

I marmi delle Alpi Apuane

CARMIGNANI L.*, CONTI P.*, FANTOZZI P.*,
MANCINI S.*, MASSA G.*, MOLLI G.***, VASELLI L.*

*Centro di GeoTecnologie, Università di Siena

**Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa

I marmi delle Alpi Apuane possono essere annoverati tra i materiali lapidei più conosciuti e sono utilizzati da progettisti, architetti e artisti per decorare le città d'arte nel mondo. L'attività estrattiva è di grande impatto nel territorio apuano che attualmente è interessato da più di 140 cave attive con produzione totale di circa 1.200.000 ton/anno di marmo.



Figura 1 – Cave e ravaneti nelle Alpi Apuane. Panoramica della valle di Torano ubicata a Nord della città di Carrara.

Rilevanza storica ed economica dei marmi apuani

Nella regione apuana (Toscana settentrionale, provincie di Massa-Carrara e Lucca) l'estrazione di pietre ornamentali è caratterizzata da una storia secolare, con produzione di una grande varietà di marmi che non trova eguali altrove. Sulla base di recenti analisi mineralogiche e petrografiche condotte sui numerosi manufatti funerari in marmo del VI – II a.C. e datazioni con il metodo del $\delta^{14}\text{C}$ di paleosuoli all'interno di una discarica di cava in località Carbonera, è possibile far risalire all'epoca pre-romana i primi impieghi dei marmi apuani.

L'attività estrattiva è ben documentata in epoca romana sia da numerosi ritrovamenti archeologici (es: "tagliate romane", blocchi riquadrati, capitelli, ecc., Figura 2) che da diverse fonti letterarie. La colonia di Luni (fondata nel 177 a.C., lungo l'antica linea di costa, a circa 5 km dalla città di Carrara) era una città portuale in posizione strategica per il trasporto e commercio dei marmi che venivano estratti prevalentemente da cave ubicate nei fondovalle dei quattro principali bacini marmiferi del carrarese (Boccanaglia, Torano, Miseglia e Colonnata).

All'epoca il materiale estratto subiva una preliminare lavorazione in cava, mentre i detriti di scarto erano adoperati per costruire le "vie di lizza". Si tratta di vie massicciate molto acclivi, spesso ancora ancora visibili nei versanti, sulle quali venivano calati verso i valle per gravità i blocchi di marmo utilizzando una slitta in legno trattenuta da grossi cavi, denominata "lizza". Le tecniche d'estrazione si basavano sullo sfruttamento delle principali linee di fatturazione presenti nel marmo. Utilizzando martelli e scalpelli metallici venivano eseguiti nella roccia dei tagli a trincea ("cesurae") che successivamente venivano allargati per mezzo di cunei di ferro o legno. In epoca romana i materiali più ricercati erano il marmo "bianco" e

l'"azzurro variegato", materiali oggi commercializzati, rispettivamente, con i nomi di bianco Carrara e bardiglio o nuvolato. La caduta dell'Impero Romano e la conseguente crisi economica e sociale che caratterizzò il Medioevo determinarono una forte contrazione dell'attività estrattiva che proseguì rimanendo di fatto solo un'attività locale. Una moderata ripresa dell'attività estrattiva si verifica dal XII secolo, ma solo in epoca rinascimentale si assiste ad una netta ripresa della produzione.

A partire dalla seconda metà del XV secolo l'attività estrattiva fu allargata anche ai bacini marmiferi versiliesi, fino ad allora caratterizzati da limitate produzioni ad uso locale, dove vennero aperte nuove cave nelle zone di Trambiserra, del Monte Altissimo e Ponte Stazzenese. Fondamentale per lo sviluppo della coltivazione del



Figura 2 –Dettaglio di tagliata romana a "formelle" (foto A. Criscuolo)

marmo nel territorio versiliese fu la missione compiuta da Michelangelo Buonarroti nel 1518-1520 per ricercare marmi da utilizzare per opere di architettura e scultoree su incarico di Papa Leone X Medici. In questo periodo furono scoperti nuovi materiali non presenti nei bacini marmiferi di Carrara, quali breccie policrome (es: breccie di Seravezza), e bardigli fioriti. Soprattutto dal tardo Rinascimento in poi, a seguito del rinnovamento culturale ed artistico, i lapidei “colorati” furono largamente adoperati sia nelle ristrutturazioni di edifici religiosi e arredi sacri che nei rivestimenti e decori dei palazzi dell’epoca. L’attività estrattiva, si avvaleva ancora di tecniche tradizionali manuali ed era condotta in modo artigianale e gestita a livello familiare o di comunità.

L’introduzione nel XVIII secolo dell’esplosivo nelle tecniche estrattive velocizzò le operazioni di scavo con conseguente aumento dei volumi di materiale estratto. Tuttavia questa tecnica determinò un incremento dei detriti di scarto, i quali riversati lungo i versanti adiacenti alle aree di cava andarono a ricoprire aree potenzialmente sfruttabili, dando così inizio al sostanziale mutamento paesaggistico delle Alpi Apuane e formazione di estese discariche di cava denominate ravaneti (Figura 1).

Nella seconda metà del XIX secolo anche il territorio della Garfagnana, grazie soprattutto al miglioramento dei collegamenti e delle infrastrutture, venne coinvolto nel processo di industrializzazione del marmo e della ricerca estrattiva (cave Acquabianca e Gorfigliano). In questo periodo la gestione di un gran numero di cave da parte di importanti società italiane ed estere (Nord-Carrara poi Montecatini poi IMEG, Henraux, Walton), unita alle maggiori richieste del mercato sia nazionale che estero ed al supporto di nuove tecnologie (filo elicoidale, linee ferroviarie), portò ad una rapida ascesa della quantità del materiale prodotto. Nel 1872 la produzione di blocchi di marmo raggiunse le 150.000 tonnellate annue. Questa tendenza proseguì fino agli anni precedenti la seconda guerra mondiale, quando contingenti ragioni politiche prima, belliche poi, quasi azzerarono l’attività estrattiva del marmo. Negli anni successivi alla seconda guerra mondiale l’attività estrattiva nell’area apuana andò sempre più espandendosi sia arealmente sia come volumi di materiali estratti. Le moderne tecniche di taglio introdotte nell’ultimo trentennio, basate principalmente sull’utilizzo del filo diamantato e tagliatrici a catene diamantate azionate da potenti macchinari capaci di lavorare sia in piano che secondo angoli prestabiliti, hanno completamente rivoluzionato il lavoro in cava (Figura 3a e 3b). L’escavazione del marmo è quindi passata nel tempo, dal punto di vista occupazionale, da un’attività decisamente di massa ad un’attività più ristretta. Il numero degli addetti, stimabile agli inizi del ‘900 intorno alle 9000 unità, è sceso al disotto delle 1000 unità nei



Figura 3a - Tagliatrice a filo diamantato utilizzata dalla fine degli anni '70 per il taglio al monte dei blocchi e per riquadrare gli informi sul piazzale di cava.



Figura 3b - Particolare di taglio orizzontale alla base della bancata realizzata con una tagliatrice a catena.

giorni nostri. Parallelamente la produzione di marmo è aumentata in modo vertiginoso: agli inizi degli anni '80 viene superato 1.000.000 di ton/anno e a metà degli anni '90 1.500.000 ton/anno. Ancor più accentuata è la crescita della produttività, essendo passata dalle 70 ton/anno per addetto del dopo guerra a le oltre 1000 ton/anno per addetto attuali.

Oggi il numero di cave attive nelle principali aree estrattive (Carrara, Massa, Lunigiana, Garfagnana e Versilia) è di 143 di cui 100 concentrate nel bacino di Carrara. La produzione totale in termini di blocchi ed informi, è intorno a 1.200.000 ton/anno.

Tabella 1 - Produzioni parziali e totali in termini di blocchi squadrate ed informi relative all'anno 2004 (da Meccheri, M., Molli, G., Conti, P., Blasi, P., Vaselli, L. 2007: The Carrara marbles (Alpi Apuane, Italy): a geological and economical review. Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Special Issue Rohstoff Naturstein, vol. 158/4).

