

L'INFORMATORE DEL MARMISTA

ANNO XXVI - N. 425 - MAGGIO 1997 - Mensile - Sped. in abb. post. C. 26 - art. 2 L. 549/95 da V.F. C.M.L.P. 745%

425

STUDIO PETROGRAFICO E MINERALOGICO APPLICATIVO DEI GIACIMENTI DI QUARZITE DI BARGE

Osservazioni di carattere petrografico mineralogico e sintesi dello studio geologico-geominerario del deposito del Monte Bracco

Paolo Sassone

Petrographic, mineralogical and summary observations of the geological-geomineral study of Monte Bracco natural stone reserves

Nel numero scorso de "L'Informatore del Marmista" (n. 424 - Aprile 1997) è stata presentata la prima parte di uno studio geominerario sui giacimenti di quarzite "Bargiolina" presenti al Monte Bracco (Fig. 1), in Comune di Barge (Cuneo); in essa sono state descritte le caratteristiche geologico-strutturali generali del deposito quarzítico, evidenziando dati e osservazioni ad oggi inedite nonostante l'inizio della coltivazione delle cave

trovi origine sin dal Medioevo. Successivamente a tale epoca i giacimenti del Monte Bracco hanno visto un costante ma limitato sfruttamento sino al secolo attuale ove la produzione, avvalendosi delle moderne tecnologie a supporto (ma non in sostituzione) del faticoso lavoro manuale, è via via cresciuta in funzione della crescente domanda per via della pregevolezza della quarzite di Barge; nella Figura 2, tratta da Mainero (1996), si

Petrographical and mineralogical study of the deposits of Barge Quartzite

The first part of a geomining study on the deposits of "Bargiolina" quartzite present at Monte Bracco (Fig. 1) in Barge (Province of Cuneo) was published in

the previous edition of the "L'Informatore del Marmista" (n. 424 - April 1997). This provided a geological and structural description of the general characteristics of the quartzite deposit, highlighting data and observations unpublished till now, even though first exploitation of the quarries date back to the Middle Ages.

After that period the Monte Bracco deposits witnessed steady but limited quarrying right up to the present century, when the laborious manual work

Panorama sulla pianura saluzzese dal Monte Bracco, in primo piano le accidentate falesie gneissiche del versante orientale

Panorama of the Saluzzo Plains from Monte Bracco emphasising the irregular faults and the gneiss formations of the eastern flank of the mountain



evidenzia il trend produttivo a partire dal 1928, anno dal quale si dispongono dati attendibili.

In essa si osserva che, successivamente ad un periodo di elevata produzione relativo agli Anni Trenta ha fatto seguito un deciso crollo durante gli anni della seconda guerra mondiale; negli Anni Sessanta è seguito un vero boom produttivo in cui si sono toccate punte elevatissime di circa 300.000 tonnellate/anno; recentemente si sta assistendo ad una certa crescita produttiva, anche se sussistono vincoli amministrativi che, contingendo i quantitativi annui estraibili, non con-

sentono lo sviluppo ulteriore delle produzioni.

In questa seconda parte del lavoro vengono espone le osservazioni di carattere petrografico-mineralogico tese ad evidenziare le caratteristiche più interessanti a fini litotecnico-applicativi della quarzite di Barge, alle quali seguirà, a conclusione dell'esposizione complessiva dello studio, una sintesi dei risultati emersi dallo studio geologico-geominerario del deposito del Monte Bracco.

Caratteristiche petrografiche e metamorfiche della quarzite di Barge

L'analisi petrografico-mineralogica ha riguardato complessivamente 17 campioni di quarzite

was assisted (but not replaced) by the application of modern support technologies. Production gradually increased with the growing demands for Barge quartzite as its qualities became appreciated. Figure 2, taken from Mainero (1996), illustrates the trend in production since 1928, the first year for which reliable data are available.

It can be observed from this figure that a period of high production associated with the Thirties was followed by a marked fall during the years covering the Second World War. The Sixties saw a veritable boom in production, when extremely high peaks of approximately 300,000 tonnes/year were reached. In more recent

times a certain growth in production can be observed, even if administrative constraints exist, with the fixing of yearly quotas on the amounts which can be quarried, thus preventing further development in production.

This second part of the work sets out to explain observations of a petrographical and mineralogical nature, intending to highlight the more interesting characteristics regarding lithotechnic and applicative ends for Barge quartzite. This will be followed, at the conclusion of the explanatory part of this study, with a summary of the results emerging from the geological and geomining study of the Monte Bracco deposit.

Figura 1 - Carta delle coltivazioni di quarzite di Barge con indicazione dei punti ove sono stati condotti i rilievi geo-strutturali ed i campionamenti

Figure 1 - Map of Barge quartzite quarries indicating the places where geo-structural surveys and sampling programmes were performed

