

PRODUZIONE MINERARIA, BONIFICA TERRITORIALE E RECUPERO AMBIENTALE IN UN'AREA PEDEMONTANA

M. Fornaro - L. Bosticco

Dipartimento di Georisorse e Territorio, Politecnico di Torino

RIASSUNTO - *Produzione mineraria, bonifica territoriale e recupero ambientale in un'area pedemontana* - Il Quaternario 7(1), 1994, 451-456 - L'attività di cava, ove possibile, deve principalmente costituire un'occasione — altrimenti perduta — per la sistemazione produttiva di aree compromesse ma non del tutto esaurite come potenzialità giacimentologica. Un esempio significativo di tale strategia è quello di Saltrio (Varese), ove l'attuale produzione di pietrisco stradale di qualità che già consente il recupero di vecchie discariche lapidee porta alla progressiva scoperta dei vuoti minerari delle stesse coltivazioni di pietra ornamentale, da tempo abbandonate. La morfologia del luogo, alquanto esposto, nel paesaggio prealpino, la geologia dei terreni, peraltro interessata da fenomeni di carsismo, ma soprattutto la accertata instabilità delle storiche camere sotterranee suggeriscono al fine di un realistico e sicuro recupero ambientale, una completa rimodellazione del versante originario, su cui opera la attuale cava, e la bonifica con franamento controllato dal tetto dei vuoti sotterranei, ormai inagibili. Tale complessa operazione, che può trovare sostegno finanziario solo dalla commercializzazione del materiale litoide di risulta, non esclude la possibilità di riattivare, adottando metodi moderni di coltivazione, pur con limitate produzioni la precedente attività di estrazione e lavorazione della Pietra di Saltrio, patrimonio storico di arte e tradizione locale. La nota riferisce in particolare delle preliminari verifiche geingegneristiche compiute sulla strutture minerarie sotterranee, nell'ambito di un più ampio studio interdisciplinare, di base per ogni decisione pianificatoria.

ABSTRACT - *Quarrying, land restoration and environmental reclamation in a piedmont area* - Il Quaternario 7(1), 1994, 451-456 - The paper reports preliminary geo-engineering investigations carried out as a part of a feasibility project of land restoration at a quarry area near Saltrio (province of Varese, northern Italy). Mesozoic carbonatic series of Noric ("Dolomia Principale", dolomitic limestone) and Lias times ("Calcare Selcifero", flint limestone) characterize the area. At present, an open pit quarry of flint limestone is being exploited for high quality road metal, with consequent modification of the mountain side landscape. Quarrying is carried out from top to the bottom with recovery of mining dumps. A first stage of land restoration has been carried out in the northern part of the quarry area with re-planting of vegetation. In the past, the lower carbonatic layer — a bioclastic calcarenite — was exploited underground for the production of an ornamental stone known as "Saltrio stone". The exploitation rooms of the underground quarry have been abandoned, forming a series of underground voids which are a hazard for the stability of the whole area and greatly limit the development of the present open-pit quarry activity. In order to evaluate the conditions of the pillars of the old underground exploitation rooms a study using geophysical methods and geotechnical lab tests has been carried out. A realistic project of land restoration should consider the remodelling of the original slope in order to attain three main objectives: i) creation of a landscape well inserted in the surrounding countryside; ii) reclamation of the residual old mining spaces; and iii) an economically acceptable continuation of current quarry activities. The project has to forecast a gradual excavation of the layer of useful flint limestone, with the stripping stage carried out at the same time of the infilling of underground rooms. This can be done by blasting the rock layer at the roof of the old exploitation rooms, leaving the material in place up to a predefined height. In order to obtain suitable sized "Saltrio" calcarenite blocks to be used in restoration works of historical buildings, the project considers the possibility of a new small underground quarry in an adjacent area. Exploitation rooms of this small underground quarry have to be of such a size as to guarantee stability in time, and should be run using modern stone-cutting technology. It has been evaluated that an underground quarry using the room-and-pillar method may economically exploit the deposit for another 20 years.