AREA	TONNELLATE	%
Carrara	915.000	75
Massa	90.000	7
Lunigiana	89.000	7
Garfagnana	83.000	7
Versilia	51.000	4
Totale	1.228.000	100

Inquadramento geologico delle Alpi Apuane

L’Appennino settentrionale è una catena a thrust e pieghe formatesi durante il Terziario in conseguenza dell’accavallamento da W verso E delle unità liguri sui domini esterni toscani e umbro-marchigiani. Il complesso metamorfico delle Alpi Apuane costituisce uno dei livelli strutturali più profondi affioranti nelle porzioni interne

della catena ed è costituito da due unità tettono-metamorfiche: l'Unità di Massa e l'"Autoctono" auct. (Figura 4). L'Unità di Massa, in posizione geometricamente superiore, affiora nella porzione occidentale delle Alpi Apuane. Essa è costituita da un basamento paleozoico e da una spessa sequenza sedimentaria del Trias medio caratterizzata da metanglomerati quarzosi, metalsiltiti e filladi nere di ambiente continentale – costiero, seguiti da marmi, dolomie e metabreccie derivati da depositi carbonatici di piattaforma ristretta. Chiudono la successione livelli di metaconglomerati, quarziti e filladi con intercalazioni di metabasiti alcaline. La successione stratigrafica dell'"Autoctono" auct. è caratterizzata da un basamento paleozoico sul quale poggia in discordanza una successione metasedimentaria di età Trias sup.-Oligocene. Le rocce della copertura mesozoica sono rappresentate da depositi triassici da continentali a marino costieri (Formazione di Vinca) seguiti da dolomie, marmi dolomitici e marmi (Grezzoni, Marmi a Megalodonti, Marmi dolomitici e Marmi) riferibili ad una sedimentazione di piattaforma carbonatica persistente dal Trias sup. al Lias inf. e caratterizzata da episodi d'emersione con formazione di livelli lateritico-bauxitici e di breccie (Breccie di Seravezza e Scisti a cloritoide). Verso l'alto seguono marmi rosati, metacalcari con selci, calcescisti, quarziti e metabreccie poligeniche (Marmo Zebrino, Calcari selciferi, Calcescisti, Diaspri, Formazione di Arnetola) di ambiente emipelagico correlati con le fasi di annegamento della piattaforma carbonatica. Chiudono la successione metacalcari con liste e noduli di selce, calcescisti, filladi sericitiche e metarenarie quarzo-feldspatiche (Calcari selciferi ad Entrochi, Scisti sericitici, Cipollini e

Pseudomacigno) riferibili a depositi pelagici e di avanfossa che precedono la strutturazione dell'area apuana all'interno della catena appenninica.

Le geometrie di deformazione che caratterizzano il complesso metamorfico delle Alpi Apuane sono il risultato di due principali eventi tettono-metamorfici (Fasi D1 e D2), inquadrabili all'interno di una storia di deformazione progressiva sviluppata attraverso gli stadi collisionali e post-collisionali che hanno caratterizzato l'evoluzione tettonica delle porzioni interne dell'Appennino Settentrionale. Durante l'evento D1 si ha la messa in posto verso nord-est delle unità tettoniche superiori non metamorfiche (Unità Liguri e Falda Toscana). All'evento deformativo D1 è legato lo sviluppo della foliazione metamorfica principale (S1), piano assiale di pieghe isoclinali fortemente non-cilindriche (sheath fold) di dimensioni da millimetriche a plurichilometriche, che caratterizza la maggior parte delle rocce del complesso metamorfico delle Alpi Apuane e a cui è associata una lineazione di estensione orientata SW-NE, interpretata come la direzione di trasporto delle unità tettoniche dell'Appennino Settentrionale. Durante la fase D2 le precedenti strutture vengono deformate in una complessa mega-antiforme con sviluppo lungo i fianchi di pieghe parassite, variamente non-cilindriche, associate ad un clivaggio di crenulazione di piano assiale sub-orizzontale e senso di rovesciamento verso E e verso W, rispettivamente, lungo i fianchi orientali ed occidentali dell'antiforme stessa. Alle pieghe D2 e collegate zone ad alta deformazione (shear zones) è attribuibile la progressiva esumazione delle unità metamorfiche verso livelli strutturali più superficiali. Gli stadi finali dell'evento D2 sono caratterizzati dallo sviluppo di strutture da semi-fragili a fragili rappresentate da pieghe aperte o tipo kink con piano assiale sub-verticale e da faglie dirette a basso e alto angolo.

L'Unità di Massa e l'"Autoctono" auct. sono caratterizzati da un metamorfismo alpino con paragenesi di facies scisti verdi con condizioni di pressione e temperatura stimate, rispettivamente, tra 0,6-0,8 GPa e 420-500 °C e tra 0,4-0,6 GPa e 350-450 °C. I dati radiometrici disponibili (K-Ar e Ar-Ar) forniscono età comprese tra i 27 e i 20 Ma per le prime fasi deformative D1, mentre, gli stadi precoci della deformazione D2 si sviluppano a temperature superiori ai 250 °C tra gli 11 e 8 Ma in accordo con i dati relativi alle tracce di fissione su zirconi.

Caratteristiche geologico-strutturali dei marmi apuani

All'interno delle sequenze metasedimentarie che caratterizzano l'Unità di Massa e l'"Autoctono" auct. sono presenti, a differenti livelli stratigrafici marmi, metabreccie e calcescisti dai quali viene estratta la vasta gamma di pietre ornamentali della regione apuana (Figura 5). Nell'Autoctono auct. litologie marmoree (marmi e metabreccie mono o poligeniche) caratterizzano sia formazioni triassiche (Formazione di Vinca, Breccie di Seravezza, Marmi a Megalodonti) che formazioni del Lias inferiore (Marmi Dolomitici, Marmi e Marmo Zerbino). Marmi impuri, metabreccie poligeniche e calcescisti si trovano in diverse formazioni del Dogger e del Cretaceo (Calcescisti, Formazione di Arnetola e Cipollini). Nell'Unità di Massa litologie marmoree caratterizzano invece la formazione dei Marmi a Crinoidi del Trias medio.

Durante l'evoluzione tettonica delle Alpi Apuane i marmi hanno avuto un ruolo fondamentale nei processi di deformazione crostale. Le rocce carbonatiche infatti sono capaci di accomodare elevate quantità di strain e di deformarsi in modo plastico anche in condizioni di bassa temperatura. In relazione ai due principali eventi deformativi D1 e D2 i marmi apuani risultano coinvolti in complesse strutture deformative che, nei casi più semplici, determinano un raddoppio del loro originario spessore o una loro totale elisione tettonica (Figura 6 e Figura 7).

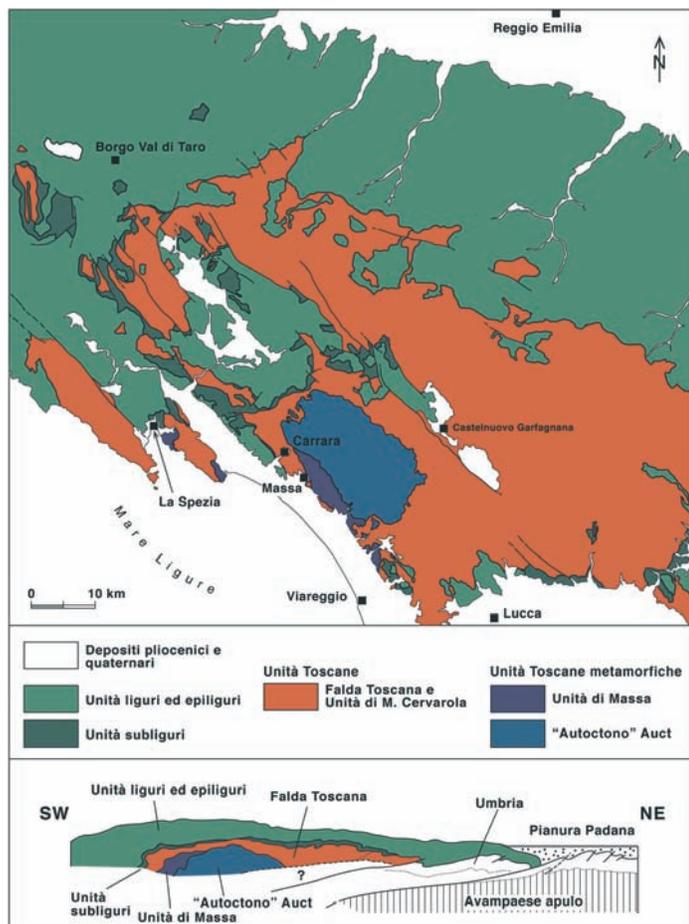


Figura 4 - Schema tettonico e sezione geologica schematica dell'Appennino Settentrionale a nord dell'Arno.