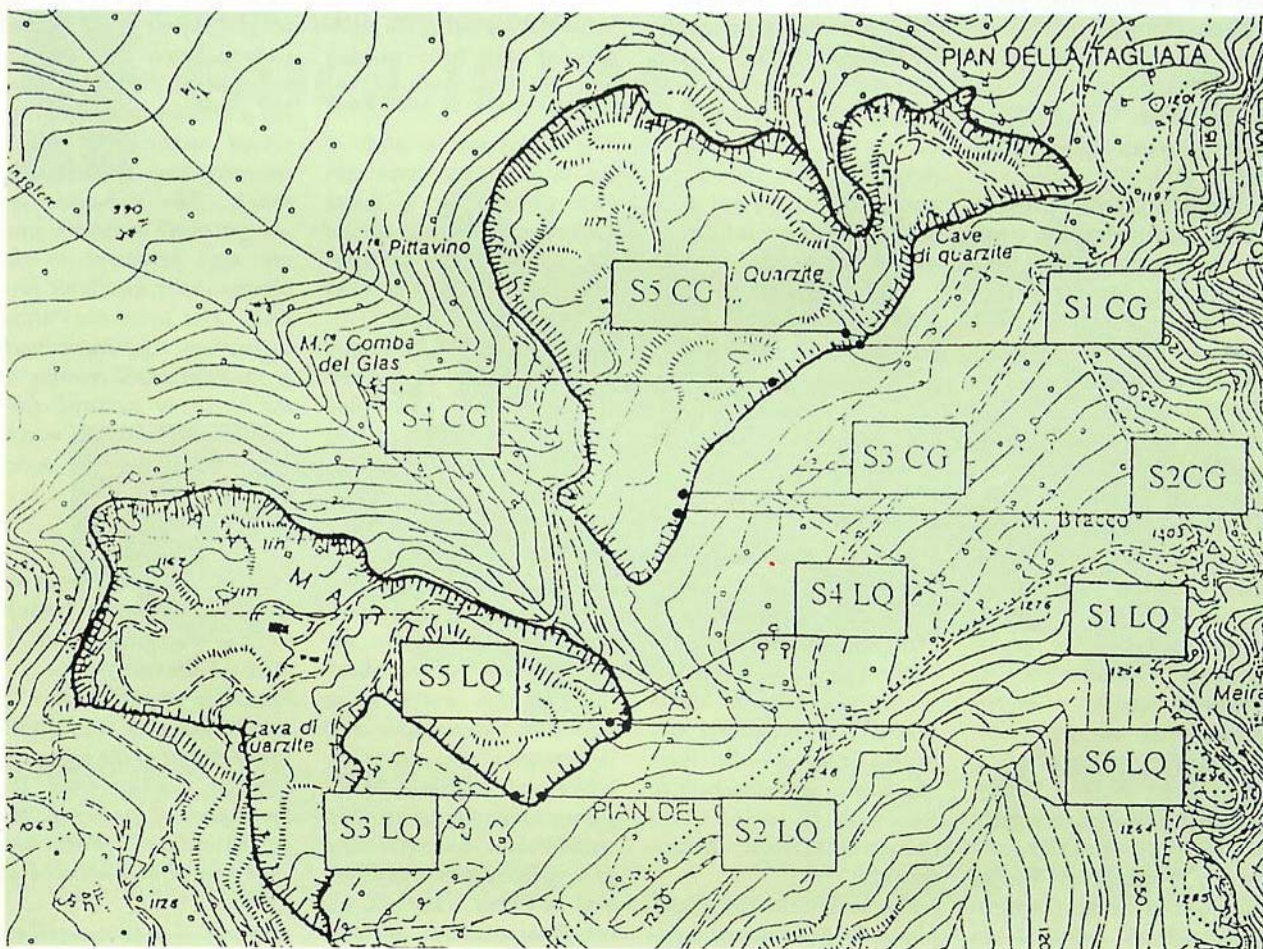
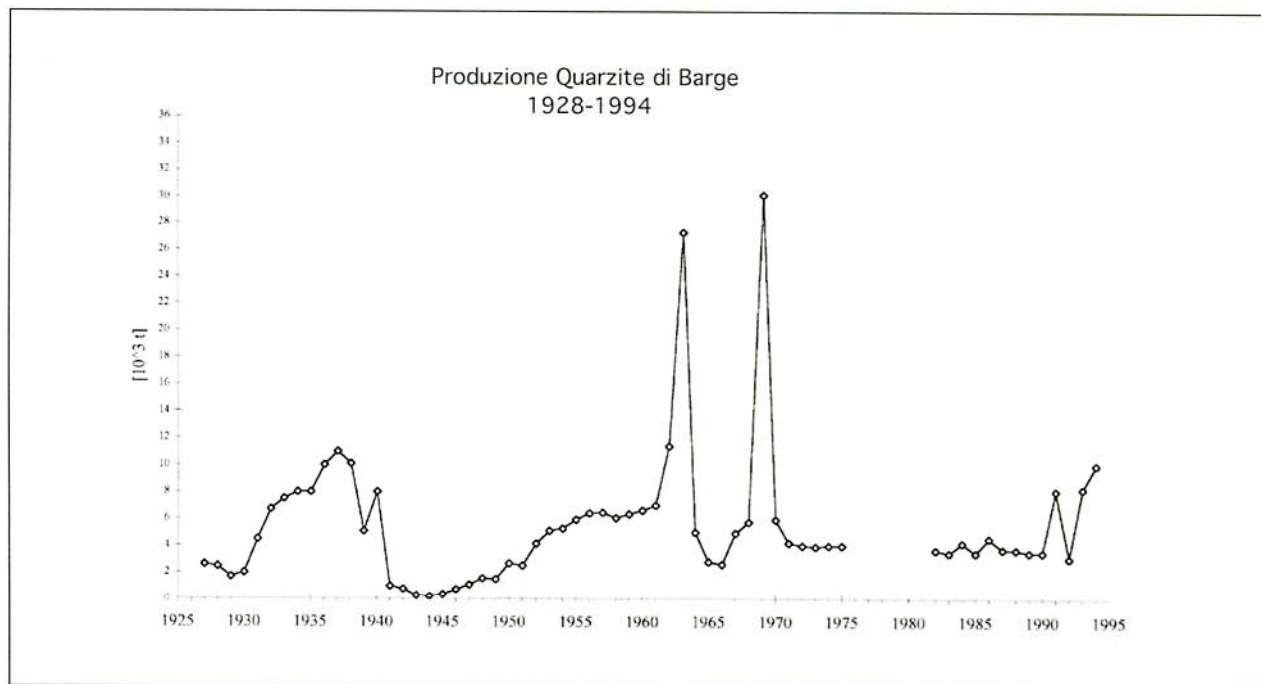


Figura 2 - Evoluzione della produzione di quarzite di Barge a partire dal 1928
Figure 2 - Developments in production of Barge quartzite since 1928



provenienti dall'areale di affioramento del giacimento.

L'analisi microscopica sulle sezioni sottili è stata effettuata con microscopio ottico polarizzatore Leitz Laborlux, facendo scrupoloso riferimento alla Norma UNI 9724 parte I^a.

I litotipi quarziticci presentano caratteristiche tessiture (caratteri riscontrabili al campione a mano) e strutturali (caratteri microscopici) generalmente omogenee.

Tutti i litotipi presenti, inclusi gli gneiss e paragneiss del basamento (non descritti per brevità nella presente nota), presentano identici caratteri metamorfici e deformazionali, confermati dalle paragenesi riscontrate in sezione sottile e corrispondenti ad un'equilibratura metamorfica in facies Scisti Verdi, avvenuta in epoca tardoalpina. In particolare per la quarzite di Barge sono stati accuratamente studiati i caratteri

petrografici e mineralogici della quarzite presente ai vari livelli del banco coltivato; in Figura 3 si può osservare uno schema stratigrafico che riassume le caratteristiche medie del banco utile. Generalmente le suddivisioni descritte, che rivestono anche interesse sul prodotto commerciale ottenibile, risultano costanti; solo localmente la serie può differenziarsi per motivi legati ad una più accentuata erosione del banco o per variazioni cromatiche e strutturali naturali.

Quarzite di Barge

- Parte inferiore della serie (provenienza tra 0 e +2,00 m di altezza del banco)

Puntando direttamente l'attenzione sull'aspetto tecnico-qualitativo della quarzite campionata nel livello inferiore del banco, viene sinteticamente descritta di seguito la caratterizzazione petrografica.

La descrizione del Campione 7 (quarzite di colo-

Petrographical and metamorphic characteristics of Barge quartzite

The petrographical and mineralogical analysis involved a total of 17 samples of quartzite coming from the outcrop of the deposit.

The microscopic analysis of the thin sections was carried out using a Leitz Laborlux polarising optical microscope, with scrupulous reference to the UNI 9724 Norm, 1st part.

The quartzitic lithotypes present textural characteristics (verifiable when holding the sample in the hand) and structural characteristics (visible under the microscope) which are generally homogeneous.

All the lithotypes presented, including the basement gneiss and paragneiss (not described due to the shortness of this note), show identical metamorphic and deformation characteristics, which are confirmed by the parageneses found in thin section and corresponding to a metamorphic equilibration in Green Schists facies, which occurred in the late

alpine period. For Barge quartzite in particular the petrographical and mineralogical characteristics in the quartzite present on varying levels of the worked quarry bench were accurately studied. Figure 3 provides a stratigraphic diagram which summarises mean characteristics of the useful bench. The sub-divisions are generally constant, and are also pertinent to the commercially available product. The series may show differences associated with a more marked erosion of the bench, or natural chromatic and structural variations, but these only occur locally.

Barge Quartzite

- Lower part of the series (coming from a bench height ranging from 0 and + 2.00 metres)

Focusing attention directly on the technical and qualitative aspect of the quartzite samples coming from the lower part of the bench, the petrographical characteristics can be summarised as follows.

Sample 7 (straw-yellow

re giallo paglierino prelevata dal cumulo di materiale cernito e destinato alla commercializzazione) ben si presta a fornire le caratteristiche petrografiche generali della quarzite commerciale; lo stesso campione, come anche gli altri, è stato inoltre sottoposto al test di resistenza a flessione, in modo da effettuare una verifica completa e parallela delle caratteristiche generali del materiale.

Il campione prelevato è una quarzite paglierina a grana fine, con buona tendenza al clivaggio secondo piani di foliazione principali di fase F2; si osservano microclasti di feldspato potassico (1-2 mm) disposti parallelamente alla foliazione.

L'alterazione a livello

macroscopico risulta apparentemente assente. A livello microscopico, si osserva un perfetto clivaggio che determina alla scala macroscopica l'ottima sfaldabilità del materiale; i piani di scistosità determinano una struttura perfettamente anisotropa, isorientata e planare delle fasi mineralogiche principali quali il quarzo, la mica chiara (Phengite) ed il feldspato potassico, complessivamente ricristallizzati e/o riorientati dallo sviluppo della seconda fase deformativa duttile F2.