Parole chiave: Cave, uso del territorio, recupero ambientale

Key words: Quarrying, land use, land restoration

1. COLLOCAZIONE

La zona interessata dalle coltivazioni è localizzata nel versante meridionale della cresta costituita dal M. Orsa, Poncione di Alzo (M. Prabello e Costa Prabello). Tale cresta rappresenta la parte meridionale del massiccio montuoso del M.S. Giorgio, a sud del Lago di Lugano.

Morfologicamente la zona presenta un rilievo relativamente dolce solcato da alcune valli in corrispondenza di importanti dislocazioni tettoniche. In superficie si notano non rilevanti manifestazioni carsiche epigee in corrispondenza della dolomia del Norico; uno spesso strato di suolo invece sovrasta di norma i depositi del calcare del Lias.

Da un punto di vista geologico l'area è inquadrabile nell'ambito di una successione carbonatica mesozoica compresa tra la Dolomia Principale (Norico) e il Calcare Selcifero (Lias).

I litotipi più antichi che affiorano in zona sono rappresentate da dolomie e dolomie calcaree che sono sovrastate da una bancata continua di calcari e calcareniti bioclastiche potenti circa 25 m e note come "Pietra di Saltrio". Al tetto del precedente strato vi sono i calcari selciferi, di colore grigio-nerastro con evidente stratificazione, aventi uno spessore variabile da pochi metri a 40 m. In posizione sovrastante si osserva una sequenza carbonatica rappresentata da calcisiltiti biancastre localmente con noduli di selce che affiorano nell'estremità orientale della cava (Fig. 1).

2. SITUAZIONE A GIORNO

L'attuale attività di cava è improntata alla produzione di pietrisco stradale di qualità, coltivando a giorno il Calcare Selcifero. La morfologia del versante risulta perciò modificata dalle lavorazioni in corso; le condizioni di stabilità sono inoltre rese precarie in talune

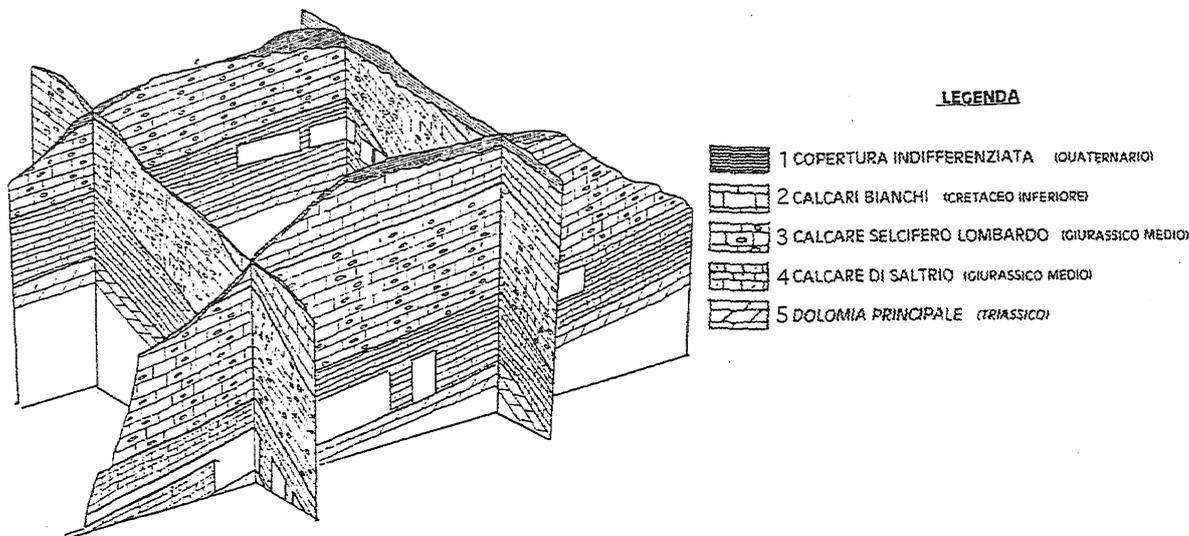


Fig. 1 - Ricostruzione geologica e posizione dei vuoti della coltivazione sotterranea della "Pietra di Saltrio".
Geological fence diagram of the "Pietra di Saltrio" underground quarry showing the position of exploitation rooms.

zone dalla presenza di ampi vuoti minerari, ora abbandonati, che furono sede di estrazione della "Pietra di Saltrio" quale roccia ornamentale nella cava denominata M. Oro.