Caratteristiche microstrutturali

I marmi apuani sono comunemente considerati un materiale naturale isotropo di composizione monomineralica ($\text{CaCO}_3 > 98\%$), caratterizzata, dal punto di vista microstrutturale, da una struttura granoblastica poligonale (“foam microstructure”). Questa microstruttura (Figura 8a, rappresentata da un aggregato di cristalli equigranulari con limiti granulari dritti o leggermente curvi e con debole o assente orientazione cristallografica preferenziale, è legata ad un processo di *annealing*, cioè di ricristallizzazione statica post-tettonica. All’interno di questo tipo di fabric microscopico è possibile evidenziare una certa variabilità data da un aumento della granulometria media dei cristalli di calcite, da 80-100 μm nelle porzioni orientali e centrali delle Alpi Apuane, a 150-300 μm nelle porzioni occidentali, associata ad un aumento delle temperature calcite-dolomite che passano dai 340-360 °C delle zone orientali ai 430-450 °C di quelle occidentali.

Recenti studi hanno messo in evidenza la presenza all’interno dei marmi apuani di microstrutture collegabili a variazioni composizionali (es: contenuto di fillosilicati) e a processi di ricristallizzazione dinamica. In particolare è possibile osservare microstrutture caratterizzate da un’associazione di cristalli di calcite di dimensioni ridotte (10 – 30 mm) con all’interno cristalli di maggiori dimensioni (200 – 300 mm) con limiti granulari molto irregolari (saturati). In molti casi è evidente una forte orientazione preferenziale cristallografica (Figura 8b). Un’altro tipo di microstruttura si contraddistingue per la presenza di cristalli di calcite con forte orientazione preferenziale di forma, in genere sub-parallela o debolmente inclinata

rispetto alla foliazione metamorfica principale, e con limiti granulari dritti o lobati (Figura 8c. Questa variabilità microstrutturale è stata associata a pieghe e zone a deformazione localizzata (shear zone) di spessore molto variabile.

Le varietà merceologiche dei marmi delle Alpi Apuane

La prima rappresentazione moderna dell’attività estrattiva dei marmi delle Alpi Apuane è una carta manoscritta (scala 1/25.000) dell’area di Carrara di D. Zaccagna databile, in base al contenuto e allo stile del disegno, tra la fine del XIX secolo e gli inizi del XX secolo (Figura 9). Solamente verso la metà degli anni ’70, nell’ambito del “Progetto marmi” promosso dall’ERTAG (Ente Regionale Toscano Assistenza Tecnica e Gestionale), vengono per la prima volta distinti cartograficamente i diversi materiali lapidei presenti all’interno del bacino marmifero apuano. La sintesi di questi studi è riportata nella Carta Geologico-Strutturale del Complesso Metamorfico delle Alpi Apuane (Foglio Nord, Carmignani, 1985) e nel catalogo delle varietà merceologiche dei marmi apuani (ERTAG, 1980). Successivamente carte di dettaglio sono state realizzate per i bacini marmiferi nord-orientali di Orto di Donna (Minucciano) e di Boana, per il bacino di Carrara e per quello centro-orientale del Monte Altissimo (soprattutto a di M. Meccheri e M. Coli, vedi bibliografia). In queste carte le diverse varietà merceologiche vengono descritte e cartografate seguendo criteri geologico-stratigrafici, ovvero, le differenti tipologie di marmo sono interpretate come variazioni litostratigrafiche primarie collegate a differenti ambienti deposizionali presenti all’interno della piattaforma carbonatica giurassica. I caratteri litologici, mineralogici e stratigrafici delle varie-

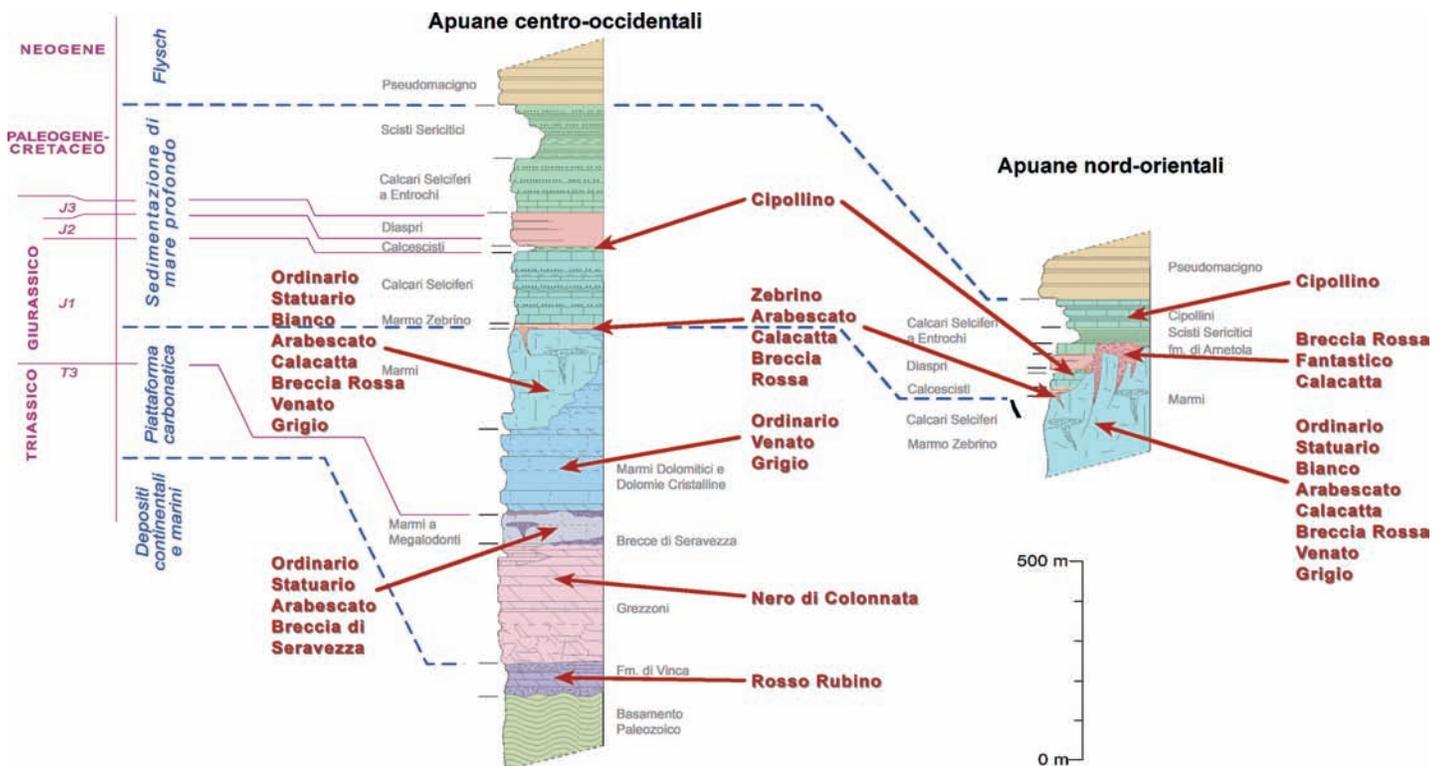


Figura 5 - Le varietà merceologiche di marmi (in rosso) nella successione metamorfica delle Alpi Apuane. Basamento Paleozoico: filladi, porfiroidi, scisti porfirici, dolomie, filladi grafitiche e calcescisti (?Cambriano - ?Devoniano); Formazione di Vinca: filladi, quarziti e metaconglomerati alternati a dolomie, marmi, marmi dolomiti, e metabreccie poligeniche (Carnico - ?Norico); Grezzoni: dolomie, dolomie brecciate e marmi neri alternati a dolomie (Norico); Marmi a Megalodonti e Breccie di Seravezza: marmi, metabreccie poligeniche e scisti a cloritoide; Marmi Dolomiti: marmi, marmi dolomiti e dolomie (Lias Inf); Marmi: marmi e metabreccie monogeniche (Lias Inf); Marmo Zebrino: marmi, metabreccie e calcescisti (Lias Inf - ?Medio); Formazione di Arnetola: metabreccie poligeniche (Lias inf - ?Cretaceo); Calcari Selciferi: metacalcilutiti con liste e noduli di selce (Lias Medio - Sup); Calcescisti: calcescisti e filladi carbonatiche (Lias Sup); Diaspri: metaradiolariti e filladi quarzitiche (Malm); Calcari Selciferi a Entrochi: metacalcilutiti con liste e noduli di selce bianche (Titoniano Sup. - Cretaceo Inf.); Scisti sericitici: filladi con intercalazioni di calcareniti e metaradiolariti (Cretaceo Inf. - Paleogene); Cipollini: calcescisti e marmi a clorite (?Eocene - Oligocene); Pseudomacigno: metarenarie e filladi (Oligocene Sup. - ?Miocene Inf.).