Non si notano evidenti colorazioni nè ossidazioni indotte da fasi mineralogiche o da alterazione tardiva; risulta comunque presente rara ematite in venette opache, di carattere idrotermale

coloured quartzite taken from the part of the material selected for commercial use). The same sample, as in the case of the other samples, also underwent the flexion resistance test, so that a complete and parallel check on the general characteristics of the material could be obtained.

The sample collected is a straw coloured, fine grain quartzite, with good tendency towards cleavage, following main F2 phase foliation planes. Microclasts of potassic feldspar (1-2 mm) can be observed, arranged parallel to the foliation. Alteration at macroscopic level is apparently absent.

At microscopic level perfect cleavage can be observed which, on a macroscopic scale, determines the excellent cleavage of the mate-

rial. The schistosity planes determine a perfectly anisotropic isorientated and planar structure in the main mineralogical phases, such as quartz, clear mica (Phengite) and potassic feldspar, which are completely recrystallised and/or reorientated by the second ductile deformative phase F2.

Neither colorations nor oxidations induced by mineralogical phases or late alteration are to be noted. There is however a presence of rare Em in small, opaque veins, of late hydrothermal character, which coincide with the foliation, which could be considered partly responsible for the yellowish colouring.

On the other hand an analysis of the sampled material from an intact area of the face (a fine

tardivo, coincidenti con la foliazione, che potrebbero essere in parte ritenute responsabili della colorazione giallina.

Analizzando invece il materiale grezzo campionato da una zona intatta dello stesso fronte, (una quarzite a grana fine con clivaggio preferenziale secondo piani di foliazione corrispondenti ad arricchimenti in domini lepidoblastici isorientati alternati a domini quarzosi) non si osservano particolari diversità rispetto a quanto già descritto.

La sfaldabilità buona, l'assenza di fratture o peli ed il colore giallo paglierino caratterizzano il campione come poten-

il feldspato potassico risultano essere le fasi principali, mentre decisamente scarsa è la percentuale di mica chiara.

I campioni esaminati microscopicamente sono stati oggetto di test di resistenza a flessione al fine di evidenziare eventuali disomogeneità litotecnica tra la quarzite che presenta le caratteristiche ottimali per la cernita e la quarzite comunemente presente ai livelli inferiori del banco. Le normative tecniche prese come riferimento sono state le seguenti:

- Legge Regione Valle d'Aosta n. 10 del 28/2/1990 "Norme concernenti l'obbligo di costruzione del manto di

grain quartzite with preferential cleavage following foliation planes corresponding to enrichments in isorientated lepidoblastic domains alternating with quartzite domains), shows that no particular diversity is to be observed with respect to what has already been described.

Good cleavability, the absence of fractures of hair-line cracks and the straw-yellow colouring characterise the sample as potentially suitable for selection.

In thin section the structure appears microcrystalline with fine grain with traces of quartz and white mica which are almost equidimensional, as is also the case for clear mica. Q2 and Kf prove to be the main

ring optimum characteristics for selection and the quartzite which is commonly present in the lower levels of the bench.

The technical norms used for reference were the following:

- Aosta Valley Regional Law n. 10 dated 28-02-1990 "Norms concerning the necessity of building a covering layer in stone and regulations concerning relative economic benefits. Repeal of the Regional Law n. 71 dated 12-12-1896."

- UNI Norm 9724 part 5 "Natural stone materials. Determining flexion resistance."

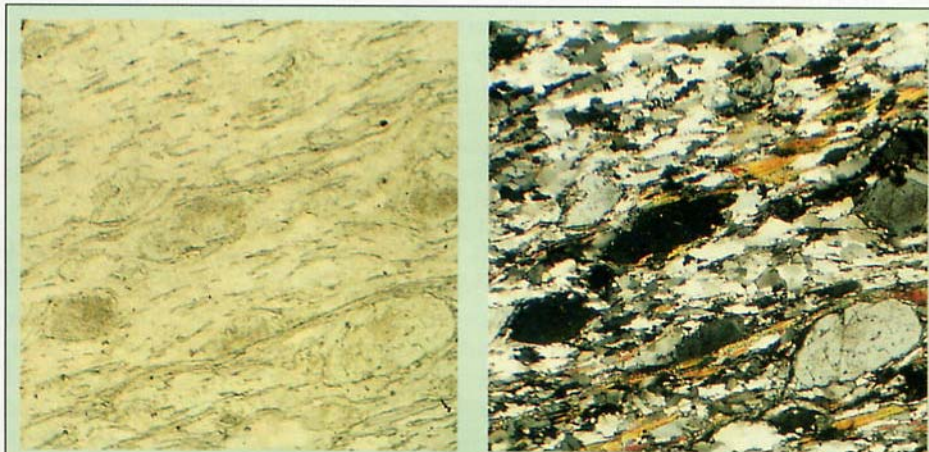
- ASTM Norm C616-89 "Standard specification for quartz-based dimension stones."

By way of example, comparisons between the respective results of the flexion tests (carried out observing the above-mentioned norms) have shown a value of 32.6 MPa (29.7 MPa after freezing cycles) for the selected quartzite, and on the other hand a value of 30.2 MPa (27.7 MPa after freezing cycles) for quartzite coming from the quarrying face.

This substantially homogeneous data was confirmed by performing further tests on 15 quartzite samples coming from various points of the quarry, but always along the lower bench level. In some cases tests showed flexion resistance values exceeding 45 MPa.

- Upper part of the series (coming from a bench height exceeding 2.00 metres)

The samples taken from the upper part of the bench were seen to be petrographically comparable with those from the lower portion, studied with particular attention so as to highlight any lithotechnic unevenness which might have occurred and which the study has shown to be non existent.



Esempio di quarzite micacea commerciale della cava di Pian Lavarino, con individui di Kf argillificato (minerali tondeggianti brunicci) disposto all'interno della foliazione principale sottolineata dalla mica bianca. Il Kf è particolarmente abbondante. A polarizzatori incrociati il Kf presenta colori di interferenza scuri, mentre la mica ha i caratteristici colori brillanti giallo-rosso-blu, il quarzo mostra colori intermedi tra il bianco e il grigio scuro; Nicols I e +, ingr. 2,5 x

Example of commercial micaceous quartzite from the Pian Lavarino quarry, with traces of clay-transmuted Kf (round, brownish minerals) within the main foliation, emphasised by white mica. Kf is particularly plentiful. Under cross-hair polarizers, Kf is darker and mica a brighter yellow-red-blue; the quartzite has colours between white and dark grey; Nicols I & +, 2.5 x enlargement

zialmente soggetto ad una eventuale cernita.

In sezione sottile, la roccia appare a struttura microcristallina con individui di quarzo e mica chiara pressoché equidimensionali; il quarzo ed

copertura in lose di pietra e la disciplina dei relativi benefici economici. Abrogazione della Legge regionale n.71 del 12/12/1896."

- Norma UNI 9724 parte V "Materiali Lapidei.

phases, whilst the percentage of Mb is decidedly scarce. The samples examined under the microscope underwent a flexion resistance test to highlight any lithotechnic unevenness between the quartzite offe-

Determinazione della resistenza a flessione"

- Norma ASTM C616-89 "Standard specification for quartz-based dimension stones".

A titolo di esempio, il confronto dei rispettivi risultati del test di flessione (eseguiti secondo le norme citate) hanno mostrato un valore di 32,6 MPa (29,7 MPa dopo cicli di gelività) per il campione descritto di quarzite cernita, e invece di un valore pari a 30,2 MPa (27,7 MPa dopo cicli di gelività) per il campione di quarzite proveniente dal fronte di coltivazione.