Nella parte settentrionale e più in quota della cava si può osservare come sia già stata effettuata una prima fase di recupero ambientale con relative opere di rinverdimento (Fig. 2). Poco più in basso vi sono i piazzali di coltivazione collegati da un'ampia strada di arroccamento che si sviluppa nel settore occidentale. La coltivazione del Calcarea Selcifero procede da monte verso valle consentendo anche il recupero di vecchie discariche minerarie. E' inoltre prevista conseguentemente una progressiva scopertura e ripianamento delle antiche camere di coltivazione della "Pietra di Saltrio", al fine della loro messa in sicurezza, come in parte è già avvenuto per i vuoti localizzati più a Nord (Fig. 3). Nella parte sud-orientale dell'area esaminata sono tuttora presenti alcune camere di considerevoli dimensioni che presentano gli accessi rivolti verso NE, non lontano dal confine italo-svizzero.

Nel settore sud-occidentale è sito un ampio piazzale che è di servizio agli impianti di trattamento del materiale, trasportato da monte.

3. SITUAZIONE IN SOTTERRANEO

Le camere sotterranee delle cave abbandonate della "Pietra di Saltrio" interessano il settore orientale dell'area considerata. Si tratta di cavità relativamente superficiali, aperte con esplosivo ma ribassate utilizzando metodi non distruttivi, in modo da poter ottenere blocchi di roccia integra di opportune dimensioni.

La geometria degli ampi vuoti (con luci anche di 20 ÷ 30 m e altezze variabili da 10 a 15 m) e la ridotta dimensione dei pilastri e dei diaframmi testimoniano come lo sfruttamento sia avvenuto senza una razionale progettazione e pianificazione dei lavori (Fig. 4).

La limitata potenza della copertura, rispetto all'ampiezza dei vuoti,



Fig. 2 - Opere di rinverdimento nella parte settentrionale della cava di Calcarea Selcifero.
Land restoration in the northern part of the "Calcarea Selcifero" quarry.

e la presenza di persistenti sistemi di frattura al tetto delle camere limita notevolmente la capacità di autosostenersi di queste ultime. Alcune recenti lesioni nei pilastri, eccentricamente sovraccaricati, denotano la probabile evoluzione del naturale rilassamento della massa rocciosa, con riduzione dei carichi trasmessi sui fianchi dello scavo (Fig. 5).

Oltre la stabilità globale dello scavo, che risulta perciò assai precaria, va considerata la pericolosa propensione al distacco locale di lastre, anche di notevoli dimensioni, che tendono a scollarsi in corrispondenza della superficie di stratificazione e che rendono perciò le camere assolutamente inagibili.



Fig. 3 - Fase di scopertura dei vuoti
Exploitation rooms uncovering stage.

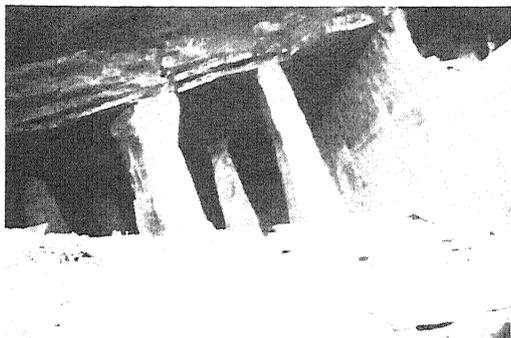


Fig. 4 - Assetto attuale dei vuoti abbandonati.
Present conditions of abandoned exploitation rooms.