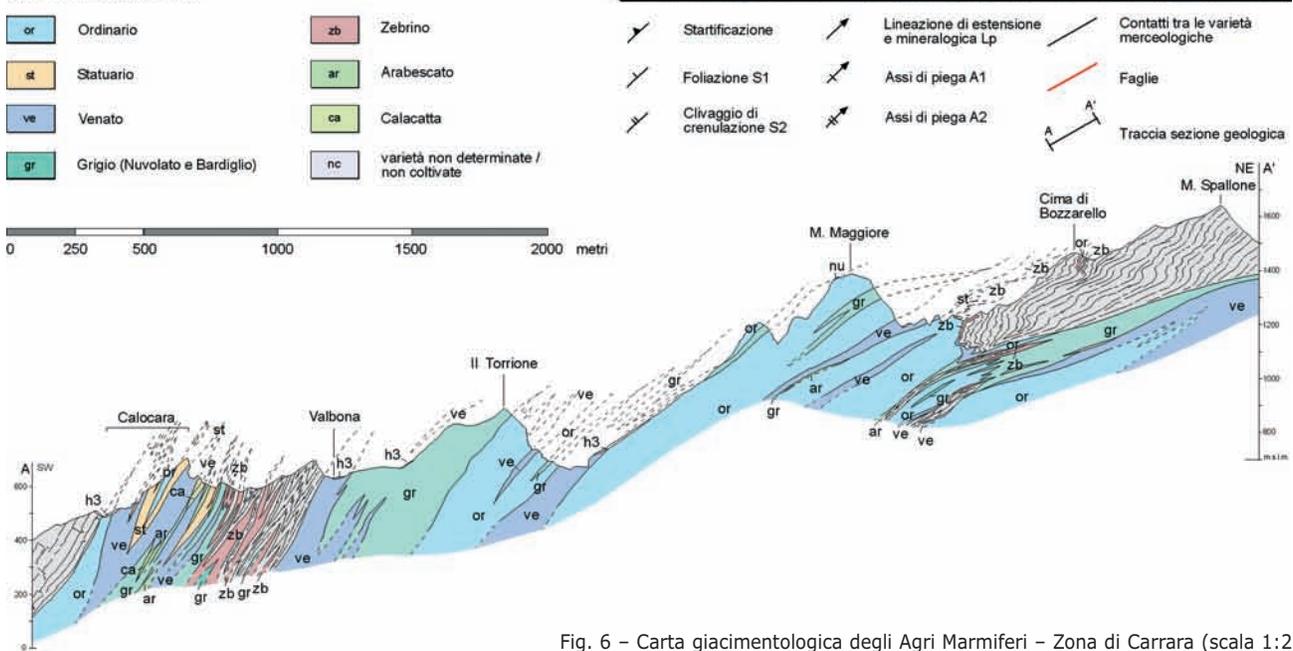
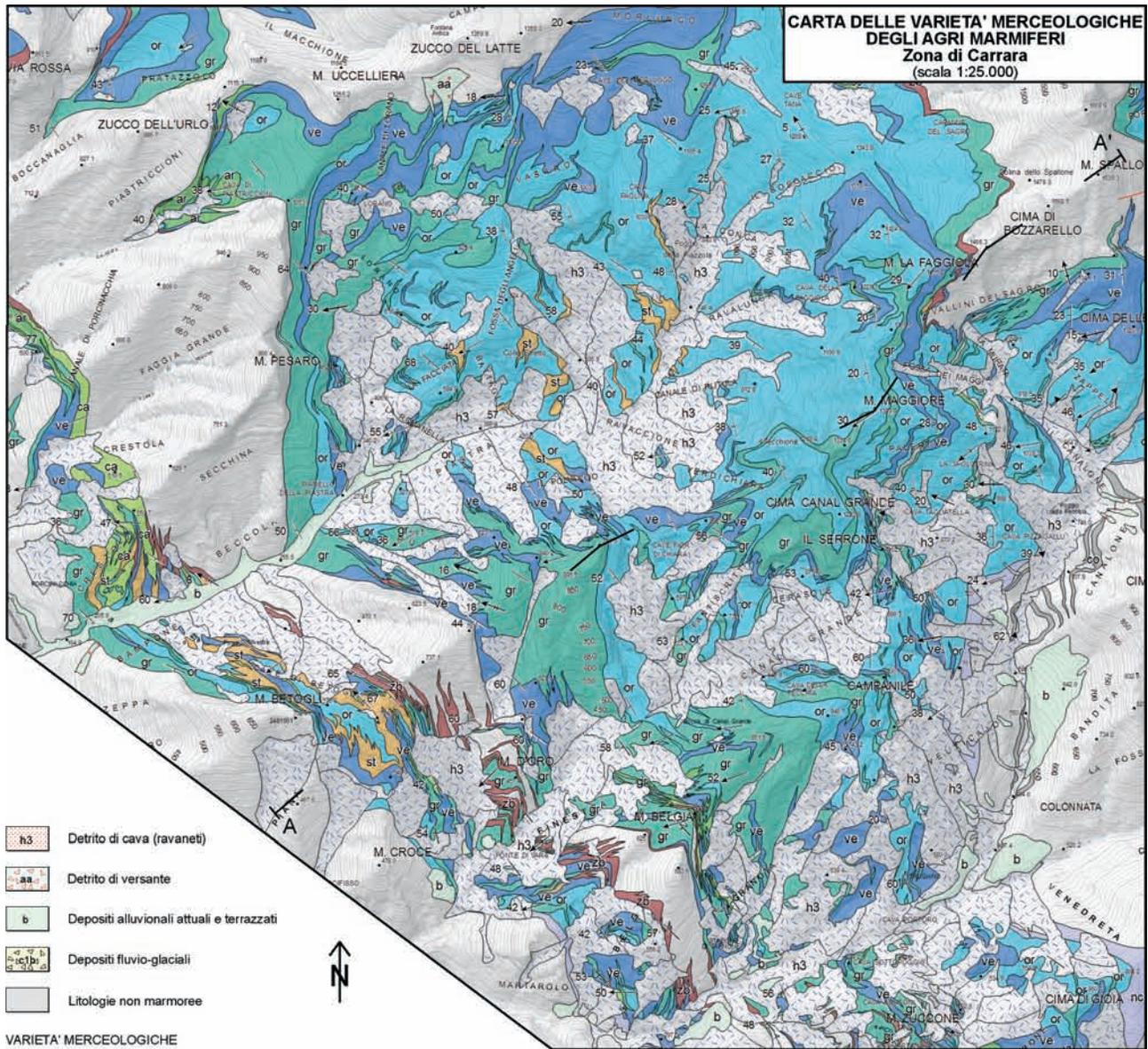


Fig. 6 - Carta giacimentologica degli Agri Marmiferi - Zona di Carrara (scala 1:25.000).