Tali dati di sostanziale omogeneità sono stati confermati dall'esecuzione di ulteriori test su 15 campioni di quarzite prelevati in punti diversi dell'area coltivata ma sempre lungo il livello inferiore del banco; in alcuni casi i test hanno evidenziato valori di resistenza alla flessione fino a oltre 45 MPa.

- *Parte superiore della serie (provenienza oltre +2,00 m di altezza del banco)*

I campioni prelevati nella parte superiore del banco sono risultati petrograficamente confrontabili con quelli della porzione inferiore, studiata con particolare attenzione al fine di evidenziare eventuali disomogeneità litotecniche che, in seguito allo studio, si sono rivelate inesistenti.

Nella zona della cave di Comba Simone, nei pressi di Pian Lavarino, è stato prelevato il campione 6; si tratta di una quarzite a grana fine e foliazione evidente sottolineata da letti micacei alternanti a strati quarziticci massivi; il colore è giallino, con assenza di alterazione.

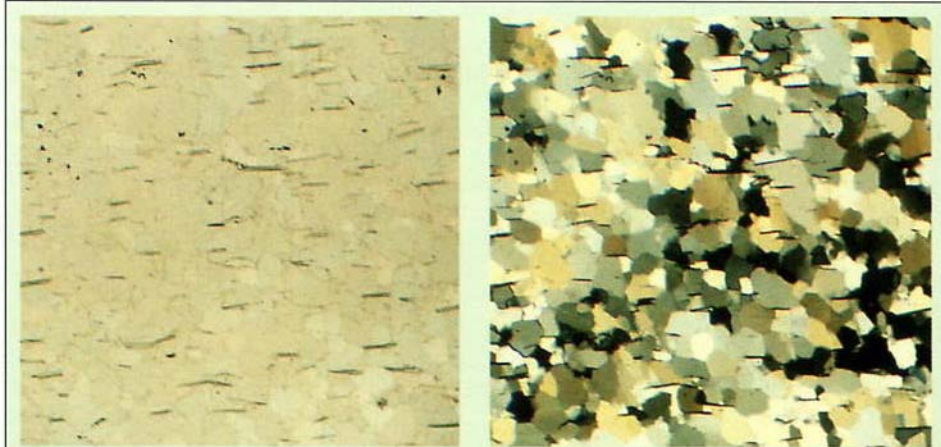
In sezione sottile la roc-

cia ha una struttura microcristallina omogenea con evidente isorientazione delle fasi mineralogiche principali quali il quarzo e, in particolare, la mica bianca che sottolinea la scistosità; la clorite ossidata appare presente come fase di alterazione su letti di mica bianca; risultano invece scarsi il feldspato potassico ed il plagioclasio detritici, che appaiono ruotati e riorientati dalla

Sample 6 was taken from the area of the Comba Simone quarries, near Pian Lavarino. This is a fine grain quartzite with evident foliation, underlined with micaceous beds alternating with solid quartzitic layers. It is yellowish in colour, without alterations. In thin section the rock has a homogeneous, micro-crystalline structure with evident isorientation of the main mineralogical phases such as quartz and, in par-

and re-orientated by ductile deformation in accordance with the prevailing schistosity planes.

In some cases the feldspar is up to 1-2 mm long. When observing the thin section with the polariser alone, no particular colorations or alterations in the rock are to be noted. Chlorite has been formed in the presence of clear mica beds, especially in the case where primary hematite is present. This occurrence may be the cause



Quarzite sudafricana. A titolo di confronto con la struttura della quarzite di Barge si mostra la struttura "pavimentosa" di una quarzite lastroide sudafricana in cui i granuli di quarzo di natura detritica sono ricristallizzati durante il metamorfismo di alto grado in assenza di particolare deformazione; i contatti dei granuli di quarzo sono strettamente netti e non interlobati come nel caso della quarzite di Barge; solo i piccoli individui di mica bianca ricristallizzata ed isorientata sottolineano le direttrici di blanda deformazione; tale struttura conferisce verosimilmente alla roccia lastroide una minore capacità di resistenza alla flessione rispetto a quarziti formatesi in condizioni dinamometamorfiche particolarmente intense quali la quarzite di Barge; Nicols + e I, ingr. 2,5 x

South African quartzite. By way of comparison with the structure of Barge quartzite, this is the "pavement" structure of a South African slab-like quartzite in which the granules of detritic quartz have recrystallized during high-grade metamorphism without undergoing unusual deformation; the borders between the particles of quartz are distinct and not interlobed as in the case of Barge quartzite; only the small traces of recrystallized and isoriented white mica highlight the lines of bland deformation; this structure means the slab-like structure is less resistant to bending than quartzites formed under particularly intense dynamic-metamorphic conditions such as those experienced by Barge quartzite; Nicols + e I, 2.5 x enlargement

deformazione duttile secondo i piani prevalenti di scistosità.

In alcuni casi il feldspato risulta possedere dimensioni fino a 1-2 mm di lunghezza. Osservando la sezione sottile a solo polarizzatore non si

particular, white mica which underlines the schistosity. The oxidised chlorite appears to be present as an altering phase on beds of white mica. On the other hand detrital potassic feldspar and plagioclase are scarce, appearing rotated

for the surface coloration which can be observed in the sample on hand.

In any event it is difficult to attribute the paternity of the different yellow or olive colorations of the quartzite to the various mineralogical phases with any certainty, using

notano evidenti colorazioni o alterazioni della roccia; la clorite si è formata in corrispondenza dei letti di mica chiara, specie nel caso in cui è presente ematite primaria; tale occorrenza, può essere una delle concause della colorazione superficiale che si osserva al campione a mano.

Risulta comunque difficile, utilizzando la sola microscopia ottica, attribuire con certezza alla varie fasi mineralogiche la paternità delle differenti colorazioni giallo o olivo della quarzite. La percentuale delle fasi mineralogiche è pari a circa: quarzo 85%, mica chiara 10%, feldspato potassico 5%, accessori <<1%.

Alcuni affioramenti nell'area di Pian Martino, al confine tra Barge e Sanfront, in corrispondenza di un fronte lineare che corre sulla delimitazione comunale, si osservano intensi ripiegamenti isoclinali nella parte inferiore-intermedia del banco quarzítico; qui la roccia è a componente francamente quarzítica, con un evidente clivaggio indotto da letti isorientati di fillosilicati.

A livello microscopico la stessa roccia mostra una struttura decisamente omogenea con una uguale distribuzione delle fasi quarzose e fillosilicatiche e della deformazione duttile che pervade la roccia; essa presenta una foliazione principale sottolineata dalla mica chiara isorientata secondo la direzione dei piani di seconda fase; gli individui micacei sono distribuiti con regolarità in una matrice quarzosa costituita da individui pressoché isometrici di quarzo, ricristallizzati ed appiattiti secondo la direttrice imposta dalla foliazione principale.

In corrispondenza di una cerniera di piega sezionata, la mica chiara evidenzia un clivaggio di crenulazione determinato dall'intersezione di fase tra S2 e S1. In tale caso la mica chiara di prima generazione dinamometamorfica (Fase 1) ricristallizza o viene crenulata in seguito alla fase deformativa F2.



Uno dei fronti di Pian Martino su cui è stato condotto il rilievo geo-strutturale ed il campionamento

A quarry-face at Pian Martino where geo-structural surveys and sampling operations were performed

cei alternanti a strati quarzíticos massivi; il colore è paglierino, con assenza di alterazione o macrofratturazioni.

La componente mineralogica prevalente è francamente quarzítica, con un evidente clivaggio indotto da letti isorientati di fillosilicati.