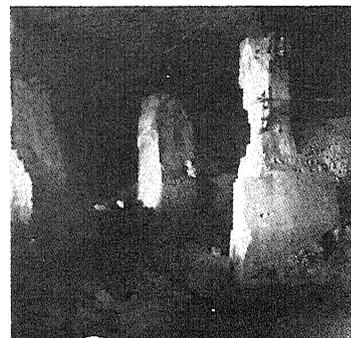


Fig. 5 - Pilastrini che mostrano evidenti segni di lesionamento.
Damaged pillars.

4. TESTIMONIANZE

Le cave di calcarenite grigio-cenerina hanno per lungo tempo avuto un'importanza considerevole per l'economia di un territorio altrimenti a vocazione prevalentemente agricola. La pietra ha infatti rappresentato lavoro per cavatori, scalpellini e marmisti, ispirando non pochi scultori.

Il "saltrio", che ha preso il nome dal paese stesso, veniva estratto in blocchi di varie dimensioni, ma sempre con gran dispendio di energia, dalle cave sotterranee progressivamente aperte nel monte.



Fig. 6 - Trasporto del materiale cavato
"Mine-cars" for the extracted material.

Questa attività, vecchia di secoli, ha utilizzato tecniche che si avvalevano di attrezzi rudimentali (mazze, subbie, ecc) e di illuminazione precaria (torce e poi lampade ad acetilene). Lo stacco dei blocchi era talora attuato utilizzando l'effetto di variazione di volume dovuto al congelamento dell'acqua.

I blocchi estratti venivano trasportati in paese su un apposito carro, "la dara" (Fig. 6), trainato dai buoi, ove in seguito poteva essere lavorato per produrre lastre, colonne, statue ecc. ed in generale elementi architettonici ed ornamentali (Fig. 7).

L'ultima cava fu chiusa nel 1964, quando ormai venivano adottate tecniche di taglio più evolute, come il filo elicoidale e l'illuminazione era elettrica.

Attualmente rimangono per testimoniare tale storica attività famose opere monumentali come la facciata della Certosa di Pavia, il tempio sepolcrale del Cimitero di Genova, le lesene della Galleria Vittorio Emanuele di Milano e molti porticati di vie e chiese lombarde.

5. ACCERTAMENTI GEOGNOSTICI

La caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso è stata effettuata sulla base di dati di laboratorio, di rilievi geomeccanici in sito e di misure geofisiche.

Le usuali prove fisico-meccaniche di laboratorio sono risultate indispensabili per definire le caratteristiche di resistenza dei diversi materiali litoidi.

La descrizione dell'ammasso è invece stata effettuata, secondo le metodologie correnti (ISRM) sulla base di numerosi rilievi geomeccanici, intesi soprattutto a definire lo stato di fratturazione delle diverse litologie.

Le misure geofisiche — secondo una procedura

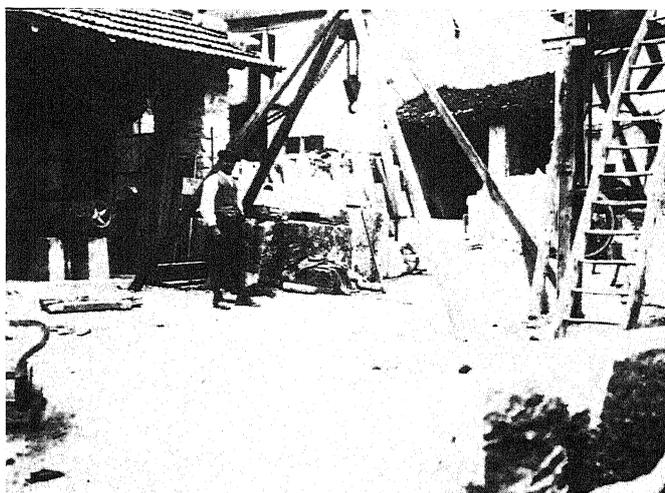


Fig. 7 - Foto storica di un laboratorio artigianale.
An old artisan's laboratory in an historical photo.

