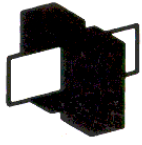


INTERNAZIONALE  
MARMI E MACCHINE  
CARRARA S.P.A.



# **IL MARMO DI CARRARA: ASPETTI GEOLOGICI, MERCEOLOGICI E MINERARI**

**EUROMINERALS AND THE SOCIETY OF MINING PROFESSORS  
1998, SEPTEMBER 12-16, CARRARA - ITALY**

---

**INTERNAZIONALE MARMI E  
MACCHINE CARRARA S.P.A.**

*PAOLA BLASI*

- **LE VARIETÀ  
MERCEOLOGICHE DEI  
MARMI CARRARESI**

**COMUNE DI CARRARA**

*ANTONINO CRISCUOLO,  
SIMONE LISI*

- **GEOLOGIA E STRUTTURE  
DELLA FORMAZIONE DEI  
MARMI**
- **LE CAVE DI MARMO:  
TIPOLOGIE E TECNICHE DI  
COLTIVAZIONE**

---

**BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE**

- Bradley F. (1991) – Guida alle cave di Marmo di Carrara – I.M.M. Carrara
- Bradley F., Musetti C., Pili M. (1997) – Cave di Carrara. Situazione e tendenze evolutive. Rapporto 1997 – Studio Marmo ed.
- Capuzzi Q. (1984) – La coltivazione dei Marmi apuani – Com. Mont. Apuane
- Carmignali L., Disperati L., Fantozzi P.L., Giglia G., Meccheri M. (1993) – Tettonica distensiva del Complesso Metamorfo delle Alpi Apuane. Guida all'escursione
- Coli M. (1995) – Geo-structural and Geo-mechanical setting of the Carrara Marble Quarries. Italy – Preprint
- Coli M., Pandeli E. (1992) – Guida all'attraversata dell'Appennino settentrionale – Soc. Geol. It.
- Corrotti R., Criscuolo A. (1992) – Attività estrattiva di materiale litoide pregiato e implicazioni ambientali nel distretto apuano di Carrara (Toscana) – Mem. Descr. Carta Geologica d'Italia, Vol. XLII.
- ERTAG (1980) – I Marmi Apuani – Regione Toscana
- Primavori P. (1998) – 20 anni di filo diamantato – Marmo Macchine n. 141
-

## LE VARIETÀ MERCEOLOGICHE DEI MARMI CARRARESI

\*BLASI P.

Con ogni probabilità il *Bianco Carrara* è la più rappresentativa e conosciuta tra le varietà dei marmi Apuani.

Viene estratto in oltre la metà delle cave di Carrara e rappresenta oltre il 50% della produzione totale, che nel 1997 ammontava a circa 1.100.000 t estratte in ~90 cave.

Il Bianco Carrara in genere possiede una tessitura saccaroide a grana medio-fine compatta. Il colore di fondo, che determina il valore commerciale ed estetico del marmo, varia da bianco perla fino a bianco sporco, ma può avere anche una tinta grigio tenue. Le venature di tono grigio, spesso grigio chiaro, sono molto sottili e spesso limitate solo a piccole porzioni del materiale.

Il Bianco Carrara è classificato sulla base delle caratteristiche di colore in cinque diverse categorie commerciali, che in ordine di valore sono C, C/D, D, Corrente ed Edilizia.

Il Bianco C ha una massa di fondo bianco perla, dove l'andamento delle vene sottili è diffuso e molto fitto; la varietà Edilizia ha un fondo grigio chiaro e una trama di venature definita e spesso non uniforme.

Questa stessa classificazione è usata per la varietà *Bianco Venato*. Questa categoria è la seconda tipologia in ordine di quantità nelle cave di Carrara (circa il 25 % della produzione totale).

A differenza delle varietà di Bianco, i marmi Venati hanno un andamento delle venature ben definito che generalmente segue una orientazione particolare ("verso di macchia"), mentre la massa di fondo può assumere le stesse tonalità del Bianco. L'andamento delle venature di tutte le varietà di marmo può essere smorzata o accentuata in base alla direzione di segazione del blocco. I blocchi sono normalmente tagliati in lastre "al

\*Geologo – Internazionale Marmi e Macchine, Carrara

## THE KINDS OF CARRARA MARBLES

\*BLASI P.

*Carrara White is most certainly the most representative and the most well-known of the Apuan marble varieties.*

*It is extracted in over half of the Carrara quarries and accounts for over 50% of total production figures which amounted to approximately 1.100.000 tons in ~90 quarries in 1997.*

*Carrara White generally has an even saccharoid texture with a compact medium-fine grain. The groundmass colour which determines the aesthetic and commercial value of the marble varies from pearly white to off-white and even a light greyish colour. The grey, often soft grey-coloured veins are very light and often limited to just a few areas of the material.*

*Carrara White comes under five different commercial categories according to colour characteristics which, in order of value, are C, C/D, D, Current and Building.*

*C has a pearly white groundmass and a very even and fairly subtle vein pattern. The building variety has a grey groundmass and a very distinct vein pattern which is often uneven.*

*This same classification is used for the Veined White variety. This accounts for the second largest quantity produced in the Carrara quarries (approximately 25% of total production).*

*Unlike the White varieties, the Veined varieties have a very distinct vein pattern which generally follows a particular direction while the groundmass colour varies in the same way as for the White varieties. The vein pattern of all marble varieties may be subdued or accentuated according to the direction in which the block is cut. Blocks are usually cut into slabs against the grain (hard way) to tone the vein pattern down.*

\*Geologist -- Internazionale Marmi e Macchine, Carrara

contro” o “al secondo”, ovvero ortogonalmente al verso di macchia in modo da non accentuare il disegno delle venature.

Esiste comunque una categoria di marmi la cui qualità dipende essenzialmente dall'andamento e dall'intreccio delle venature, la categoria degli *Arabescati*. Solo poche qualità vengono estratte a Carrara, mentre la maggior parte si ritrova nelle altre parti delle Alpi Apuane.

Il marmo Arabescato ha una grana fine o medio-fine con un colore di fondo da bianco a bianco sporco. Porta un intreccio irregolare di venature grigie, orientate secondo una direzione preferenziale, che si intrecciano tra loro. In alcuni casi l'andamento delle venature è così accentuato che le parti bianche della roccia si distinguono e contrastano decisamente con la trama (varietà *Brouillé*).

Quando l'andamento delle venature mostra allineamenti dritti più o meno paralleli il marmo è chiamato *Cipollino Zebrato*.

Un altro materiale molto conosciuto, specialmente per utilizzazioni artistiche, è il *Bianco Statuario*. La produzione di questo materiale raggiunge circa il 5% del totale. Ha una tessitura saccaroide compatta con grana da medio-fine a fine. La pasta di fondo è di colore bianco puro virato sull'avorio, e normalmente le venature sono assenti.

Quando una varietà a fondo statuario possiede una trama di vene particolarmente accentuata si parla di *Statuario Venato*. L'andamento delle vene può essere definito al punto tale da formare fasce spesse pochi centimetri. Il colore può variare dal grigio al giallo chiaro e qualche volta al verdognolo. Questa varietà di marmo, molto pregiata, è conosciuta commercialmente come *Calacata* e la sua produzione è inferiore al 5% del totale.

