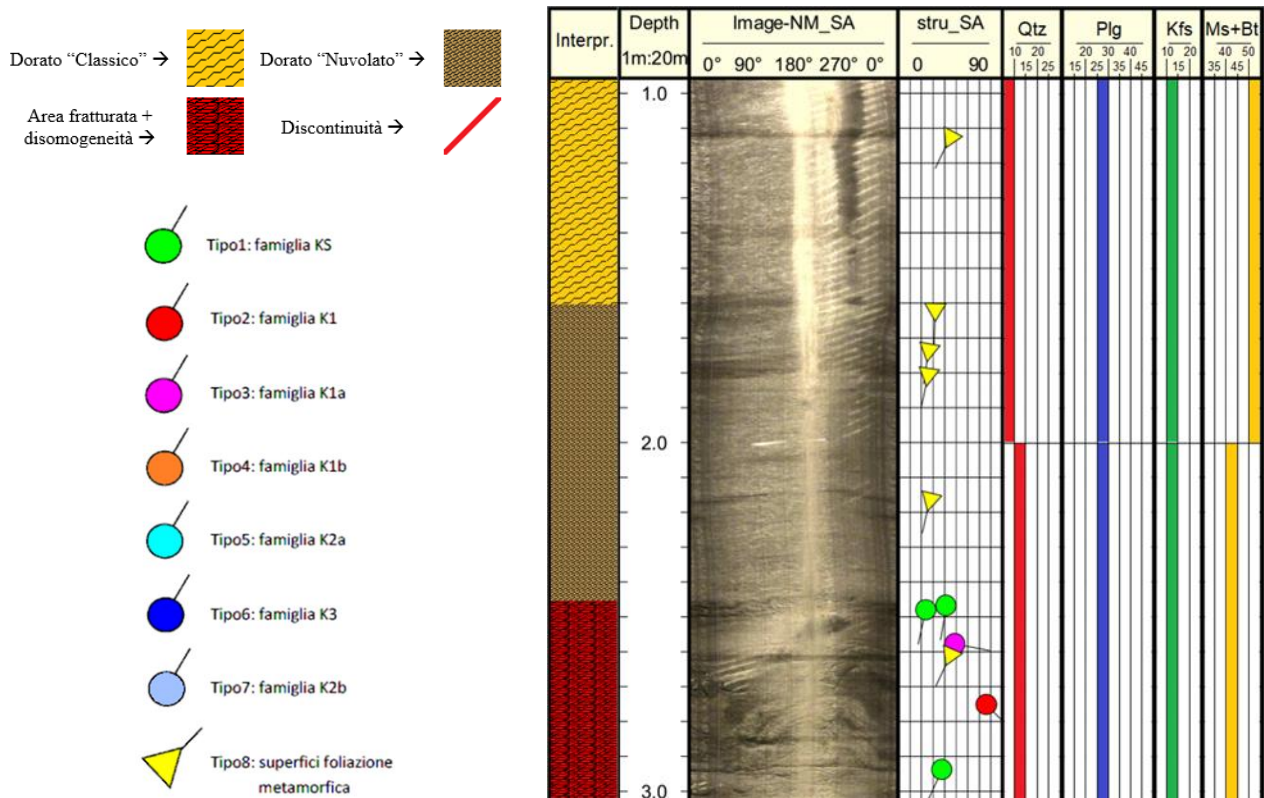


Figura 10 – Da sinistra a destra: legenda, colonnina interpretativa; immagine continua del foro; rilievo geomeccanico; abbondanza minerali indice per intervalli di 1.5 m.

Correlando infine i dati relativi allo studio dei sondaggi (colonnina interpretativa, immagini dei fori, andamento delle strutture) e le osservazioni effettuate sul campo (osservazione dei fronti di cava e rilievo geomeccanico), possiamo interpretare l'andamento delle "litofacies" in profondità e modellizzare i due settori di nostro interesse:

In questo esempio consideriamo il Settore Abbandonato "osservato" perpendicolarmente rispetto al fronte di cava; risulta essere abbastanza omogeneo e "ricco" di Dorato "Classico"; le litofacies "Classico" e il "Nuvolato" si alternano e si chiudono lateralmente con una geometria a corpi lenticolari.