A livello microscopico la stessa roccia mostra una struttura decisamente omogenea con una uguale distribuzione delle fasi quarzose e fillosilicatiche e della deformazione duttile che pervade la roccia; essa presenta una foliazione principale sottolineata dalla mica chiara isorientata secondo la direzione dei piani di seconda fase; gli individui micacei sono distribuiti con regolarità in una matrice quarzosa costituita da individui pressoché isometrici di quarzo, ricristallizzati ed appiattiti secondo la direttrice imposta dalla foliazione principale.

In corrispondenza di una cerniera di piega sezionata, la mica chiara evidenzia un clivaggio di crenulazione determinato dall'intersezione di fase tra S2 e S1. In tale caso la mica chiara di prima generazione dinamometamorfica (Fase 1) ricristallizza o viene crenulata in seguito alla fase deformativa F2.

the optical microscope alone. The percentage of mineralogical phases is approximately: quartz 85%, clear mica 10%, potassic feldspar 5%, accessories <<1%.

Some outcrops occur in the Pian Martino area, on the borders between Barge and Sanfront, where there is a linear front following the communal boundary line. Here intense isocline folding can be observed in the lower-intermediate part of the quartzitic bench. The rock in this region has a frankly quartzitic component, with evident cleavage induced by isorientated phyllosilicate beds.

This is an ideal example for understanding the deformative characteristics which have had an effect on the mass. The texture presents isocline foldings, probably produced by a second penetrating, deformative phase, superimposed over an initial phase which in turn was isocline in nature. In the sample collected the F2/F1 phase intersection mentioned is clearly visible, which is confirmed by the petrographical analysis.

Macroscopically the quartzite is fine grain with evident foliation underlined by micaceous beds alternating with solid quartzitic layers. It is straw coloured, with an absence of alteration or macro-fractures.

The prevailing mineralogi-

cal component is frankly quartzitic, with evident cleavage induced by isorientated phyllosilicate beds.

At microscopical level the rock shows a decidedly homogeneous structure, with equal distribution of the quartzose and phyllosilicate phases as well as the ductile deformation which pervades the rock. It shows evidence of main foliation underlined by clear mica isorientated depending on the direction of the second phase planes. The individual micaceous traces are regularly distributed in a quartzose matrix comprised of almost isometric individual traces of quartz, which are recrystallised and flattened in accordance with the line imposed by main foliation.

Where there is a sectioned folding joint, the clear mica shows a crenulating cleavage, determined by the phase intersection between S2 and S1. In this case the dynamic metamorphism first generation clear mica (Phase 1) recrystallises or becomes crenulated following the F2 deformative phase.

Quartz recrystallisation, often with individual traces elongated and at times slightly and faintly wavy, provides for inter-penetrating texture formations, with interlobed, intergranular contact representing a particular characteristic of Barge quartzite.

La ricristallizzazione del quarzo, spesso con individui allungati e talvolta ad estinzione debolmente ondulosa, prevede la formazione di tessiture interpenetrate, con contatti intergranulari interlobati che rappresentano una caratteristica peculiare della quarzite di Barge. In questo caso particolare, nella roccia non si osserva la presenza di feldspato potassico o plagioclasio di origine detritica.

Un evidente allineamento di individui di Zircone e Rutilo/Titanite detritici sottolinea l'orientazione geometrica della F1; tali fasi non ricristallizzano in seguito allo sviluppo della F2.

Caratterizzate da una geometria circa perpendicolare alla foliazione, sono osservabili alcune discontinuità determinate da fratture a debole movimento relativo (interpretabili come l'espressione microscopica dello stile di fratturazione dell'ammasso quarzite), in corrispondenza delle quali si osserva una debole ricristallizzazione del quarzo.

- Quarzite commerciale

Nel caso in cui si osservino in sezione sottile campioni di quarzite commerciale, la roccia presenta caratteristiche strutturali di particolare omogeneità per quanto riguarda la distribuzione percentuale delle fasi mineralogiche, in particolare quarzo e mica bianca.

Non si notano, osservando a solo polarizzatore sezioni di quarzite grigia e di quarzite gialla, particolari differenze nelle colorazioni o alterazioni della roccia.

Il confronto tra varie sezioni sottili, preparate su quarzite di Barge

commerciale di diverso colore (campioni 14 e 15 - quarzite gialla Pian Martino; campioni 16 e 17 - quarzite grigia Pian Martino), conferma comunque che la clorite si forma prevalentemente in corrispondenza dei letti micacei e nel caso in cui sia presente ematite ossidata primaria; sporadicamente la più o meno marcata presenza di biotite ferrifera, può essere la ulteriore concausa della nota colorazione superficiale.

Per i primi due campioni le percentuali di abbondanza delle fasi mineralogiche risultano circa essere: quarzo 64%, feldspato potassico 20%, mica bianca 15%, accessori 1%.

Per i campioni 16 e 17 valgono le seguenti percentuali di abbondanza: quarzo 55%, feldspato potassico 25%, mica chiara 20%.

In tali materiali si osserva (si vedano le microfotografie) che l'isorientazione ottimale della mica e la ricristallizzazione del quarzo formante contatti interpenetrati ed interlobati, determinano verosimilmente la situazione strutturale migliore per la quarzite relativamente alle caratteristiche di elat-

In this particular case no feldspar or plagioclase of detrital origin is to be observed in the rock.

An evident alignment of individual traces of detrital Zircon and Rutile/Titanite underlines the geometric orientation of F1. Such phases do not recrystallise following the development of F2.

Some discontinuities can be observed, characterised by a geometry which is roughly perpendicular to the foliation, determined by relative weak movement fractures (these can be interpreted as the microscopic expression of fracturing style of the quartzitic mass). Where these occur weak quartz recrystallisation can be observed.

- Commercial quartzite

When samples of commercial quartzite are observed in thin section, the rock shows particularly homogenic structural qualities as regards the percentage distribution of mineralogical phases, quartz and white mica in particular.

When using the polariser alone to observe sections of grey or yellow quartzite, no particular differences in coloration or alterations in the rock are to be observed. Comparisons between the various thin sections, prepared on commercial Barge

quartzite of various colours (samples 14 and 15 - Pian Martino yellow quartzite; samples 16 and 17 - Pian Martino grey quartzite) confirm that the development of chlorite which forms where there are clear micaceous beds in cases where primary oxidised hematite is present, sporadically the more or less marked presence of ferriferous biotite, may be a further cause of the known surface colouring.

For the first two samples the percentages of abundance of the mineralogical phases are roughly as follows: quartz 64%, potassic feldspar 20%, white mica 15%, accessories 1%.

In samples 16 and 17 the percentages detected were: quartz 55%, potassic feldspar 25%, clear mica 20%.

In such materials (see the micro-photographs) it is possible to observe that the optimal isorientation of the clear mica and the recrystallising of the Qz forming interpenetrating and interlobing contacts, probably determine the better structural situation for the quartzite as regards its characteristics of elasticity and resistance to flexion. This circumstance occurs, as a general rule, when the deformative phase F2 develops in a more intense man-



Caricamento di una volata sperimentale in trincea progettata dagli specialisti del DIGET del Politecnico di Torino

Experimental quarrying operations designed by the specialists at DIGET, Polytechnic University of Turin

sicità e resistenza alla flessione; tale congiuntura risulta presentarsi, in linea di larga massima, quando la fase deformativa F2 si sviluppa in modo più intenso, oppure quando la scistosità è definita dalla sola foliazione di prima fase.

Inoltre, osservando la sezione tagliata parallelamente alla scistosità, si osserva il quarzo ricristallizzato in modo interpenetrato con gli individui di feldspato secondo plaghe da tondeggianti ad oblunghe; la mica, in tal caso, appare meno evidente rispetto al reale per via dell'orientazione ottica sfavorevole.