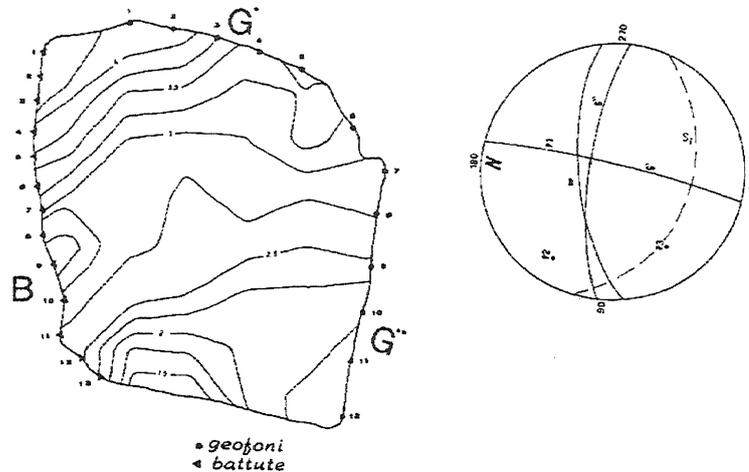


Fig. 8 - Mappa con le curve di isovelocità delle onde sismiche e andamento delle principali discontinuità, in proiezione stereografica, in un pilastro analizzato.
Seismic wave velocity contour map and stereographic projection of principal joints in a studied pillar.

tomografica relativamente recente — sono invece state sperimentalmente applicate al controllo non distruttivo di alcuni pilastri portanti al fine di valutarne, attraverso lo studio delle velocità sismiche in varie direzioni ed in diverse sezioni l'integrità e lo stato di sollecitazione della pietra (Fig. 8).

6. VERIFICHE GEOTECNICHE

Sulla base delle risultanze delle caratterizzazioni geomeccanica e geostrutturale e considerando le geometrie esistenti è stato possibile effettuare delle analisi di stabilità sia sui fronti più esposti a giorno che nei vuoti in sotterraneo.

Sui fronti considerati sono state analizzate in dettaglio le problematiche relative allo scivolamento o ribaltamento dei blocchi di roccia, utilizzando dei metodi verifica grafici volti all'individuazione di possibili cinematismi di caduta.

La stabilità in sotterraneo è stata verificata utilizzando metodi di calcolo analitico; in particolare si è cercato di valutare la stabilità del tetto delle camere. Data l'irregolarità geometrica, è stato — fra gli altri — utilizzato un metodo speditivo che permette di stabilire l'autoportanza di una soletta considerando come sia consentita la spontanea formazione di una struttura di materiale portante, avente forma di arco. Tali verifiche, effettuate su diverse sezioni sulle camere abbandonate, hanno permesso di accertare come quasi mai vi sia la possibilità di formarsi dell'arco naturale di sostegno.

7. PREVISIONI MORFOLOGICHE

Nel quadro futuro delle operazioni che possono essere realizzate secondo questo progetto, sono previsti, come obiettivi primari, la messa in sicurezza dei luoghi, attraverso la bonifica delle coltivazioni sotterranee abbandonate e l'eliminazione dei pendii instabili a giorno, e la creazione di morfologia finale che ben si innesti nel contesto del paesaggio prealpino circostante. Al contempo l'operazione di recupero deve consentire il prosieguo dell'attuale attività di cava, in modo da poter essere resa economica dallo stesso risultato produttivo.

Tale strategia è peraltro stata recentemente indicata, per le attività minerarie ricadenti nella Legge 431/85, anche dal Ministero per l'Ambiente, Commissione VIA.

La carta finale, impostata secondo un piano di attività decennale, prevede l'asportazione di uno strato, di Calcarea Selcifero, avente potenza variabile da 10 a 20 m. Delicata risulta essere la fase di scopertura e bonifica dei vuoti sotterranei; soprattutto per motivi di sicurezza, essa dovrà procedere da monte verso le quote inferiori, creando un fronte gradonato EW di prima scopertura della soletta rocciosa. Questa sarà poi abbattuta dall'alto con mine, senza accesso dell'uomo nelle camere e lasciando il materiale in posto alla quota finale prevista.

Nella configurazione risultante, sebbene la morfologia risulti alquanto modificata ed addolcita, non viene tuttavia alterato quello che è l'assetto idrogeologico esistente (Fig 9).