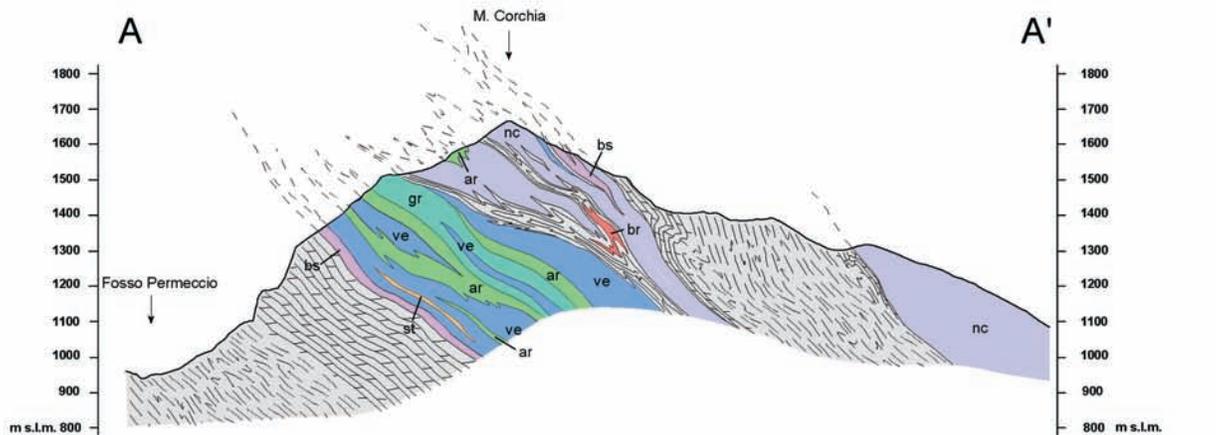
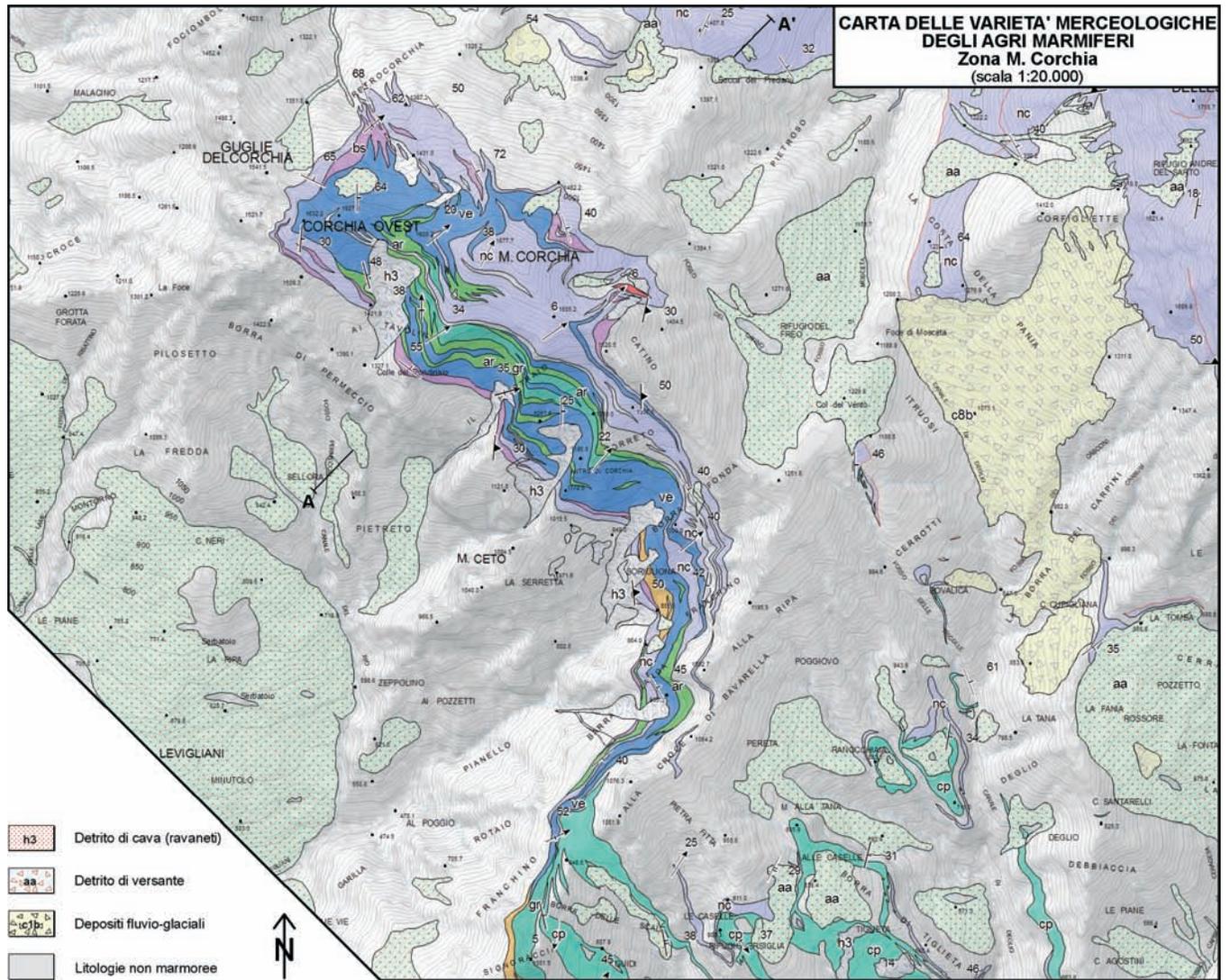


Fig. 7 - Carta giacimentologica degli Agri Marmiferi - Zona del M. Corchia (scala 1:20.000)

tà merceologiche sono quindi considerati non solo a scopo classificativo, ma anche al fine di definire una successione stratigrafica delle stesse. Questo approccio, se pur in linea di principio corretto, mostra nel caso dei marmi apuani dei limiti di applicabilità a causa dei seguenti fattori:

1) *Origine dei marmi.* La maggior parte dei materiali lapidei

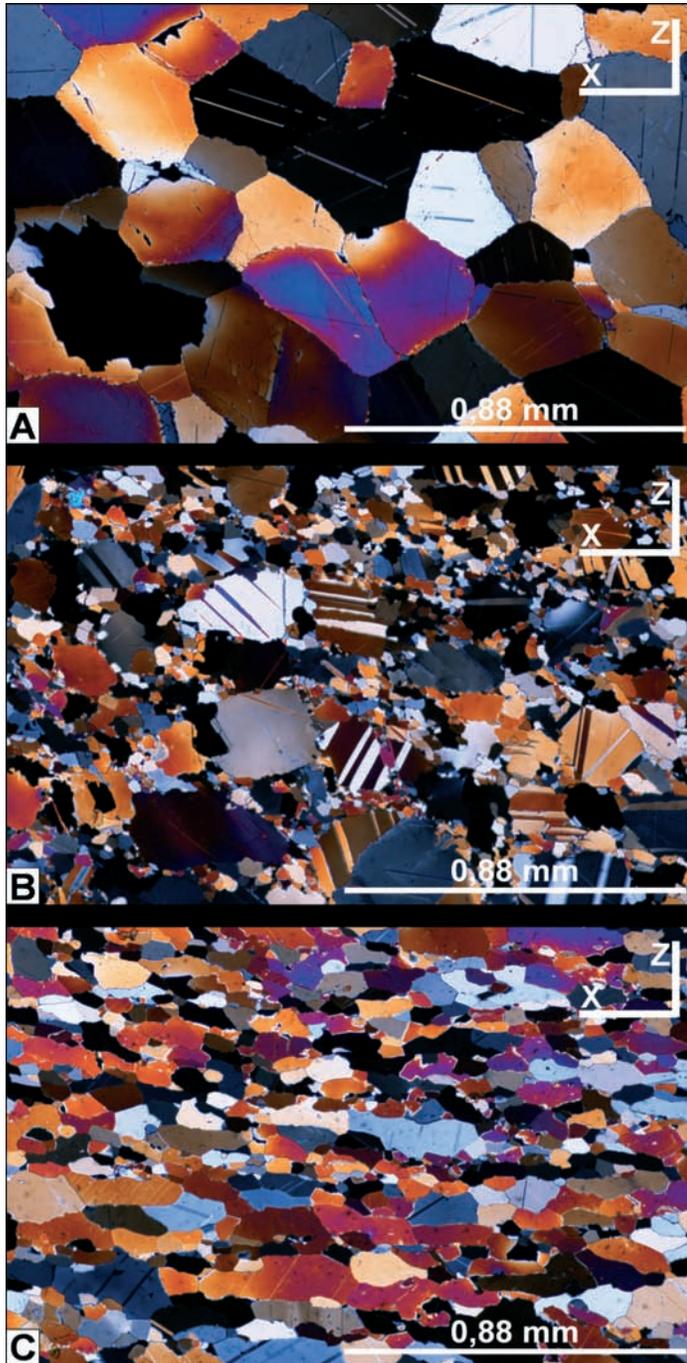


Figura 8 - Varietà microstrutturali dei marmi apuano (sezioni sottili, nicoli incrociati). a) Tipica microstruttura granoblastica poligonale osservabile nella maggior parte dei marmi apuani ed associata a processi di ricristallizzazione statica post-deformazione (marmo Venato, loc. Ponti di Vara - Carrara); b) Microstruttura dovuta a processi di ricristallizzazione dinamica caratterizzata da una distribuzione bimodale della taglia dei cristalli di calcite e limiti granulari suturati (marmo Ordinario, loc. Vallini del Sagro - Carrara). c) Microstruttura caratterizzata da cristalli di calcite con forte orientazione preferenziale di forma debolmente inclinata rispetto alla foliazione metamorfica principale (marmo Grigio, loc. Vallini del Sagro - Carrara). Spessore sezioni ultrasottili 2-5 mm.