Nella condizione citata, alla grande scala l'ammasso quarzatico assume, secondo determinati livelli, ed in modo costante ed omogeneo, la classica e nota fissilità che caratterizza la quartzite. In tal caso la fissilità netta e ben definita risulta tale in quanto la seconda fase dinamometamorfica ha completamente riordinato in modo plastico la matrice quarzoso-micacea, con la ricristallizzazione completa del quarzo e della mica chiara le quali che assumono una netta e definita orientazione geometrica e cristallografica parallelamente alla F2. In tale situazione non risultano più individuabili indizi microstrutturali relativi alla F1.

A titolo di verifica e confronto, osservando a scala macroscopica le zone di intersezione tra F1 e F2, il clivaggio appare decisamente più difficoltoso, i banchi quartzitici risultano più massicci ed i piani di foliazione decisamente irregolari e incurvati; a livello microscopico si osserva infatti (campione 2) una crenulazione delle miche cri-

stallizzate in F1 da parte delle miche di seconda fase.

Come nel caso di altre pietre a spacco naturale, quali ad esempio la Pietra di Luserna (estratta nelle vicine montagne di Bagnolo, Rorà e Luserna), le zone di cerniera di piega prodotte dalle intersezione di fase duttile, risultano essere le più sfavorevoli per quanto riguarda la sfaldabilità e la qualità complessiva del materiale.

Per una migliore illustrazione dei risvolti merceologici che le caratteristiche descritte determinano si mostra, a titolo di paragone, la struttura "pavimentosa" di una quartzite lastroide sudaficana (denominazione commerciale: Nama Quartzite - Diamond Quartzite) in cui i granuli di quarzo di natura detritica sono ricristallizzati durante il metamorfismo di alto grado in assenza di particolare deformazione; i contatti

ner, or when schistosity is defined by the first phase foliation alone.

Moreover careful observation of the section cut parallel to the schistosity shows that the quartz has recrystallised in an impenetrated way with the individual feldspar traces in areas varying from wavy to oblong in shape. In this case mica appears less evident that is in fact true, due to the unfavourable direction of light.

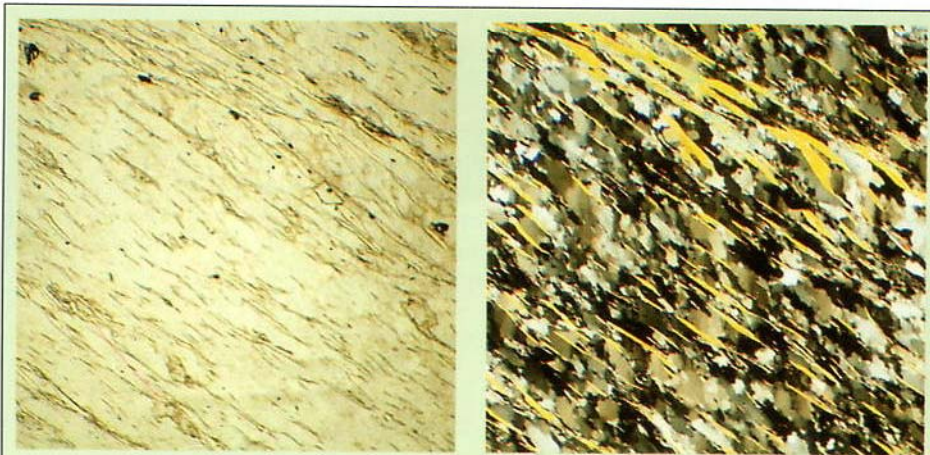
In the situation mentioned, on a grand scale, according to certain levels, the quartzitic mass assumes the classic and well-known fissility which characterises quartzite, in a homogeneous and constant manner. In this case the clear and well-defined fissility is so because the second dynamic metamorphism phase has completely rearranged the quartzose-micaceous matrix in a plastic manner, with complete recrystallisation of the quartz and the clear mica, which assume a clear and defined geometric and

crystallographic orientation parallel to F2. In such a situation micro-structural evidence is no longer detectable relating to F1.

For purposes of checking and verification, observations on the macroscopic scale of the intersecting areas between F1 and F2 show that cleavage is decidedly more difficult, the quartzitic benches are seen to be more massive and the foliation planes distinctly irregular and curved. In fact microscopic observation (sample 2) shows crenulation of the micas crystallised in F1 in the second phase micas.

As in the case of other naturally split stones, as for example Pietra di Luserna (quarried in the nearby mountains of Bagnolo, Rorà and Luserna), the folding joint areas, produced by the intersection of ductile phases, are seen to be the most unfavourable as regards cleaving and the qualities of the material as a whole.

To illustrate commodity



Struttura ideale di quartzite di Barge gialla commerciale; i piani di foliazione sottolineati dalla mica regolarmente alternano a letti quarzosi con individui suballungati a contatti cristallini interlobati o interpenetrati; la percentuale di feldspato è decisamente subordinata alle altre fasi; Nicols + e I, ingr. 2,5 x

The ideal structure of Barge yellow quartzite; the planes of foliation highlighted by mica alternating in regular patterns with beds of quartz and sub-elongated traces in contact with interlobate or interpenetrating crystals; the percentage of feldspar is distinctly subordinated to the other components; Nicols + e I, 2.5 x enlargement

Parte sommitale del Monte Bracco da Nord-Est; la morfologia tabulare del versante nord-occidentale rivestito dal banco quarzítico; a sinistra è più accidentata in corrispondenza degli affioramenti di gneiss cristallini

NW view of the peak of Monte Bracco highlighting the table morphology of the NW face and its quartzite quarry beds; left: morphology is much more irregular in relation to the outcrops of crystalline gneiss



dei granuli di quarzo risultano strettamente netti e non interlobati come nel caso della quarzite di Barge ed inoltre, solo i piccoli individui di mica bianca ricristallizzata ed isorientata sottolineano le direttrici di blanda deformazione; tale struttura verosimilmente conferisce alla roccia lastroide una minore capacità di resistenza alla flessione rispetto a quarziti formati in condizioni dinamometamorfiche particolarmente intense quali la Quarzite di Barge.

Indicazioni geostrutturali evidenziate dallo studio di terreno e conclusioni preliminari

Le indicazioni di carattere geologico-geostrutturale sono state riassunte nei diagrammi di Schmidt (vedasi n. 424 de "L'Informatore del Marmista"); questi consentono di comprendere e confrontare rapidamente lo stile e la geometria delle deformazioni che interessano l'ammasso roccioso; in particolare

risulta interessante osservare la distribuzione piuttosto costante dei piani di scistosità, immergenti in modo uniforme nel quadrante Nord-Ovest.

Altrettanto regolare appare la geometria delle immersioni dei piani di intersezione F2/F1, e delle cerniere di piega. Geometricamente i piani fragili e fragili-duttili a basso angolo appaiono distribuiti in modo piuttosto regolare, suggerendo l'ipotesi che essi siano correlabili con un evento deformativo successivo agli eventi deformativi duttili che può avere agito secondo geometrie da transpressive a trascorrenti (non si esclude, in base ai limitati dati di superficie, la presenza di possibili piani profondi di sovrascorrimento evidenziabili dai limitati dati di sottosuolo esistenti).

Considerazioni sulla qualità della quarzite

Oltre a quanto esposto precedentemente, è possibile schematicamente elencare alcuni interes-

implications arising from the characteristics described in a better way, the "pavement" structure of a South African slab-like quartzite is shown (trade name Nama Quartzite - Diamond Quartzite), where the quartz granules of detrital nature have recrystallised during high grade metamorphism, in the absence of particular deformation.

Contact between the quartz granules is cleanly defined and not interlobed, as in the case of Barge quartzite, and also only the small individual particles of recrystallised and isorientated white mica highlight the bland deformation lines. This structure probably provides the slab-like rock with a lesser degree of resistance to flexion compared to quartzites formed in particularly intense dynamic metamorphism conditions, such as Barge Quartzite.