Un'altra varietà di marmo che viene molto richiesta e viene prodotta solo in quantità molto piccole è il *Crema*. Possiede una grana medio-fine e una massa di fondo di colore bianco-giallognolo. Se porta venature,

*There is one category of marble, however, whose quality depends essentially on the vein pattern, i.e. the Arabesque category. A few varieties are quarried in Carrara although the majority are found in other areas of the Apuan Alps.*

*Arabesque marble has a fine or medium-fine grain with a white or off-white groundmass. There is a mesh of grey-coloured veins which create a haphazard pattern. In some cases the vein pattern is so accentuated that white marble portions of rock stand out and sharply contrast with the pattern (Brouillé varieties).*

*If, however, the vein pattern appears in straight lines which are more or less parallel, the marble is called Cipollino Zebrato.*

*Another very well-known material, especially for its artistic uses, is Statuary White. Production of this material accounts for approximately 5% of the total. It has a clearly compact saccharoid texture with a medium-fine to fine grain. The groundmass is white verging on ivory and there is generally no vein pattern.*

*If a rock has a particularly accentuated vein pattern but otherwise corresponds to this variety, it is called Veined Statuary White. The vein pattern may be so prominent that it forms bands a few centimetres thick. The colour may vary from grey to light yellow and sometimes a greenish colour. This very precious variety of marble is commercially known as Calacata and its production amounts to less than 5% of the total.*

*Another variety of marble which is much sought-after and is only produced in very small quantities is Crema. This has a medium-fine grain and a white-yellowish-coloured groundmass. If it has a vein pattern at all the veins are very fine, subtle and a grey-yellowish colour.*

*Dark coloured materials are extracted from the Carrara quarries too such as Bardiglio and Nuvolato Apuano. The quantities produced of these account for approximately 3% of the total.*

queste sono molto sottili e di colore grigio-giallognolo.

Dalle cave di Carrara si estraggono anche marmi di colore scuro, come il *Bardiglio* e il *Nuvolato Apuano*. Le quantità prodotte di questi materiali raggiungono il 3% del totale.

Il *Bardiglio* ha un colore di fondo grigio che talvolta porta venature grigio scure. Il *Nuvolato Apuano* ha ancora una massa di fondo scura ma le vene sono più chiare e spesso con la stessa orientazione.

Il termine generale “Marmo di Carrara” ricopre un numero di varietà merceologiche con caratteristiche meccaniche ed estetiche significativamente diverse. Nondimeno, ad eccezione di poche qualità alcune delle quali qui non menzionate, ogni tipologia di marmo ha generalmente caratteristiche costanti. Questo aspetto le rende particolarmente utilizzabili per un vasto campo di impieghi in una varietà di prodotti (marmette standard, elementi su misura, grandi lastre, ecc.).

Il settore dell’edilizia (pubblica, commerciale e residenziale) è sicuramente il mercato più importante per il Marmo di Carrara, così come per tutte le pietre ornamentali in genere. Oltre a quello edile vi sono i settori dell’arte sacra e funeraria, dell’artigianato e dell’arredo urbano.

L’elemento chiave per assicurare un uso corretto del marmo è la scelta della qualità da impiegare, che non può dipendere solamente dall’aspetto estetico, soprattutto nel settore edile: in primo luogo devono essere valutati i parametri meccanico-fisici insieme alla disponibilità e alla uniformità del materiale. Se questi elementi non sono attentamente considerati, possono crearsi problemi sia nella fase di esecuzione che dopo il completamento.

Le tecniche di lavorazione e soprattutto le finiture superficiali possono aiutare a migliorare le caratteristiche del prodotto per le sue finalità.

Per esempio, una pavimentazione per esterni in marmo deve essere fatta con una finitura levigata o grezza di qualche

*Bardiglio has a grey groundmass which sometimes have dark grey veins. Nuvolato Apuano always has a dark groundmass but the veins are light and often isoriented.*

*Hence, the general term Carrara marble covers a number of varieties with fairly different aesthetic and mechanic characteristics. Nevertheless, except for the rarer varieties, some of which have not even been mentioned here, the individual families of Carrara marble generally have very constant characteristics. This makes them particularly suited to a wide range of uses in a variety of products (standard tiles, solid pieces, large slabs, etc.).*

*The building sector (public, commercial and residential) is certainly the most important market for Carrara marble as is the case for all dimension stone in general. In addition to the building sector is holy art and the funerary sector, artwork in general and urban landscape.*

*The most important element to ensure the correct use of marble is the choice of the variety of marble. This cannot depend solely on aesthetic parameters, especially in the building sector; above all it must take into account the physical-mechanical parameters together with the availability and evenness of the material. If these parameters are underestimated, problems may arise both during execution and after completion.*

*Processing techniques and above all surface finishes can help to improve the characteristics of the product for its designated use. For example, an external paving in marble needs to have a honed finish or a rough finish of some kind so as to avoid a slippery surface which would result from a polished marble surface.*

*Other very important factors are marble laying and installation techniques, especially as regards white marble varieties. Incorrect laying may cause the marble to turn yellow or darken which certainly would not be due to the characteristics of the marble.*

tipo, per evitare una superficie scivolosa come potrebbe risultare da una superficie marmorea lucidata.

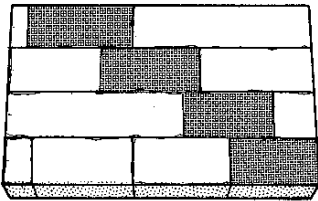
Un altro fattore molto importante sono le tecniche di posa in opera e fissaggio del marmo, specialmente per quanto riguarda le varietà di bianco. Una posa errata può causare un viraggio del colore al giallo o al grigio, ciò che certamente non può essere attribuito alle caratteristiche del marmo.

Lo stesso discorso vale per la manutenzione delle opere in marmo perché prodotti inadatti o troppo consistenti possono avere effetti negativi sulla qualità del materiale.

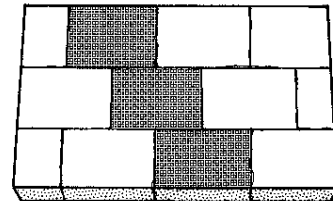
La migliore dimostrazione delle proprietà, dell'eleganza e della bellezza del Marmo di Carrara viene fornita dagli innumerevoli lavori architettonici e artistici che esistono in tutto il mondo da più di 2000 anni.

*The same applies for the maintenance of marble works since unsuitable products or products which are too strong may have an adverse effect on the quality of the marble.*

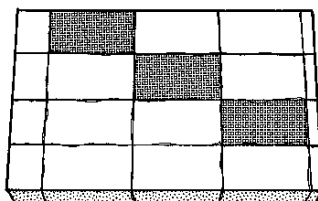
*The best proof of the properties, charm and beauty of Carrara marble, though, is provided by the countless architectural and artistic works which have existed throughout the world for over two thousand years.*



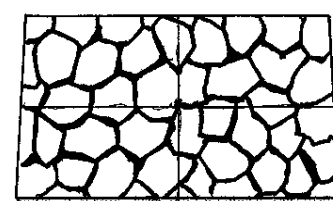
Posa a Corriere / Random Length Pattern



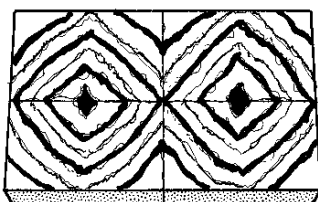
Posa a Giunto Alternato / Offset Pattern



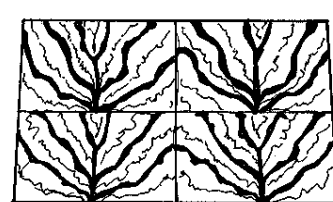
Posa a Giunto Allineato / Stacked Bond



Palladiana / Crazy Paving



Posa a Macchia Aperta / Quarter Match Pattern



Posa a Libro / Book Match Pattern

## **GEOLOGY AND STRUCTURES OF MARBLE FORMATION**

---

*\*Criscuolo A., \*Lisi S.*

## **QUARRYING TECHNIQUES IN CARRARA MARBLE**

---

*\*Criscuolo A., \*Lisi S.*

### **ABSTRACT**

*From Roman age marble is extracted in Apuan Alps (North Tuscany) known in the world as Carrara Marble; this area is at the moment the greatest basin of stone work.*

*The stoping methods depend on the mount characteristics and therefore on the geological story of the rocks. Particularly in Apuan Alps Marble-formation lies inside the Apuan Unit, metamorphosed about 25-30 m.y. in greenschist facies, for the overthrust of three other nappes and for the related thermal and dynamic metamorphism.*

*There are two principal tectonic compressing events with mega-superposed folds and regional foliations in different axial strikes. So there are many rock repetitions with numerous Marble outcrops characterized from different litoid varieties as the white, the veined, the arabesque, the bardiglio (dark gray), the colored breccias.*

*The quality of Marble is connected to the market requirements and specially to chemical-physical properties of the rock. For instance, very important is the lowest presence of dolomite, not polishable, and of silica that conditions cut-technologies, or the mineral-size that influence the work possibilities.*