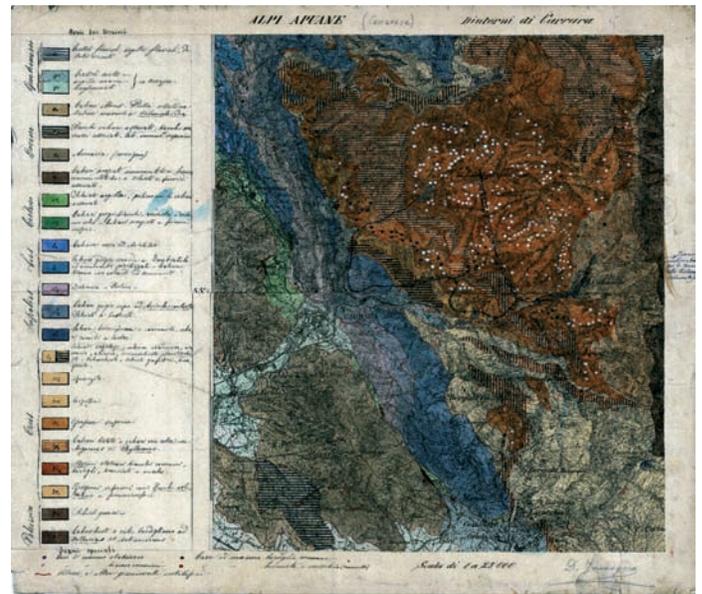


Figura 9- Carta geologica dell'area di Carrara di D. Zaccagna (fine 1800 - inizio 1900; documento originale conservato presso l'Archivio del Servizio Geologico d'Italia). Le cave sono distinte attraverso un diverso colore in cave di "marmo bianco comune", "marmo statuario", "marmo bardiglio comune" e "marmo brecciato o mischio (paonazzetto)".

estratti nelle Alpi Apuane, eccezione fatta per alcuni tipi di metabrecce e calcescisti (es: varietà Breccie di Seravezza e Cipollini), derivano da sedimenti di piattaforma carbonatica che caratterizzavano nel Lias inf. il Dominio toscano. Tale assetto geologico-stratigrafico contraddistingue ad esempio il bacino marmifero di Carrara dove tutte le varietà merceologiche estratte (es: varietà Ordinario, Statuario, Venato, Arabescato ecc) provengono dalla formazione dei Marmi (Lias inf.).

In altri bacini marmiferi (es. M. Corchia, Forno, Arni, Arnetola, Orto di Donna ecc) invece sono estratti materiali lapidei, non solo dalla formazione dei Marmi ma anche da formazioni ad essa sopra o sottostanti (formazioni dei Marmi a Megalodonti, dei Marmi dolomitici, Formazione di Arnetola). Quest'ultimi mostrando in molti casi caratteristiche litologiche (es: litotipo, colori, ecc.) del tutto simili a quelli presenti nella formazione dei Marmi, vengono identificati nel commercio con lo stesso nome merceologico, prescindendo quindi dal significato geologico - stratigrafico (Figura.10).



Figura 10 - Fronti di coltivazione in marmi appartenenti alla formazione. Marmi dolomitici. Varietà merceologica estratta: ordinario e bianco (Loc. Orto di Donna).



Fig. 11 Tagli di cava in marmo fantastico (Loc. Arni). La varietà merceologica fantastico è rappresentata da una metabreccia dove i diversi elementi che la compongono sono deformati in modo tale da determinare un vario e caratteristico disegno nei blocchi estratti. Le geometrie di deformazione sono frutto dell'interferenza tra diverse generazioni di pieghe e costituiscono la caratteristica principale di questa varietà merceologica.

2) *Storia di deformazione dei marmi.* I marmi apuani nel corso della loro evoluzione tettono-metamorfica sono stati sottoposti a processi di ricristallizzazione che hanno obliterato gran parte degli originali caratteri sedimentari del protolite. Inoltre essi, in conseguenza dei due principali eventi deformativi D1 e D2, sono caratterizzati da complesse geometrie di deformazione associate a fenomeni di trasposizione dell'originario layering sedimentario, zone a deformazione localizzata e strutture di interferenza tra diversi sistemi di pieghe. A tali assetti geologico-strutturali possono essere collegate, in alcuni casi, le principali caratteristiche del materiale estratto (es: varietà Fantastico, venato, nuvolato ecc Figura 11).

3) *Origine delle varietà merceologiche.* Le varietà merceologiche riconosciute nascono in risposta all'esigenza di identificare le diverse tipologie di marmo immesse sul mercato. I termini utilizzati oggi (es. varietà arabescato, calacatta ecc.) trovano origine nella secolare storia di estrazione e commercio di questi materiali e sono stati codificati indipendentemente da una loro connotazione geologico – stratigrafica.

Allo scopo di definire una legenda delle varietà merceologiche di marmo utilizzabile a scala dell'intero bacino marmifero apuano, noi consideriamo una varietà merceologica come una "unità litostratigrafica informale" che rappresenta un corpo roccioso distinguibile e separabile da quelli adiacenti in funzione di una generale omogeneità litologica e anche per la presenza di altri caratteri peculiari, quali per esempio la loro utilità o interesse economico. Una varietà merceologica di marmo può essere quindi completamente descritta e separata da quelle adiacenti in base a caratteri che sono, da un lato, strettamente litologici (es: metacalcare, metabreccia, calcescisto, ecc.), dall'altro propriamente "commerciali-estetici" (es: colore e disegno), a prescindere dal suo significato stratigrafico. Questo ha come diretta conseguenza che la stessa tipologia di marmo può essere riconosciuta e cartografata in differenti posizioni stratigrafiche all'interno della successione metamorfica apuana (Figura 3). I caratteri litologici presi in considerazione per definire le varietà merceologiche sono frutto di osservazioni a scala dell'affioramento e analisi al microscopio ottico e riguardano: i) il litotipo predominante (es: marmo, marmo impuro, metabreccia mono - o poligenica, calcescisto etc...); ii) la struttura della roccia (es: roccia omogenea o anisotropa); iii) la dimensione media dei cristalli di calcite (grana fine < 150 μ m, grana media 150-350 μ m, grana grossa > 350 μ m); iv) la composizione mineralogica; v) nel caso di metabrecce, il rapporto tra clasti e matrice (tessiture casto sostenute o matrice soste-

nute). I parametri estetici presi in considerazione sono invece rappresentati dal colore e dal disegno. Il colore risulta spesso un fattore discriminante e, nei marmi, è in genere dovuto alla presenza di microcristalli di ematite (colorazione dal rosa al rosso vivo), ossidi di manganese (dal rosso scuro al viola), idrossidi di ferro (dall'arancione al giallo), clorite (toni del verde) ecc., omogeneamente diffusi all'interno della roccia o concentrati nella matrice. Il disegno è definito dalla dimensione, forma, orientazione e disposizione relativa degli elementi che sostituiscono il materiale (es: forma dei clasti di una metabreccia, disposizione spaziale delle venature).

In base ai criteri sopra esposti sono 14 le unità litostratigrafiche informali che rappresentano le diverse varietà merceologiche presenti all'interno del bacino marmifero delle Alpi Apuane (Tabella 2). Le 14 varietà merceologiche sono state suddivise, in base alle loro caratteristiche generali, in 5 gruppi: marmi bianchi, marmi grigi e venati, marmi brecciati, marmi cipollini e marmi storici.