Geo-structural indications arising from study of the terrain and preliminary conclusions

The indications of a geological and geo-structural nature have been summar-

ised in the Schmidt diagrams (refer to n. 424 of the Informatore del Marmista). These allow rapid understanding and comparison of the style and geometry of the deformations effecting the rocky mass. It is particularly interesting to observe the rather constant distribution of the schistosity planes, embedded in a uniform manner in the North-West quadrant.

The geometry of the F2/F1 intersection plane immersions and of the folding axes appears to be just as regular.

Geometrically speaking the fragile and fragile-ductile low-angle planes appear to be distributed in a rather regular manner, suggesting the hypothesis that they are related to a deformative event occurring later than the ductile events and which may have acted dependant upon multiple oriented geometries (based on the scarce surface data available, the relationship with possible overrunning planes, which can be pointed out from the scarce data available on the subsoil, is not excluded).

Considerations on the quality of the quartzite

Besides what has already been mentioned previously, it is possible to make a schematic list of some interesting points which have emerged from the study:

- excellent cleavage is found when rock schistosity results from the perfect development of the first deformative phase F1 or the second phase F2. Marked F2/F1 phase interference (which can frequently be observed in the stratigraphic contact areas with the substratum and where there is a folding joint) unfavourably effects cleavage into regular slabs and in consequence has a local effect on the yield of the bench;

- the classic grey and gold

Discariche di coltivazioni abbandonate in zona Comba Simone-Pian Lavarino; si prospetta una prossima ripresa dei lavori

Abandoned quarries used as waste tips in the Comba Simone-Pian Lavarino area; it is likely that these areas will become part of a recovery programme for secondary resources



santi punti emersi dallo studio:

- il clivaggio ottimale si riscontra quando la scistosità della roccia è risultante dal perfetto sviluppo della prima fase deformativa F1 o della seconda fase F2; la marcata interferenza di fase F2/F1 (che si può spesso osservare nelle zone di contatto stratigrafico con il substrato e di cerniera di piega) condiziona in modo sfavorevole il clivaggio secondo lastre regolari e, conseguentemente, influenza localmente la resa del banco;
- le classiche colorazioni grigio e giallo oro, di cui è, a grandi linee, responsabile principale l'ossidazione differenziale che si sviluppa preferenzialmente (ma non esclusivamente) nella parte sommitale del banco, possono essere correlate alla variabile presenza ed ossidazione di fasi mineralogiche "colorate" quali quali l'ematite primaria che per ossidazione sviluppa limonite e, in parte, clorite;
- la eccellente resistenza meccanica della quarzite

è dovuta in buona parte, oltre a motivi compositivi primari, alla omogenea ricristallizzazione dinamo-metamorfica delle fasi mineralogiche secondo contatti interpenetrati tra gli individui cristallini; il che determina una quasi perfetta orientazione cristallografico-morfologica dei minerali che conferisce alla roccia le condizioni ideali per la resistenza a flessione;

- nella parte basale della serie quarzite si è osservata localmente una maggiore percentuale della componente feldspatica a fronte di una minore presenza di mica chiara; ove presente, tale variabilità compositiva, può determinare occasionalmente una minore resistenza a flessione del materiale.

Prospettive immediate per lo sviluppo delle coltivazioni

Circa le prospettive che potrebbero delinearsi per lo sviluppo dell'estrazione della quarzite presente sul Monte Bracco, occorre sottolineare che, dato l'attuale assetto del-

present, this variation in composition can occasionally determine lesser resistance to flexion in the material.

Immediate prospects for developing deposits

As regards possible future prospects for quarrying development of the quartzite deposits at Monte Bracco, it should be stressed, bearing in mind the present state of the quarries, that any future initiatives aimed at exploiting these deposits must consider the following points:

- the present state and previous history of ornamental stone quarries, which has now reached extremely high levels, both locally and internationally, in terms of economical importance and historical and architectural worth;

- the "unrenewable" nature of the quartzitic resources present at Monte Bracco which here, more than on other exploitation sites, deserve careful valuation and constant control above all with regard to the economical aspects mentioned, besides considering the undoubted environmental implications;

- the presence of huge quantities of waste material left over from previous quarrying. This situation determines potential appreciation (subject to a careful and well-selected study on the technical and industrial aspects involved) of a possible source of raw material for the glass-working industry, refractory materials for foundries and ceramic thinners (as well as or alternative to an already possible use as inert, fine crushed stone for various uses);

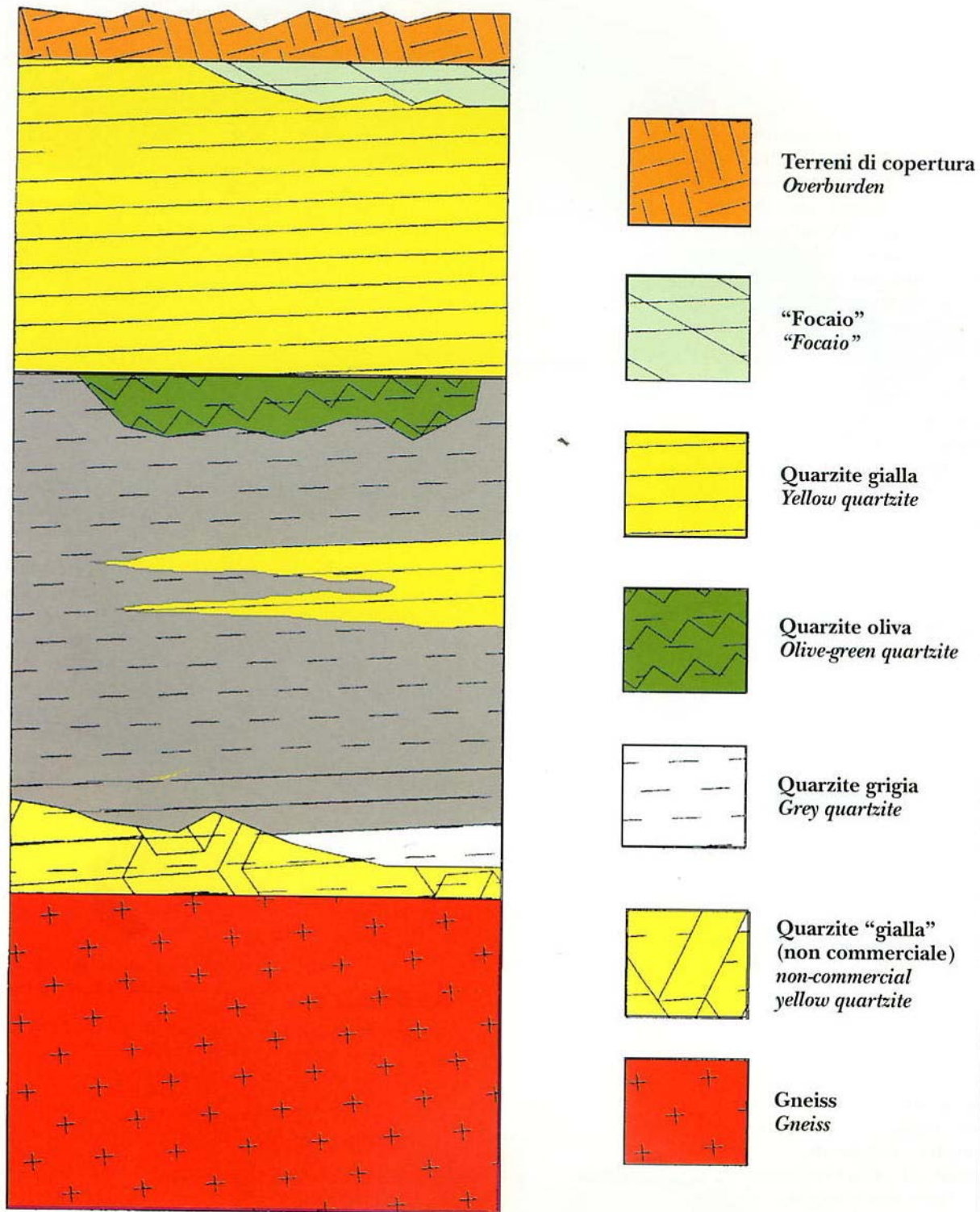
- considering the previous points mentioned, it will be a necessary requirement for the future (at current quarrying rates reserves are estimated at a few decades) to plan extraction with "environmental" and tech-

colourings, which differential oxidation is largely responsible for, and which develop preferentially (but not exclusively) in the upper part of the bench, can be related to the varying presence and oxidation of "coloured" mineralogical phases such as limonite (which develops by the oxidation of finely disseminated primary metallic hematite), and partly to the oxidation of chlorite;