*Physical-mechanical characteristics determine the use of stone in buildings (resistance, imbibition, compression strenght, bending strenght ...).*

*The geo-structural setting, beside the cubic volume of the deposit, influences the stoping method and the recovering of a quarry; the two system of fractures and the first schistosity determine the ways of opening and possibility to extract blocks with the best dimension. These strikes are called from quarrymen as "verso" (easy-way joints), "secondo" and "contro" (hard-way joints) planes for the different properties in separation of the rock. Along these direcions we have sub-vertical fractures, almost orthogonal to each other, due to the latest extensional event.*

*Quarries of Apuan Alps can be classified as open-cast, "under-wall" and underground quarries. In the first type the best configuration is half-anphitheatre, open on the top or on hillside, with several levels and benches; the use of powerful wheel-loaders allows the movement of huge rock mass. Under-wall and underground works need to open a first top bench high 3 m and then go on with usual levels. Stopping can be in big volumes, by pre-splitting and blasting, or in less volumes, as bench, by diamond wire and chain cuttings, overturning on the stock ground and cutting to marketable sizes. The bench dimension are about 3-12 m high, 3 m thick and variable long.*

*From use of esplosive, specially in XIX century, the cut-technology had a big improvement with introduction of helical wire, in the beginning of XX century, and on the present with diamonds wire, that is replacing all other systems. Air-compressed drilling is still utilized while now chain-saw has very interesting applications.*

*Wheel-loaders, excavators, derricks and explosives are also rewieved.*

---

*\*Geologist, Mining Expert – Carrara Municipality, Quarries Office*

# GEOLOGIA E STRUTTURE DELLA FORMAZIONE DEI MARMI

\*Criscuolo A., \*Lisi S.

## 1. Introduzione

Le Alpi Apuane, ubicate nella Toscana Nord-occidentale, da due millenni vengono sfruttate per l'estrazione del marmo, conosciuto in campo mondiale come Marmo di Carrara.

Il rilievo montano a direzione appenninica NW-SE, amministrativamente compreso tra le provincie di Massa-Carrara e Lucca (fig. 1), presenta un versante occidentale prospiciente la costa tirrenica e un altro orientale, più interno, tra la Lunigiana e la Garfagnana. Mentre nei bacini ad Est (Fivizzano, Minucciano, Vagli) le coltivazioni sono iniziate all'inizio del secolo, le estrazioni nel versante costiero (Carrara, Massa, Versilia) risalgono all'epoca romana e attualmente rappresentano la zona di maggior produzione lapideo-ornamentale in Italia.

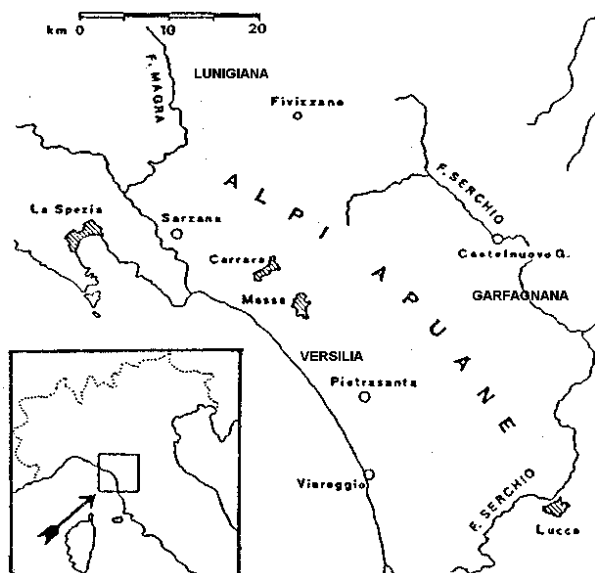


Fig. 1 - Schema geografico delle Alpi Apuane.

La tradizione di lavoro delle cave rappresenta un notevole patrimonio

conoscitivo delle caratteristiche della roccia coltivata, conseguenti alla sua natura e alla sua storia geologica ora sempre più indagata scientificamente.

## 2. Geomorfologia

Il paesaggio dell'area carrarese è stato profondamente modificato dall'attività antropica, dove l'eccezionale concentrazione di lavori estrattivi rappresenta ormai l'elemento unificante tra la piana costiera e i rilievi montani. La catena Apuana, mediamente rilevata (M. Borla 1465 m, M. Sagro 1749 m, M. Maggiore 1390 m) e a natura prevalentemente carbonatica, con creste aguzze, versanti brulli, strette valli profondamente incise e ripide pareti verticali, data la prossimità al mare assume una forte rilevanza visiva dalla costa tirrenica.

L'assetto geologico generale dell'area è riconducibile a una struttura monoclinale, inclinata a SW di 40-50°, con affioramenti di rocce in gran parte calcareo-dolomitiche, caratterizzate quindi da elevata competenza e permeabilità. Le diverse litologie sono così distinguibili dalle diverse forme erosive e dagli aspetti floreali; il marmo infatti permette la presenza di sole essenze erbacee e arbustive (i carpini riescono a crescere solo nelle fasce più fratturate e in limitati impluvi), mentre le zone boschive corrispondono all'affioramento di calcari stratificati (Calcere Selcifero, Zebrino, Breccie Poligeniche) e di litotipi scistosi.

Le cave di Carrara sono comprese nel bacino idrografico del torrente Carrione, suddiviso a monte della città nei rami di Torano e Colonnata, e sono convenzionalmente suddivise in quattro bacini estrattivi (da Nord a Sud i bacini di *Pescina-Boccanaglia*, *Torano*, *Fantiscritti* e *Colonnata*). A partire dallo spartiacque principale i versanti scendono assai ripidi con pendenze medie intorno al 50/60%. La morfologia accidentata delle zone più elevate, con la particolare presenza di forme erosive crio-nivali (docce, canali, pinnacoli), diviene più omogenea e regolare al di sotto dei 900-1000 m. I versanti