8. PROPOSTE PRODUTTIVE

La profilatura dei fronti e la coltivazione del calcarea selcifero di tetto, secondo le modalità indicate, può consentire una disponibilità di oltre 500.000 m³ di materiale, corrispondenti ai fabbisogni di pietrisco della cava per circa 10 anni.

La necessità infine di disporre, per il restauro di edifici storici, di materiale lapideo originario ma soprattutto l'opportunità di man-

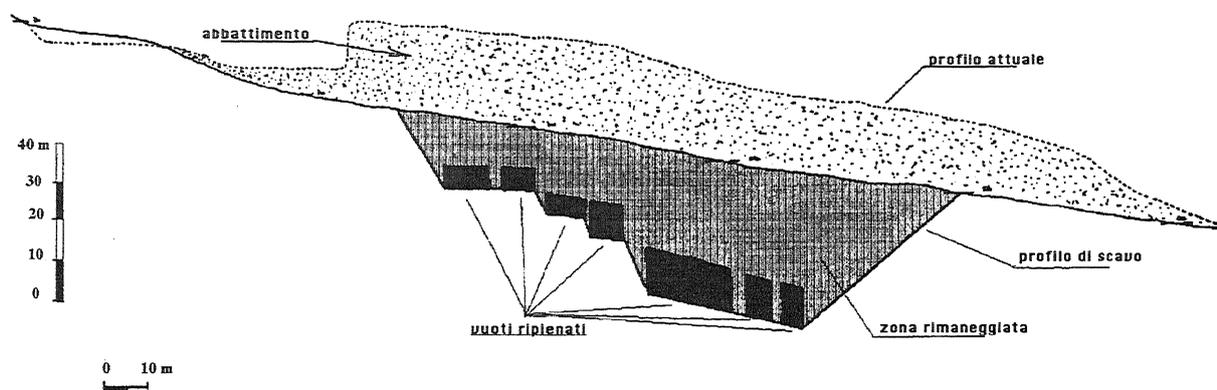


Fig. 9 - Proposta di intervento per il recupero ambientale: sezione N - S.
Project of land restoration: N-S section.

tenere in loco una pur minima traccia dell'attività tradizionale della pietra, inducono a valutare, dal punto di vista giacimentologico, la possibilità di apertura, in una zona limitrofa, di una piccolo cantiere sotterraneo di coltivazione, utilizzando però le moderne tecnologie (tagliatrici a filo ed a catena diamantate) (Figg. 10 e 11).

E' stata quindi valutata una ipotesi progettuale che considera la realizzazione di nuovi vuoti di coltivazione nel calcare di Saltrio.

I cantieri pilota devono essere ubicati in modo da lasciare una adeguata copertura, che consenta l'esistenza dell'arco naturale di sostegno, ed i pilastri devono essere dimensionati in modo tale da creare uno schema regolare di coltivazione a camere, ciascuna della larghezza di circa 10 m e dell'altezza di 15.

Una eventuale cava sotterranea, a camere delle dimensioni proposte, può consentire, nel caso esaminato, con una resa in blocchi non inferiore al 40 %, una produzione di utile di 40.000 m³, pari al fabbisogno ventennale di una unità estrattiva già economicamente interessante.

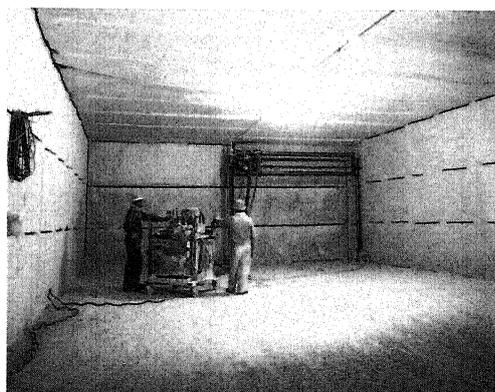


Fig. 10 - Cantiere sotterraneo per l'estrazione della pietra con le attuali tecnologie (nella foto: tracciamento della galleria di testa nella Calcarenite di Vicenza).