Marmi bianchi

Con il termine marmi bianchi s'intendono tutti quei litotipi marmorei di composizione estremamente omogenea e colori molto uniformi che variano dal bianco al bianco avorio, dal bianco perlaceo al grigio chiaro.

Ordinario. Si tratta di marmi a grana media, di colore da bianco perlaceo a grigio chiaro in genere piuttosto uniforme o variamente punteggiato da macchie grigie di dimensioni centimetriche dai limiti sfumati, dovute a presenza di pirite microcristallina. Raramente si osservano irregolari trame di vene di colore grigio chiaro o scuro (Figura 12a).

Statuario. Marmi a grana grossa, di colore bianco-avorio, a volte tendente al giallo-beige molto chiaro, e generalmente assai uniforme. Queste colorazioni sono date da tracce di muscovite microcristallina omogeneamente distribuita nella prevalente matrice carbonatica. Localmente sono presenti macchie grigie, dovute a deboli concentrazioni di pirite e fillosilicati, che si possono organizzare in sottili vene anastomizzate.

Bianco. Marmi a grana fine o media, estremamente omogenei e di colore dal bianco puro al bianco perlaceo. Risultano privi di qualsiasi ornamentazione e solo localmente presentano macchie scure isorientate o piccole vene di calcite (Figura 12b).

Marmi grigi e venati

A questo gruppo appartengono tutti quei materiali caratterizzati da un colore di fondo da bianco a bianco perlaceo e venature grigie e marmi da grigio chiari a grigio scuri con vene più chiare o scure.

Grigio. Marmi a grana fine o media, di colore da grigio chiaro a grigio scuro attraversati da vene da grigio scuro a bianche.

Tabella 2 - Tipi di marmo e varietà merceologiche dei marmi delle Alpi Apuane. I nomi utilizzati per individuare le varietà merceologiche derivano dai termini comunemente adoperati nel commercio.

Tipo di marmo	Varietà merceologica
Marmi bianchi	Ordinario
	Statuario
	Bianco
Marmi grigi e venati	Grigio
	Venato
	Zebrino
Marmi brecciati	Arabescato
	Calacatta
	Breccia rossa
	Fantastico
Marmi cipollini	Cipollino
Marmi storici	Breccia di Seravezza
	Rosso rubino
	Nero di colonnata

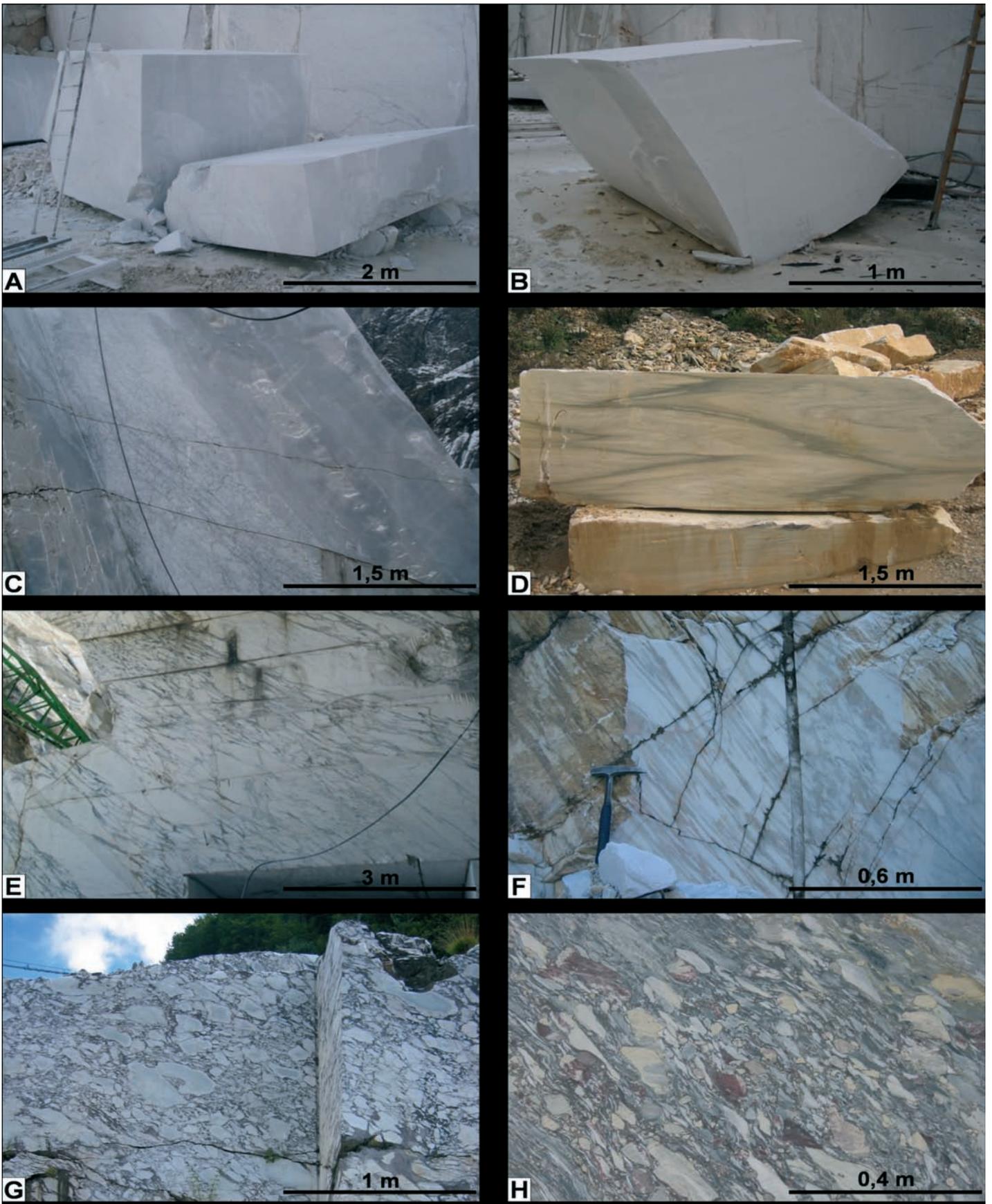


Figura 12 - Varietà merceologiche dei marmi delle Alpi Apuane: A) Blocco di marmo Ordinario (Carrara); B) Blocco di marmo Bianco (Forno); C) Livello di marmo Venato all'interno di marmi Grigi (Equi); D) Blocco di marmo Zerbino (Carrara); E) Fronti di coltivazione in marmo Arabescato (M. Corchia); F) Tagli di cava in marmo Calacatta (Forno); G) Tagli di cava in Breccie Rosse (Arnetola); H) Tagli cava in Breccie di Seravezza (M. Corchia).

L'ornamentazione risulta estremamente variabile pur rimanendo all'interno di un tipo generale: si può infatti passare da litotipi con aspetto molto eterogeneo e variegato, dato da alternanze più o meno irregolari di livelli da grigi a grigio chiare (Nuvolato), a materiali molto omogenei con colori che vanno dal grigio-bluastro al grigio scuro con sottili venature più scure (Bardiglio). Il colore scuro più o meno uniforme dell'insieme è dato da pirite microcristallina e/o pigmento carbonioso. Sono talvolta presenti masse e/o strati dolomitici più o meno regolari e continui e livelli ocrei con pirite.

Venato. Marmi a grana media, di colore da bianco a bianco perlaceo, con venature più scure da molto regolari ad anastomizzate e di spessore in media da millimetriche a centimetriche. Non sono rare macchie grigie di forma irregolare talvolta caratterizzate da una certa isorientazione. Questa varietà è caratterizzata da un'ampia gamma di ornamentazioni determinata dalla diversa orientazione, frequenza e spessore delle vene e delle macchie grigio scuro (Figura 12c).

Zerbino. Marmi a grana da medio-fine a medio-grossa, in genere da bianco-avorio a beige, caratterizzati dalla presenza di livelli filladici di colore grigio-verde (Figura 12d).

Marmi brecciati

In questo gruppo ricadono gran parte delle metabrecce di composizione prevalentemente carbonatica presenti in diverse posizioni stratigrafiche nella successione metamorfica apuana. In genere sono rappresentate da metabrecce clasto-sostenute ad elementi di marmo e matrice variamente colorata dal grigio al verde e dal rosso al viola. A causa della deformazione subita, i clasti di queste metabrecce hanno assunto una forma fortemente appiattita e allungata sulla foliazione metamorfica principale, determinando la possibilità da parte di questi materiali di assumere aspetti completamente differenti su tagli di cava diversamente orientati.