\*Geologo, Perito Minerario - Comune di Carrara, Ufficio Cave



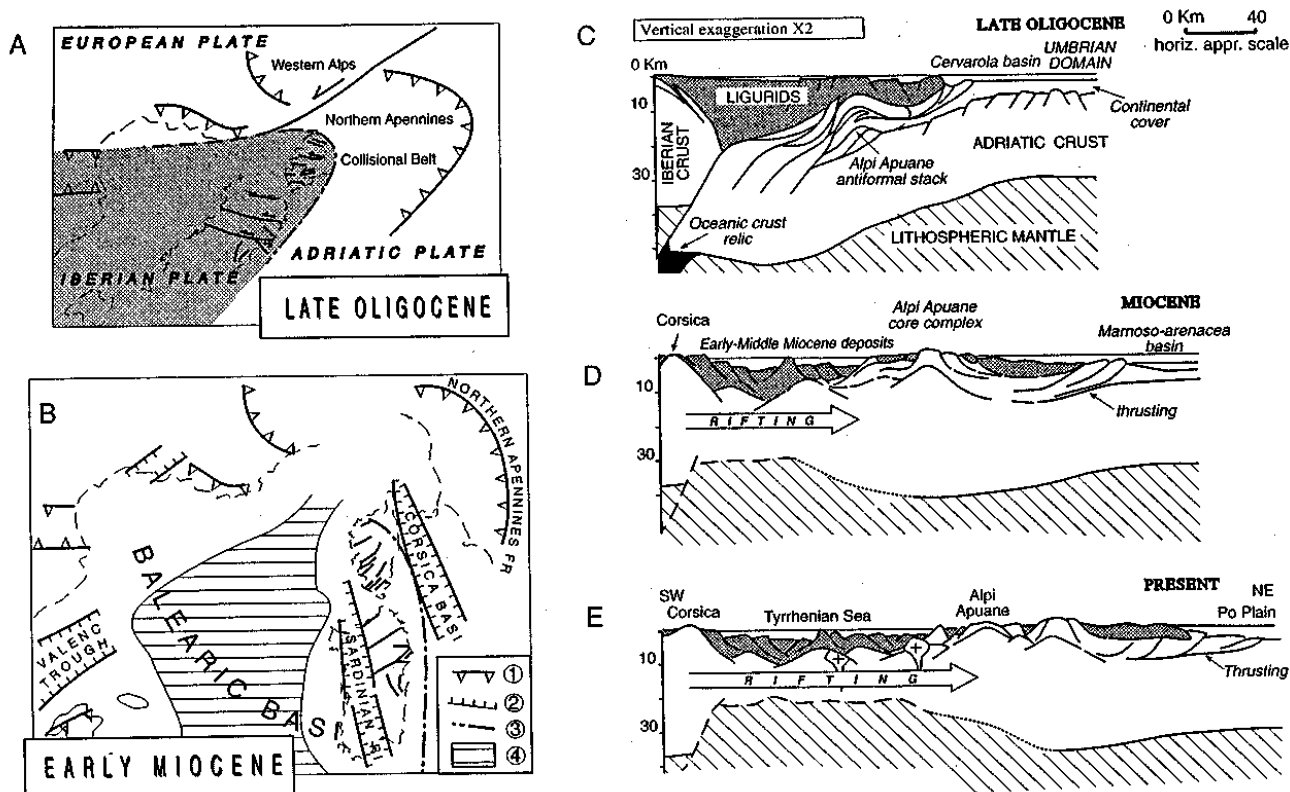


Fig. 2 – L'evoluzione tettonica delle Alpi Apuane (da Carmignani et alii, 1993)

marmorei si presentano in questa fascia lisci ed ondulati, mentre solo le rocce dolomitiche conservano un aspetto rupestre con profonde fratture verticali e guglie (Grezzoni).

Anche se attualmente il ruscellamento superficiale appare molto limitato, data l'elevata permeabilità per fessurazione e carsismo (il tasso di infiltrazione è sul 60%), le valli del Carrione sono state profondamente modellate dall'azione erosiva delle acque con deposizione di antichi sedimenti alluvionali, riconoscibili da Colonnata a Carrara in più ordini di terrazzamenti.

Al di sotto dei 1200 m. il paesaggio è ora caratterizzato dalla presenza delle cave, con tagli artificiali, alte pareti verticali (tecchie) e imponenti accumuli detritici (ravaneti) dalla tipica forma a imbuto. Si stima che la consistenza dei ravaneti apuani sia superiore ai 100 milioni di m<sup>3</sup> in volume; attualmente vengono utilizzati per la produzione di carbonato di calcio (granulati e micronizzati) e inerti, per circa 2 milioni di t/anno, pari all'incirca alla quantità di detrito derivante dai lavori di coltivazione.

### 3. Geologia

#### 3.1 Aspetti tettonico-stratigrafici

Nelle Alpi Apuane sono presenti più Unità tettoniche derivate dal corrugamento di successioni sedimentarie di geosinclinale sovrapposte l'una all'altra per movimenti compressivi a direzione Ovest-Est culminati nel tardo Oligocene (fig. 2). La serie più bassa è l'Unità Apuana, affiorante come finestra tettonica, comprendente terreni dal Paleozoico al Terziario tra i quali anche i marmi giurassici utili all'escavazione lapidea. L'Unità di Massa, facente parte anch'essa del Complesso Metamorfico Apuano, affiora solo localmente con giacitura a cuneo tra l'Unità Apuana e quelle superiori; tra queste si ritrova la Falda Toscana, con terreni sedimentari marini di età triassica-oligocenica, e le Liguridi con rocce vulcaniche (trilogia ofiolitica), originatesi in zona di apertura crostale oceanica, e sedimenti marini di età giurassica-terziaria.

L'Unità Apuana in particolare è costituita da un basamento epimetamorfico ercinico

## MARMI DI CARRARA

---



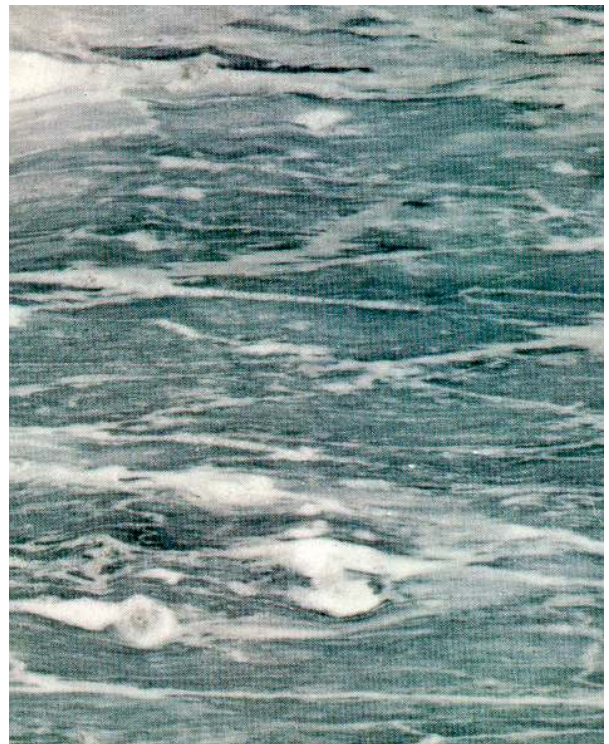
Bianco Ordinario C/D



Bianco Venato C



Calacata



Nuvolato

La composizione media del Marmo di Carrara è riportata in Tab. 1. La granulometria dei cristalli di calcite, che permette l'utilizzo del marmo dalla statuaria alla lavorazione per pavimenti o rivestimenti, varia dai 100 agli 800  $\mu\text{m}$ , con tessiture da granoblastica orientata a pavimentosa, a xenoblastica, a seconda della presenza del residuo costituito da muscovite, quarzo, albite, pirite.

CaCO <sub>3</sub>	~ 98 %
CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1.76 %
MgO	1.32 % mol
SiO <sub>2</sub>	0.71 %
Sr	114-160 ppm
Residuo	1.37 %
Dimensioni grani	100-800 $\mu\text{m}$

Tab. 1 – Composizione media del Marmo di Carrara (da Coli, 1995, e ERTAG, 1980, modif.).

Per una attività estrattiva economicamente valida si deve analizzare, oltre all'aspetto qualitativo, la giacimentologia dell'affioramento, intesa come giacitura e cubatura della potenza utile, e in special modo la fratturazione presente. E' questa infatti che condiziona i volumi utili alla coltivazione e la possibilità di estrazione di blocchi con misure idonee alla segazione.

I sistemi di fratturazione principali, apertisi nelle fasi tettoniche più recenti, insieme al clivaggio, acquisito dalle rocce nella fase tettonica compressiva principale, determinano l'orientazione dei tre piani nello spazio seguiti nell'apertura e nella coltivazione delle cave. Questi sono:

- il “*verso*”, piano di distacco preferenziale che segue la scistosità primaria  $S_1$  ;
- il “*contro*”, perpendicolare al precedente, che presenta la maggiore difficoltà ad aprirsi secondo piani regolari;
- il “*secondo*”, che offre buone capacità di distacco con mezzi meccanici o esplosivo.

Le proprietà fisico-meccaniche, riportate in Tab. 2, insieme alle caratteristiche delle fratturazioni, determinano i parametri geomeccanici degli ammassi lapidei, che

secondo la classificazione RMR di Bieniawski ricadono tra le classi II e III.

Density	27.05 kN/m <sup>3</sup>
Imbibition coefficient	0.6 ± 0.6 ‰
Uniaxial compressive strength	131 ± 3 Mpa
Uniaxial c. strength (iced cycled)	126 ± 6 Mpa
Tangent elastic modulus	75000 ± 700 Mpa
Secant elastic modulus	83550 ± 250 Mpa
Bending strength	16.9 ± 0.4 Mpa
Wear thickness loss	5.6 ± 1.7 mm
Impact collapse height	53 ± 5 cm
Linear thermal expansion coeff.	6.3 ± 0.5 × 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
Knoop index	1.463 Mpa
Poisson's ratio	0.274
Rigidity	21700 Mpa

Tab. 2 – Proprietà meccaniche del Marmo di Carrara (da Coli, 1998).