- the excellent mechanical resistance of the quartzite is largely due, besides primary composition reasons, to the homogeneous dynamic metamorphic recrystallisation of the mineralogical phases, in accordance with interpenetrating contacts between the individual crystalline components. This causes an almost perfect crystallographic and morphological orientation of the minerals, thus providing the rock with the ideal conditions of resistance to flexion;

- in the basement part of the quartzite series a greater percentage of the feldspar component can be observed, compared with a lesser presence of clear mica. Where

Figura 3 - Sezione stratigrafica schematica. Schema dei rapporti stratigrafici nel banco in coltivazione
Figure 3 - Outline stratigraphic cross section. Outline of stratigraphic relationship in the quarry site



le coltivazioni, ogni futura iniziativa di carattere estrattivo dovrà tenere in considerazione:

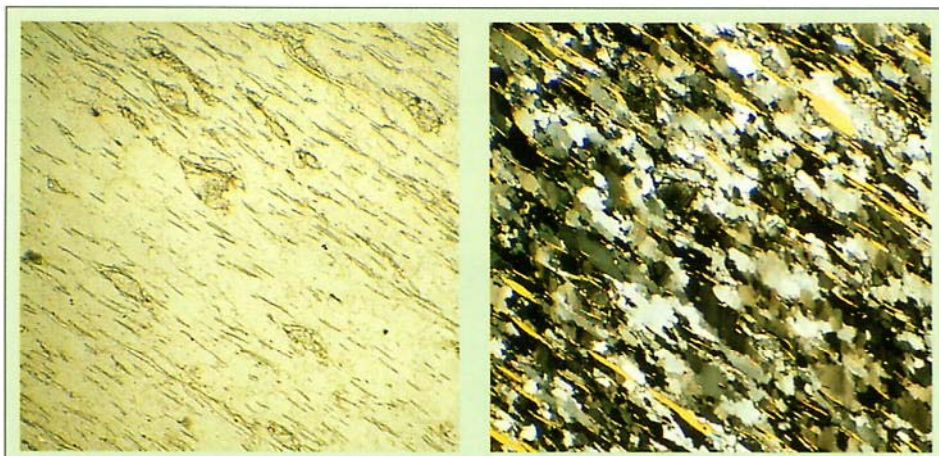
- la presenza attuale e la storia pregressa di coltivazioni di pietra ornamentale, oramai divenuta di importanza economica e pregio storico-architettonico elevatissimi a livello sia locale che internazionale;

- la "non rinnovabilità" delle risorse quarzitiche presenti al Monte Bracco che, qui più che in altri siti estrattivi, meritano una attenta valorizzazione ed un costante controllo soprattutto per i citati aspetti economici, oltre che per gli indubbi aspetti di carattere ambientale;

- la presenza di ingenti quantitativi di materiali di scarto provenienti dalle lavorazioni di cava pregresse; tale condizione determina la potenziale valorizzazione (previo un attento e mirato studio di caratterizzazione tecnico-industriale) di una potenziale risorsa di materia prima per l'industria del vetro, dei refrattari da fonderia e degli smagranti per ceramica (in aggiunta od in alternativa ad un già possibile utilizzo come pietrischetto inerte per impieghi vari);

- visti i precedenti punti citati, per il futuro (con attuali ritmi di estrazione si possono stimare riserve per alcuni decenni) risulterà necessario pianificare le coltivazioni in modo "ambientalmente" e tecnicamente ordinato, cercando di valorizzare al massimo tutte le risorse disponibili, onde consentire, sempre in condizioni di remuneratività, il corretto sviluppo ed evoluzione delle operazioni di cava. ■

L'autore del presente studio è geologo, specializzato in Ingegneria



Quarzite grigia commerciale. Struttura ideale di quarzite di Barge commerciale della miglior qualità; i piani di foliazione sono sottolineati dalla mica e regolarmente alternanti a letti quarzosi con individui suballungati a contatti cristallini interlobati o interpenetrati; non si notano differenze di colore o alterazione tra tale materiale e quello mostrato nella microfotografia relativa alla quarzite di Barge Gialla; la percentuale di feldspato potassico è decisamente subordinata alle altre fasi; Nicols + e I, ingr. 2,5 x

Commercial grey quartzite. The ideal structure of the best quality Barge quartzite; the planes of foliation highlighted by mica alternating in regular patterns with beds of quartz and sub-elongated traces in contact with interlobate or interpenetrating crystals; there is no difference in colour or configuration between this material and that shown in the micro-photograph detailing yellow Barge quartzite; the percentage of K-feldspar is distinctly subordinated to the other components; Nicols + & I, 2.5 x enlargement

lizzato in Ingegneria delle Risorse del Sottosuolo presso il Politecnico di Torino - Dipartimento di Georisorse e Territorio; da alcuni anni, oltre a collaborare con "L'Informatore del Marmista", svolge ricerche ed attività di consulenza nel settore delle pietre ornamentali in Italia ed all'estero.

nical order, attempting to obtain the highest possible value from all the available resources, so that quarrying operations can develop and evolve correctly, without losing sight of the economic aspect. ■

The author is a geologist, specialising in Engineering of Below-Ground Resources at the Department of Geo-

Resources and Land Planning, Polytechnic University of Turin; over the last few years, over and above contributions to "L'Informatore del Marmista", research and consultancy work has been performed in the decorative stone field both in Italy and abroad.

Bibliografia / Bibliography

- Blanchard R. (1952)** - Le Alpi Occidentali. Tomo VI: Il versante piemontese. Ed. Arthaud.
- Bradley F. (1989)** - Cenni sull'analisi geologica delle rocce ornamentali. Ed. Technostone, Carrara, pp.91.
- Da Vinci L. (1511)** - Foglio 1 del manoscritto G. Biblioteca dell'Istituto di Francia a Parigi.
- Gargi R. (1969)** - "Parmi " les quartzites...". Le Mausoleé, marzo 1969.
- Mainero D. (1996)** - Elementi tecnici e conoscitivi per la coltivazione della quarzite del Monte Bracco. Tesi di Laurea, DIGET, Politecnico di Torino, pp. 138, ined.
- Polino R., Dal Piaz G.V., Gosso G. (1990)** - Tectonic erosion at the Adria margin and accretionary processes for the Cretaceous orogeny of the Alps. Vol. Spec. Soc. Geol. It., n. 1, pp. 345-367.
- Sassone P. (1996)** - Studio Geologico-Geominerario del settore sommitale del Monte Bracco riferito alle georisorse di prima e seconda categoria. Consulenza per l'Amm.ne Comunale di Barge, pp.62, ined.
- Sassone P. (1997)** - Studio geologico dei giacimenti di quarzite di Barge - 1.a parte. L'Informatore del Marmista, n. 424 - Aprile 1997.
- Vialon P. (1966)** - Étude géologique du massif cristallin Dora-Maira. Alpes Cotiennes Internes - Italie. Travaux Lab. Géologie, Fac. Sciences de Grenoble, Memoires, n. 4, 293 pp.