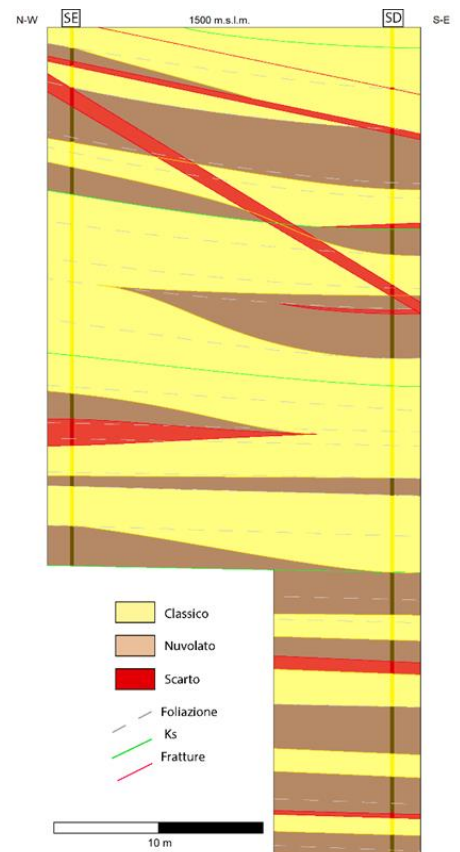


Figura 11 – Vista "frontale", correlazione laterale dei fori (Settore Abbandonato).

Al contrario, il Settore C risulta essere intensamente fratturato e definito per la maggior parte da “litofacies” non attribuibili al Dorato “Classico”.

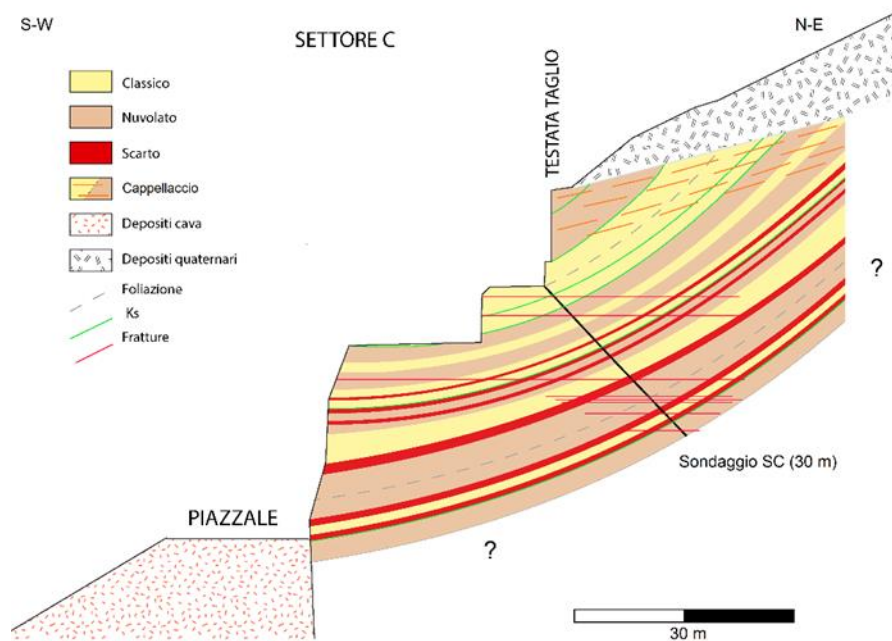


Figura 12 – Sezione geologica del Settore C tracciata ortogonalmente alla foliazione. La foliazione disegna il fianco di una sinforme.

Anche questo settore è definito dall’alternanza tra “Classico” e “Nuvolato” in una geometria a corpi lenticolari; la differenza principale è la netta prevalenza del “Nuvolato” sul “Classico” e la presenza di numerose fratture sub-orizzontali che attraversano la sezione.

Conclusioni

Abbiamo verificato la validità dell’approccio “minerario” nel settore delle pietre ornamentali. Grazie a questo approccio, siamo stati in grado di validare presenza del Dorato anche in profondità. Un incremento sempre maggiore del Dorato “Nuvolato” rispetto al “Classico” potrebbe portare alla differenziazione della produzione della cava, con l’intento di introdurre sul mercato una nuova varietà commerciale di “granito”, il Dorato Valmalenco “Nuvolato”. Se così fosse, sarebbe ideale considerare la porzione nord-occidentale della cava come zona adibita principalmente alla produzione di “Nuvolato” e poter così incrementare la resa dei blocchi; allo stesso modo, riuscire a recuperare la porzione sud-orientale del giacimento sarebbe una garanzia per il futuro, poiché è potenzialmente in grado di produrre un’ottima qualità di “Classico”, il che porterebbe ad una migliore resa del giacimento stesso.