Comunque, anche prendendo in considerazione la valutazione BRMR, certi parametri non risultano coerenti con il reale comportamento dell'ammasso roccioso; nello scavo dei vuoti sotterranei, ad esempio, l'esperienza ha dimostrato che il marmo permette volte piane con luci superiori a quelle teoriche. D'altra parte se al momento con lo studio di questi parametri si può stimare la sicurezza dei versanti per franamenti dovuti a scivolamenti (planari o per cunei) o ribaltamenti, ancora poco si conosce sul comportamento dell'ammasso marmoreo in caso di *cedimenti strutturali*, come potrebbe accadere nel caso di fronti verticali eccessivamente elevati o di pilastri in cave sotterranee. Solo lo studio degli stati tensionali e deformativi della roccia permetterà di conoscere meglio le caratteristiche geomeccaniche del Marmo di Carrara e di progettare coltivazioni razionali e sicure.

## LE TECNICHE DI COLTIVAZIONE NELLE CAVE DI MARMO DI CARRARA

*\*Criscuolo A., \*Lisi S.*

### 1. Cenni storici

Il Marmo di Carrara veniva impiegato già nell'epoca di Cesare, ma il suo sfruttamento industriale non è iniziato che nella metà del XIX sec. con l'impiego della polvere nera da mina, e si è accentuato nel XX sec. grazie all'uso del filo elicoidale.

Le cave sono state coltivate prima per "varate" di grosse fette di monte con esplosivo, dove solo una minima parte del materiale poteva essere recuperata, poi le "stese" di filo elicoidale hanno consentito di tagliare il marmo con ampia scelta di geometrie, aumentando il rendimento e la velocità delle operazioni.

Il materiale recuperato veniva "lizzato", ovvero calato a valle, con l'ausilio di tre funi, lungo piani inclinati ricavati nelle discariche, per essere poi caricato su carri o su ferrovia.

Queste tecniche sono completamente scomparse, sostituite da una elevata meccanizzazione dei cantieri di escavazione e di carico dove si impiegano tagliatrici a filo diamantato e a catena, pale gommate, escavatori cingolati e camion a 3-4 assi a trazione integrale.

### 2. Gli attuali metodi di scavo

#### 2.1 Premessa

I metodi di coltivazione sono classificabili in base alle dimensioni dello scavo e alla tecnica impiegata:

- escavazione di piccole masse con singoli tagli in posto;
- escavazione di grandi masse per ribaltamento con "sottocala" o per "varata".

#### 2.2 Escavazione di piccole masse

Questa tecnica è impiegata vantaggiosamente su gradoni marmorei già predisposti per la coltivazione. Il gradone è delimitato da un piano superiore e da un fronte con lunghezza di alcune decine di metri e altezza compresa tra 3 e 12 m in funzione della tipologia di cava. Nel fronte viene aperto un canale che ha la funzione di consentire la perforazione e il taglio della bancata da un terzo lato.

La tecnica di avanzamento del canale varia in funzione della morfologia della cava. Generalmente si apre un canale a "V" secondo lo schema di fig. 1.

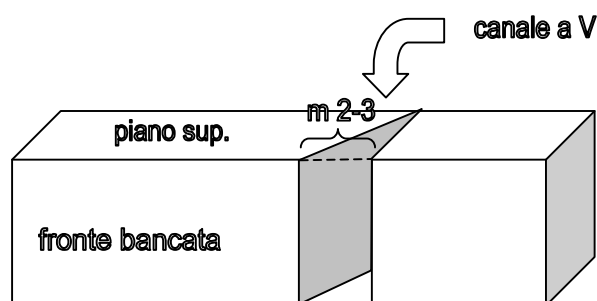


Fig. 1 – Apertura del canale a "V".

Aperto il canale, si attacca la bancata con tre tagli "al monte" (un taglio orizzontale di base e due tagli verticali ai lati), dati con filo diamantato o con tagliatrice a catena<sup>6</sup>, che permettono di dividere dal giacimento una grande porzione di materiale, dell'ordine di qualche decina di metri cubi (fig. 2).

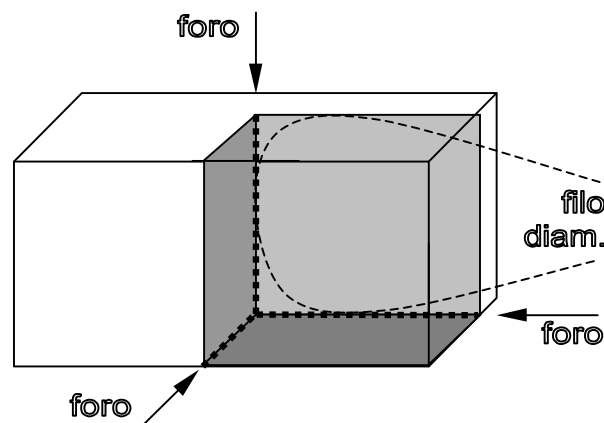


Fig. 2 – Taglio al monte della bancata.

<sup>6</sup> Con la tagliatrice a catena da bancata si realizzano i tagli alla base del gradone, con il vantaggio di evitare l'apertura del canale e le due perforazioni orizzontali; di contro, l'avanzamento avviene per "fette" di soli 3 m, e può diminuire il rendimento della coltivazione.

Il masso così isolato viene ribaltato con una serie di spinte da dietro su un “letto” di appoggio fatto con detrito. La prima fase di spinta, che avviene con l’aiuto di cuscini idraulici e martinetti oleodinamici, consente di ruotare di pochi gradi il masso aprendo di alcuni decimetri il taglio posteriore, che viene via via “calzato” con un cuneo di detrito; la seconda fase è quella del ribaltamento vero e proprio, che avviene grazie alla trazione del braccio dell’escavatore, alla spinta della benna della pala gommata o, in mancanza di questi mezzi, con martinetti idraulici.

Il masso ribaltato nel piazzale viene poi “segnato” sulla base delle fratture, dei “difetti” e delle varietà merceologiche, e sezionato con il filo diamantato per ricavare blocchi di misura commerciale (fino a m 3×2×2). In generale una bancata di 9-12 m di altezza consente di ricavare blocchi con dimensioni ottimali e di minimizzare gli scarti, mentre una bancata di soli 3 m offre già una misura obbligata al blocco da riquadrare, ed è causa di bassi rendimenti.

Sezionando il masso si ottengono blocchi fino a 30-32 t, caricabili e trasportabili per la segagione. Può capitare che la riquadratura di blocchi irregolari sia completata a mano con punciotti, mai con miccia detonante.

Una interessante variante di questa tecnica (fig. 3) consiste nell’isolare con tre tagli a filo una porzione di bancata di elevato spessore (5-10 m) che può raggiungere i 500 m<sup>3</sup>.

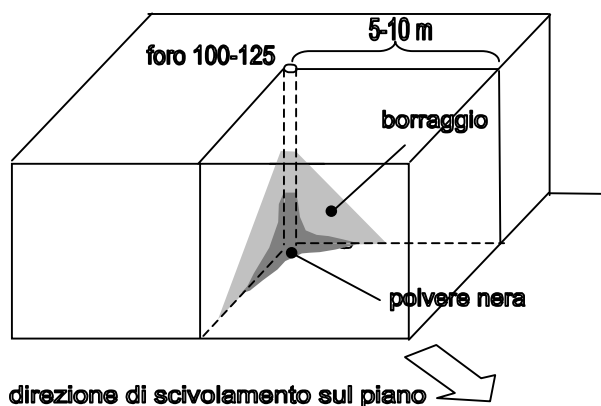


Fig. 3 – Impiego della polvere nera per l’apertura di una bancata tagliata alla base e ai lati.

Lo spigolo interno della bancata viene caricato lungo la perforazione con una

quantità di polvere nera pari a 25 g/t; il foro e i due tagli verticali sono poi riempiti abbondantemente con detrito fine, per realizzare un efficace borraggio. La polvere nera, per le ben note proprietà deflagranti, fa scivolare per 1-2 m questo grande ammasso marmoreo sul piano di cava, allontanandolo dal gradone e consentendo così al cavatore di girarvi intorno ed armare i tagli necessari alla sezionatura in blocchi commerciali.

Si impiega laddove il materiale, pur di buona varietà merceologica, presenta una fratturazione superiore alla media; infatti, potendo decidere come sezionare i blocchi su un maggiore volume di marmo, si riesce a ottenere uno scarto minore rispetto al normale avanzamento per “fette”.