Underground quarrying of stones with modern machinery (in the photo: the driving of the top drift in the Vicenza Stone quarry).

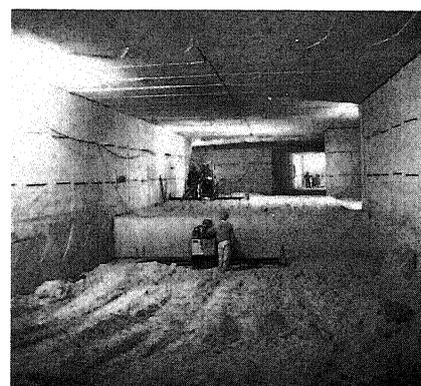


Fig. 11 - Fase di ribasso nella camera di coltivazione.
Descending slices in an exploitation room.

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro, tuttora in corso di completamento, farà parte di uno studio interdisciplinare esercitativo, previsto nell'ambito del corso di aggiornamento "Pianificazione Territoriale e Recupero Ambientale: l'attività estrattiva", coordinato dall'Arch. Ernesta Marforio, che è annualmente organizzato dal Politecnico di Milano, Facoltà di Architettura, Dip. Scienze del Territorio, con il patrocinio della Provincia di Milano, Assessorato all'Ambiente ed all'Ecologia.

Per quanto esposto ci si è avvalso dei risultati di ricerche svolte in passato dal Politecnico di Torino, Facoltà di Ingegneria, nell'ambito di una convenzione tra il Dip.to Georisorse e Territorio (responsabile: Prof. Mauro Fornaro) e l'assessorato all' Ecologia della Provincia di Varese (Dott. Geol. Gianluigi Traversi dell' Ufficio Cave) e di studi della *Geoanalysis* di Torino, commissionati dalla stessa Soc. Salnova, attuale esercente della cava, che sentitamente si ringrazia nella persona del sig. Citrini.

BIBLIOGRAFIA

- A. Bini, M. Cassani & D. Prudenzeno, 1978 - *I fenomeni carsici delle cave di Saltrio e di Arzo*. Actes 6e Congrès Suisse de Spéléologie, Porrentruy.
- A. Sassi, 1993 - *Sulle cave di Saltrio* (In corso di pubblicazione).
- E. Armando, G. Ranieri, L. Sambuelli, M. Fornaro & G. Traversi, 1989 - *Valutazione, mediante misure sismiche, dell'integrità di strutture rocciose portanti, con elaborazione dei dati mediante metodi tomografici*. Atti Conv. Int. ANIM Ind. Lapidea, Cagliari.
- L. Bosticco, M. Fornaro & P.P. Oreste, 1993 - *Utilizzazione dei metodi numerici per la razionalizzazione dell'attività di coltivazione nelle cave sotterranee, con riferimento al marmo di Carrara*. Quarry & Constr., giugno 1993.
- M. Fornaro, 1992 - *Cave ed ambiente*. Piemonte Minerario, Ed. CIDEM'POLI, Torino.
- M. Fornaro, R. Mancini, F. Pavan & F. Sanfilippo, 1991 - *Possibilità di ripresa di vecchie coltivazioni sotterranee di marmo nelle Alpi Orobiche*. Atti Conv. Int. A.M.S. Geoingegneria, Torino.
- M. Pieri, 1986 - *Marmologia*. Ed. Hoepli, Milano.
- Ministero dell'Ambiente, 1992 - *Indicazioni preliminari per il recupero delle cave a cielo aperto e delle discariche di inerti di risulta collegate ad attività di escavazione*. Servizio e Commissione VIA, Roma.
- M. Salvare, 1989 - *Saltrio - cronache 1517-1953*. Ristampa (a cura dell'Amm. Com. Saltrio).
- R. Mancini, M. Fornaro & M. Patrucco, 1990 - *La sicurezza nelle operazioni con macchine di scavo e caricamento*. Lavoro Sicuro, anno XVIII.

*Manoscritto ricevuto il 10. 8. 1993
Inviato all'Autore per la revisione il 31. 3. 1994
Testo definitivo ricevuto il 2. 5. 1994*