### 2.3 Escavazione di grandi masse

Questa tecnica, impiegata per grandi opere di preparazione o per la bonifica di “tecchie”<sup>5</sup>, consiste nel distaccare ammassi di centinaia o migliaia di tonnellate di marmi generalmente di poco valore o molto fratturati.

L’ammasso viene isolato dal monte mediante grandi tagli a filo diamantato sia verticali (di spalla) che alla base inclinati verso l’esterno del 20-30% (detti “a cala”). Il distacco definitivo della massa avviene grazie alla spinta impressa da una o più cariche di polvere nera, la cui deflagrazione imprime un notevole impulso al materiale senza una eccessiva dirompenza. Indicativamente, nelle varate si impiegano 3 g/t di polvere nera.

La caduta avviene su di un’area predisposta con un consistente letto di detrito necessario per ammortizzare l’impatto e arrestare, per attrito, la massa che altrimenti scivolerebbe sul piano cava per decine di metri.

## 3. L’impostazione della cava

### 3.1 Inquadramento

In molti casi le forme delle cave che si osservano oggi nei bacini marmiferi carraresi

<sup>5</sup> Si intende con “tecchia” un fronte naturale molto acclive sovrastante la cava; per estensione, sono detti “tecchie” anche l’insieme dei fronti di coltivazione verticali che si sono venuti a sovrapporre con l’approfondirsi delle coltivazioni.

non rispondono a criteri di corretta impostazione mineraria. Sono infatti il risultato della sovrapposizione di tre fattori: gli aspetti giacimentologici e strutturali dell'ammasso, le cui variazioni hanno posto limiti fisici alle cave; l'evoluzione nel tempo delle tecniche di coltivazione, che ha sempre costretto a modificare in corso d'opera le conformazioni che le aree in produzione avevano assunto; i confini delle concessioni e delle proprietà, la cui ristrettezza è stata ed è tuttora causa dei più vistosi "infossamenti" e "intecchiamenti" delle cave di Carrara.

Si distinguono generalmente tre tipi di cave: a cielo aperto, in sottotecchia, in sotterraneo.

### 3.4 Cave a cielo aperto

È a cielo aperto il 70% delle cave di Carrara, poiché questo tipo di coltivazione dei giacimenti marmorei offre le produttività più alte.

Una ottimale impostazione prevede:

1. l'apertura della cava dall'alto a forma di anfiteatro o di semi-anfiteatro;
2. la realizzazione di più piani di lavoro, ciascuno accessibile lateralmente da una propria pista di arroccamento, suddivisi in più fronti di avanzamento sfalsati in profondità.

Si ottiene così una cava con più gradoni verticali attivi simultaneamente, con vari punti di avanzamento entro ciascun gradone (fig. 4). Uno dei grandi vantaggi di questo schema è la possibilità di disporre sempre di alcuni fronti in produzione mentre altri sono in preparazione.

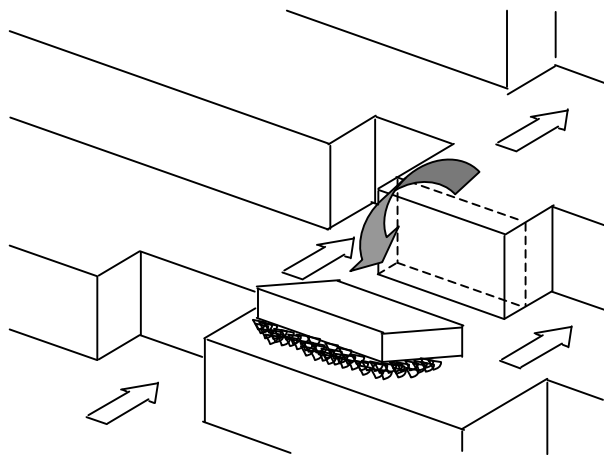


Fig. 4 - Schema di coltivazione a gradoni con ribaltamento di una bancata su letto di detrito.

Risulta vitale disporre di un'ampia area di spurgo del materiale di scarto, facilmente raggiungibile dai vari cantieri per sgomberare velocemente i fronti senza interferenze tra le varie squadre di cavaatori.

Una cava così impostata permette una produttività ben superiore alle 1000 t/anno per addetto.

Il miglior esempio di coltivazione di questo tipo è la cava di "Gioia Piastrone" (fig. 5), dove si producono i pregiati marmi "Venato Gioia" e "Brouillé"; vi operano circa 90 cavaatori suddivisi in 5 squadre operanti in 10-15 punti di lavorazione, con 2 escavatori, 6 pale gommate e 22 tagliatrici a filo diamantato.



Fig. 5 - Cava "Gioia Piastrone", bacino di Colonnata (1990).

La dimensione media delle cave di Carrara è tuttavia ben inferiore a quella sopra accennata.

Sono abbastanza frequenti cave con un solo gradone in coltivazione; in questo caso si alternano fasi di buona produttività ad altre improduttive (le operazioni di preparazione e quelle di scavo di materiale non

commerciabile per qualità o per eccessiva fratturazione) che possono mettere in difficoltà piccole imprese.

Talvolta la ristrettezza dell'area coltivabile per limiti catastali o giacimentologici è tale che non risulta possibile mantenere una forma ad anfiteatro. In questi casi la cava si avvia ad una coltivazione "a fossa" aperta da un solo lato, o addirittura "a pozzo".

I problemi di queste cave sono molteplici:

- rappresenta un problema di sicurezza operare in aree ristrette dove devono coesistere le operazioni di taglio con quelle di spurgo del detrito e di caricamento dei blocchi, e dove spesso insistono tecchie elevate con possibili distacchi di materiale;
- nelle cave a pozzo si devono adottare particolari tecniche di attacco delle bancate che prevedono lo scavo preliminare di un canale profondo circa 3 m che venga a costituire il punto di avanzamento nella bancata. I soli 3 m di altezza della bancata rappresentano un fattore che può ridurre notevolmente il rendimento di queste cave;
- il problema della movimentazione e dell'estrazione dei materiali costringe ad installare una gru-derrick.

### 3.2 Cave in sottotecchia

La coltivazione in sottotecchia rappresenta normalmente una fase di transizione tra il cielo aperto e il passaggio in sotterraneo.

Le cave si avviano in sottotecchia normalmente per seguire un buon "corso" di materiale, o per le particolari situazioni morfologiche (strapiombi, tecchie) che rendono impossibile o pericoloso realizzare ampliamenti o approfondimenti delle aree di lavoro.

Oggi si aprono i sottotecchia con le stesse tecniche adottate per le gallerie di avanzamento in sotterraneo (§ 3.4).

La metodica universalmente adottata consiste nell'aprire una galleria di "sopravvuoto", di 3 m di altezza e larghezza variabile tra 6 e 18 m, mediante l'impiego

della tagliatrice a catena da galleria<sup>4</sup>. Vengono dati tagli secondo lo schema di fig. 6; la prima parte viene staccata con l'impiego di cuscini e di cunei, in modo da poter passare poi il filo diamantato, grazie ad appositi volanetti di rimando, per tagliare alle spalle la parte rimanente e recuperarla.

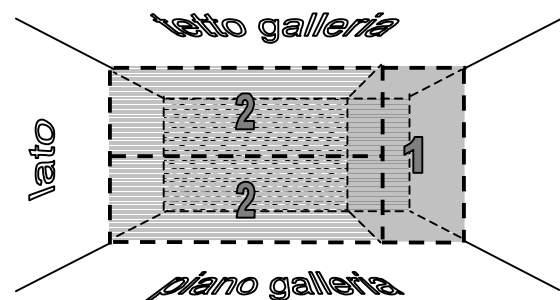


Fig. 6 – Avanzamento del sopravvuoto: si estrae il blocco "1" in modo da approfondirsi di lato e tagliare i blocchi "2" sul piano posteriore (a tratteggio le tracce dei tagli a catena; puntinato il piano di taglio a filo diamantato).

Avanzare con il sopravvuoto rappresenta una fase di ricerca vera e propria, in cui la produzione può essere ridotta. Una volta realizzato il sopravvuoto e valutata la consistenza del giacimento, si può mettere in coltivazione il gradone sottostante reintroducendo perforanti e tagliatrici a filo diamantato.

L'ingresso in sottotecchia avviene normalmente all'interno di un "corso" di materiale sano, poco fratturato, ma può capitare anche di incontrare avanzamenti condotti lungo la principale direzione di fratturazione, con grave pregiudizio per la stabilità delle volte e la sicurezza degli operatori.

### 3.3 Cave in sotterraneo

La realizzazione di un sotterraneo implica un elevato investimento iniziale e un alto costo di gestione, a differenza di un

<sup>4</sup> La tagliatrice a catena da galleria, montata su pilastri di contrasto, offre la possibilità di dare tagli verticali e orizzontali su un fronte di 3x3 m, mentre la tagliatrice da bancata, montata su binari, consente di dare un lungo taglio orizzontale "al piede" della bancata o un taglio verticale "in piazza" (da sopra la bancata). Entrambi i tagli sono profondi circa 3 m.

sottotecchia che ha costi di gestione ancora paragonabili ad un cantiere a cielo aperto.

Per questa tipologia si rende necessario disporre di una o più idonee tagliatrici a catena e di provvedere a tutta una serie di infrastrutture e di realizzazioni tecniche connesse alla particolare tipologia. Una galleria ben sviluppata necessita di un impianto di ventilazione, di un impianto di illuminazione, di un sistema di eduazione delle acque e spesso anche di particolari impianti di trasporto e movimentazione materiali, quali ascensori e derrick. L'estrazione è lenta e complessa, e l'allontanamento dei materiali di risulta può divenire molto oneroso.

Il 21% delle cave di Carrara ha cantieri sia a cielo aperto che in sotterraneo, mentre solo 7 cave si sviluppano esclusivamente in galleria.

La fase di avanzamento in sopravuoto avviene con le modalità sopra descritte (§3.3).

Ad un cantiere in fase di tracciamento si devono sempre affiancare più punti di coltivazione delle bancate, che vengono prese ribassando il vuoto iniziale con metodo analogo al cielo aperto in modo da formare uno o due gradoni in avanzamento.

In genere i sotterranei hanno una configurazione a camere, anche su più livelli, e pilastri lasciati in situ per il sostegno della volta; non di rado le camere si sviluppano poi a fossa (Fig. 7).

Per quanto attiene gli aspetti della sicurezza legati a crolli, caduta di materiale o interferenze tra cantieri, una galleria ben progettata, sviluppata in un giacimento sano e costantemente monitorata offre garanzie migliori rispetto al cielo aperto. Di contro, nelle fasi di apertura gli spazi di lavorazione sono ristretti e quindi più pericolosi, possono essere necessarie chiodature delle volte e le atmosfere possono divenire nocive in caso di ventilazione poco efficiente.

Come ultima nota, in alcune cave in sotterraneo si possono osservare camere di enormi dimensioni sia in altezza che in larghezza e profondità.

I normali criteri di parametrizzazione geomeccanica adottati nelle gallerie sembrano



Fig. 7 – Sotterraneo con estrazione a pozzo: cava “Calocara A”, bacino di Miseglia.

inadeguati ad inquadrare questi vuoti imponenti, dal momento che le luci sono talmente ampie da superare il campo di applicazione delle classificazioni più note. In mancanza di studi approfonditi si ritiene tuttavia indicato realizzare aperture non superiori a 20 m per i nuovi sotterranei, dal momento che è più che lecito dubitare sulla capacità di autoportanza nel tempo di volte più ampie.

#### **4. I macchinari**

##### 4.1 Le dimensioni del comparto estrattivo

I dati che seguono sono riferiti all'insieme delle ~90 cave di Carrara, dove operano 815 addetti all'estrazione di blocchi la cui produzione ha raggiunto 1.100.000 t nel 1997.

##### 4.2 Il filo diamantato

E' lo strumento principale per la coltivazione del marmo, usato in tutte le cave sia per i tagli al monte che per la sezionatura delle bancate e la riquadratura dei blocchi.



Le configurazioni di taglio sono le classiche “a cappio” orizzontale, verticale e verticale ascendente; in occasione di grandi varate si realizzano invece tagli di base “a cala”, inclinati del 20-30%.

Le tagliatrici odierne hanno potenze variabili da 20 a 70 hp, con velocità di taglio che vanno da 10 a 20 m<sup>2</sup>/ora.

I fili impiegati nel taglio del marmo sono di tipo tradizionale con molle distanziatrici (efficace per il trasporto dell’acqua su tutto il piano di taglio e il conseguente spurgo) e perline sia sinterizzate che elettrodepositate.

Nel 1997 operavano nelle cave di Carrara 381 tagliatrici a filo diamantato di tipo elettromeccanico, con potenze raramente inferiori a 45 hp.

Per evitare i rischi connessi alla rottura del filo, è in vigore una ordinanza dell’autorità competente che impone l’adozione di una protezione in gomma da stendere a 50 cm dal filo sopra il taglio.

#### 4.3 Le tagliatrici a catena

In molte cave si associa la tagliatrice a catena da bancata a quelle a filo diamantato.

Nelle cave di Carrara operano 112 tagliatrici a catena o a cinghia diamantata, di cui 87 da bancata e 25 da galleria, distribuite nel 73% delle cave. La versione da sotterraneo è indispensabile nel tracciamento dei sopravuoti.

Il grande vantaggio della catena è dato dalla possibilità di eseguire tagli orizzontali sul gradone con rapidità ed efficacia, evitando le perforazioni orizzontali per il passaggio del filo. Di contro, si è obbligati ad adottare una misura costante di 3 m nelle bancate da ribaltare, ciò che può causare significative perdite di rendimento qualora l’orientazione del fronte non sia ottimale rispetto alle famiglie di litoclasti.

A questo proposito, tutte le innovazioni tecnologiche recentemente introdotte nelle cave – tagliatrici, escavatori, pale gommate – hanno aumentato notevolmente le produzioni complessive, riducendo però i rendimenti dei giacimenti. Con le elevate meccanizzazioni odierne si è scelto – consapevolmente o meno

– di accettare scarti maggiori e quindi un minore margine operativo unitario, compensato però da un incremento produttivo in assoluto. In conseguenza di ciò si osserva da un lato un rapido depauperamento dei giacimenti, dall’altro la perdita di conoscenza delle tecniche di estrazione mineraria che i cavaatori, nell’ “era” del filo elicoidale, avevano elevato ad “arte”.

#### 4.4 Gli esplosivi

A differenza della gran parte delle cave di pietre ornamentali, a Carrara gli esplosivi non sono impiegati nell’estrazione del marmo, anche se ogni cava dispone di fochini.

Gli esplosivi detonanti sono impiegati, in quantità minime, solo in quelle operazioni di disgregazione che si rendono necessarie per mettere in sicurezza techie e fronti, o per eventuali patarri. Le tecniche di splitting con miccia detonante non sono adottate in quanto possono essere distruttive per il marmo e richiedono tempi di realizzazione più lunghi rispetto al taglio a filo.

E’ invece insostituibile la polvere nera, che, come già illustrato nel § 2, può essere impiegata sia nell’escavazione di bancate che nell’abbattimento di grandi masse, sempre preliminarmente distaccate con tagli a filo dai massicci: recentemente sono stati impiegati fino a 1500 kg di polvere nera nelle varate più imponenti.

#### 4.5 Le pale gommate

In tutte le cave si impiegano pale gommate per la movimentazione di blocchi, detrito e macchinari, per un totale di 195 unità.

Le pale impiegate hanno potenze variabili tra i 200 e i 700 hp per pesi operativi da 20 t a 85 t, con carichi statici al limite del ribaltamento da 20 t a 50 t e capacità della benna<sup>3</sup> da 3 m<sup>3</sup> a 10 m<sup>3</sup>. Una pala ottimale, con buone capacità di carico e manovrabilità ancora accettabile, ha 40 t di peso, 450 hp di potenza e può strappare un carico di 30 t.

Ove possibile le pale, attrezzate con benna da roccia o con forche (raramente), vengono

<sup>3</sup> A delta o a “V” con denti laterali.

impiegate anche per caricare i blocchi su camion direttamente o spingendoli su verghe di acciaio.

In mancanza di escavatore, la pala si impiega anche per spingere o mettere in trazione, tramite una fune, il blocco da ribaltare.

Sono ancora operative 40 vecchie pale cingolate, utili per la movimentazione dei materiali nelle fasi di avanzamento dei sotterranei, in virtù della loro altezza limitata.

#### 4.6 Gli escavatori

Introdotti solo di recente nel comprensorio, gli escavatori cingolati a benna rovescia (Fig. 8) hanno avuto una rapida diffusione per la loro utilità e versatilità.

Vi sono oggi 106 unità nell'84% delle cave. Si tratta di mezzi con potenza da 200 hp a 500 hp, per pesi operativi da 30 t a 70 t e forza di strappo fino a 40 t.



Fig. 8 – Escavatore cingolato da 70 t.

L'escavatore è impiegato con grande efficacia e risparmio di tempo nel ribaltamento delle bancate, ma si presta anche per movimentare attrezzature e materiale di

scarto. E' un macchinario che ha aumentato le condizioni di sicurezza delle operazioni in quanto permette di intervenire a distanza, con una notevole forza di strappo, per saggiare o distaccare i "finimenti"<sup>2</sup> dal monte e per creare canali laterali alle bancate.

L'escavatore può essere attrezzato con martello demolitore per la riduzione del pezzame di scarto, sia esso destinato al recupero o alla discarica.

#### 4.7 Le perforanti

Le perforanti oleodinamiche a distruzione di nucleo, chiamate "macchinette", sono necessarie a realizzare i fori per il passaggio del filo diamantato; i 174 esemplari sono distribuiti nel 100% delle cave. Permettono di realizzare fori da  $\phi$  60 mm fino a  $\phi$  205 mm. Per attraversare livelli silicei o per fori di una certa lunghezza (> 10 m) si impiega il martello fondo-foro ad aria compressa, con  $\phi$  105 mm.

Quando il taglio orizzontale della bancata è dato con tagliatrice a catena, il foro verticale può essere ancora più piccolo di  $\phi$  60 mm, dal momento non vi sono problemi a passare il filo diamantato sul piano di taglio. In questo caso il foro verticale è realizzato a mano con martello pneumatico equipaggiato con fioretto di  $\phi$  36 mm, con risparmio in termini di tempo e di costi.

#### 4.8 Altri macchinari

Sono ovviamente presenti in cava compressori per l'aria e vasche e pompe per la raccolta e la distribuzione dell'acqua. Sono elementi indispensabili anche i martinetti e i cuscini idraulici per l'avvio del ribaltamento delle bancate.

Infine, per quanto riguarda la movimentazione, decisamente bassa è la presenza di derrick. Vi sono 14 unità in 12 cave dove non vi sono alternative per l'estrazione dei materiali (cave a pozzo o a fossa).

<sup>2</sup> Sono detti finimenti le fasce ad elevata fratturazione con andamento subverticale, dove spesso si ha del materiale accostato in lastre verticali o brecciato (milonite). Sono aree di debolezza del giacimento costantemente a rischio di crollo o di caduta di scaglie.

## ITINERARI DI VISITA

---

### Premessa

Dalla Città di Carrara si sale per il paese di Miseglia, e transitando per i Ponti di Vara – due viadotti ferroviari della “Marmifera”, risalenti al 1890, che collegavano i tre bacini marmiferi attraverso due gallerie – si giunge alla Bocca di Canalgrande. E’ questo il vecchio “poggio”<sup>1</sup> di caricamento delle cave di Fantiscritti, attualmente utilizzato per deposito e lavorazione marmi, con possibilità di ristorazione e visita a una raccolta di attrezzature di scavo utilizzate nel passato.

Nel progetto di sviluppo turistico-ambientale “Sentieri del Marmo”, in corso di realizzazione da parte del Comune di Carrara, quest’area diverrà uno dei tre centri di informazione e di partenza per percorsi guidati. Da qui (★) la visita alle cave potrà avvenire lungo tre distinti itinerari.

### A. Ravaccione

Si imbrocca l’ex galleria ferroviaria che raggiunge dopo circa 1 km il bacino di Torano presso il “poggio” di Ravaccione. A metà galleria, 400 m sotto la cima del M. Maggiore, si accede a una delle più grandi cave in sottoterraneo di Carrara (n. 84 **Galleria Ravaccione**), lavorata da 40 anni dopo la dismissione della rete ferroviaria.

Attualmente la cava si sviluppa in altezza per ~12 m, con galleria di tracciamento sommitale alta 3 m, e ha la possibilità di ulteriori ribassi. Da notare la lunghezza della camera centrale, con luce da 20 m a 30 m, con volta chiodata nella zona NW per la presenza di “forzature”, e la recente attigua lavorazione nella zona S da parte di un’altra ditta che ripropone il problema della frammentazione delle concessioni negli Agri Marmiferi di Carrara.

All’uscita della galleria (A’), sotto la vecchia stazione di caricamento, si può osservare una cava già lavorata “a fossa” e in parte “in sottotecchia” (n. 44 **Buca di Ravaccione**), ora dismessa, e più in basso la cava a cielo aperto del **Polvaccio** (n. 46), chiamata anche “di Michelangelo” poiché vi affiora una lente di marmo Statuario già escavata in epoca romana (Colonna Traiana) e rinascimentale.

### B. Carbonera

Dalla Bocca di Canalgrande si sale alle cave del bacino di Fantiscritti, chiamato così per il rinvenimento di una edicola di età romana raffigurante tre giovani (in dialetto “fanti”) con scritte in latino. E’ questa una delle aree estrattive di Carrara più importanti, con produzione di Bianco Ordinario e di Nuvolato.

Numerose sono le cave lavorate a cielo aperto e in minor numero in sottotecchia e in sottoterraneo, alle pendici del M. Torrione; tra queste le maggiori sono quelle di **Canalgrande B** (n. 95) e della **Carbonera** (n. 79).

Da qui, alla sommità della strada asfaltata, si può ammirare la vista complessiva del bacino. Da ricordare come da quest’ultima cava fu estratto nel 1928 un blocco di 300 t, il “monolite”, trasformato poi nell’obelisco dell’EUR a Roma.

Ben evidente è il problema delle discariche, o “ravaneti”, con volumetrie in incremento; considerato infatti che la resa produttiva media del marmo è solo del 30%, si ha qui una grossa produzione di materiali scuri (Nuvolato) che viene accumulata in gran parte in discarica insieme al residuo dellaogliatura dei detriti bianchi che sono invece recuperati totalmente per produzione di granulati e micronizzati di carbonato di calcio.

### C. Gioia

Dalla Bocca di Canalgrande, imboccando l’ex galleria ferroviaria a SE, si arriva in loc. Tarnone nel bacino di Colonnata. Da qui è possibile raggiungere in fuoristrada la cava storica **Fossacava** che conserva ancora tagliate e canali di epoca romana. Passando invece dal Calagio si sale poi al complesso estrattivo di Gioia, il principale di Carrara, dove primeggia la cava **Gioia Piastrone** (n. 173), al confine con Massa.

Questa cava, a forma di ampio anfiteatro con gradoni verticali ed orizzontali, già coltivata dai Romani, estrae marmi Venati, Arabescati (Brouillé), Statuari e Bardigli, con produzione di ~90.000 t/anno.

Dalla cima di Gioia si può osservare la complessa struttura geologica dell’area, dove si susseguono anticlinali e sinclinali, con vista panoramica dal M. Sagro fino a Colonnata e alla costa. Una di queste pieghe, con a nucleo una lente di Nuvolato, affiora in corrispondenza di un rilievo (“zucchetto”) a strapiombo su più fronti di scavo lavorati, anche in sottoterraneo, da 6 ditte di escavazione. Questa irrazionale situazione ha obbligato alla parziale chiusura dei cantieri inferiori e all’attivazione di un piano di lavoro comune che riporti il rilievo a dislivelli compatibili con la sicurezza delle coltivazioni.

---

<sup>1</sup> L’area dove convergevano le “vie di lizza”; vi si effettuava il caricamento dei blocchi su carri trainati da buoi o su ferrovia.