Arabescato. Metabrecce clasto-sostenute ad elementi eterometrici di marmo in matrice di colore da grigio al verde scuro. I clasti sono tipicamente di colore da grigio chiaro a bianchi e in funzione della loro taglia, disposizione relativa e rapporto con la matrice circostante, determinano un'ampia gamma di aspetti e ornamentazioni (Figura 12e).

Calacatta. Metabrecce a clasti eterometrici di marmo da bianchi a bianco-avorio, talora con deboli colorazioni verde-chiaro in matrice di colore da giallo-ocra a grigio-verde. In genere la scarsa percentuale di matrice rende poco evidente la natura clastica del materiale (Figura 12f).

Breccia rossa. Metabrecce poligeniche, da clasto a matrice-sostenute, a prevalenti clasti di marmo e subordinate selci da grigio chiaro a rosse, con matrice di colore dal rosso scuro al rosso-violaceo. I clasti di marmo, da bianchi a grigio-chiaro, da giallo-beige a rosa sono spesso ricchi in articoli di crinoidi e frammenti di belemniti (Figura 12g).

Fantastico. Metabrecce poligeniche a prevalenti clasti di marmo e subordinate selci da grigio chiaro a rosse, con matrice di colore dal rosso scuro al rosso-violaceo. I clasti di marmo, da bianchi a grigio-

chiari, da giallo-beige a rosa si presentano tipicamente piegati e deformati in modo tale da determinare un caratteristico disegno nei blocchi estratti (Figura 11).

Marmi cipollini

In questo gruppo ricadono i litotipi marmorei impuri, presenti prevalentemente nella parte alta della successione litostratigrafica. In genere si tratta di calcescisti caratterizzati da un'ampia gamma di colorazioni e disegni.

Cipollino. Calcescisti di colore da grigio-verde a verde o da rosso a rosso-violaceo con livelli di filladi carbonatiche e filladi muscovitiche di colore da verde scuro a rosso violaceo. In genere sono presenti numerose vene di calcite variamente deformate e piegate. Le variazioni cromatiche, i differenti rapporti tra le componenti filladica e carbonatica, il diverso disegno determinato dalle vene di calcite e quarzo, determinano per questa varietà un'ampia gamma di aspetti e ornamentazioni di solito molto evidenti nei tagli di cava.

Marmi storici

Con il termine "marmi storici" ci si riferisce a marmi con peculiari caratteristiche cromatiche e di disegno oggi non più soggetti a coltivazione, ad eccezione delle Breccie di Seravezza.

Breccia di Seravezza. Metabrecce poligeniche, clasto-sostenute, a prevalenti elementi di marmo di colore da bianco a grigio chiaro e subordinati clasti di dolomia da grigia a giallo-arancio e rare selci. La matrice, di composizione fillosilicatica, mostra un'ampia gamma di colorazioni che vanno dal grigio-verde al verde scuro, dal rosso mattono al rosso-violaceo e localmente arricchite in cristalli di cloritoide (Figura 12h).

Rosso rubino. Marmi e marmi dolomitici di colore da rosso scuro a rosso violaceo con sottili livelli filladici verdi di spessore millimetrico. Localmente sono presenti metabrecce clasto-sostenute con elementi di marmo e/o dolomia da bianchi a giallo-arancio da rosa a viola e matrice colorata dal giallo al rosso fino al rosso scuro-viola.

Nero di Colonnata. Marmi grigio scuri o neri a grana fine caratterizzati da livelli giallo-arancio di spessore da millimetrico a centimetrico e interstrati di dolomia da grigia a grigia scura.

Gli affioramenti di marmo

Nelle Alpi Apuane gli affioramenti di marmo raggiungono un'estensione totale di poco superiore ai 71 km² dei quali il 27% è rappresentato da marmi bianchi, il 24% da marmi grigi e/o venati, il 10% da marmi cipollini, il 2,5% da marmi brecciati e da meno dell'1% da marmi storici (Figura 13). Le aree restanti (34%) sono fondamentalmente costituite da affioramenti di marmo inaccessibili o da marmi debolmente ricristallizzati o caratterizzati da un'intensa dolomitizzazione secondaria che non presentano alcun interesse da un punto di vista merceologico.

All'interno dei marmi bianchi la varietà merceologica più rappresentata è l'ordinario, il quale costituisce il 98,5% degli affioramenti, mentre le varietà statuario e bianco assieme raggiungono solo il 1,5%. La varietà ordinario si trova in quasi tutti i principali bacini marmiferi apuani: bacini di Carrara, del M. Costa, del M. Altissimo-Alberghi e di Arni-Arnetola e lungo l'allineamento M. Sella - M. Tambura - M. Rocchandaglia.

Le varietà statuario e bianco risultano molto meno diffuse e caratterizzate, in genere, da affioramenti dello spessore di pochi metri (2 - 10 m) e continuità laterale dell'ordine delle centinaia di metri (200 - 300 m). Corsi di statuario sono localizzati nei bacini di Carrara, del M. Altissimo-Alberghi e del M. Corchia, mentre la varietà bianco affiora nei bacini del M. Altissimo-Alberghi, di Orto di Donna e di Gorfigliano. All'interno del gruppo dei marmi grigi e/o venati i litotipi grigi rappresentano il materiale predominante (60%). Essi si trovano in tutti i principali bacini marmiferi apuani, costituendo affioramenti di notevole spessore ed estensione prevalentemente nei

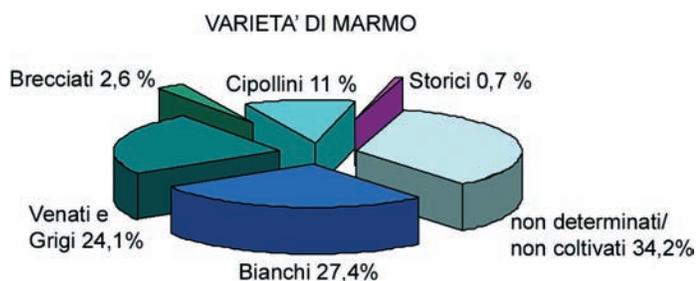


Fig. 13 - Distribuzione areale percentuale delle varietà merceologiche di marmo.

settori orientali e sud-orientali. Anche i marmi venati (38%) risultano ampiamente diffusi nei settori centrali e orientali. La varietà zerbino (2%) è rappresentata da corsi di modesto spessore (massimo 10 metri) localizzati in prevalenza nel settore occidentale del bacino di Carrara e nelle aree nord-orientali delle Alpi Apuane.

Tra i marmi brecciati la varietà arabescato, oltre ad essere la più rappresentata (40%), è anche quella distribuita in modo più omogeneo; inoltre è possibile osservare come, nei settori centro-orientale e sud-orientale, questo materiale raggiunga notevoli spessori ed una maggiore continuità laterale. I principali corsi della varietà calacatta (11%) caratterizzano in prevalenza il bacino di Carrara e quello di Arni-Arnetola, mentre quelli delle varietà breccia rossa e fantastico risultano confinati quasi esclusivamente nel bacino di Arni-Arnetola.

I marmi cipollini contraddistinguono i bacini marmiferi orientali e sud-orientali costituendo giacimenti di notevole spessore ed estensione. Infine tra i marmi storici la breccia di Seravezza rappresenta circa l'85% degli affioramenti contro l'11% del nero di Colonnata e il 4% del rosso rubino.

I ravaneti delle Alpi Apuane

In conseguenza dell'attività estrattiva intensa e prolungata nel tempo, i bacini marmiferi apuani sono caratterizzati da enormi volumi di detrito di scarto della coltivazione, detti "ravaneti" (Figura 14), che vengono riversati lungo i versanti adiacenti alle aree di cava e che costituiscono un elemento tipico del paesaggio delle Alpi Apuane. Attualmente il materiale di scarto derivante dall'attività estrattiva rappresenta circa i 2/3 dello scavo a monte; pertanto, a fronte di una produzione totale per l'intero bacino marmifero apuano che negli ultimi anni si è attestata attorno ai 1.200.000 ton/anno di blocchi di marmo, si ha la messa a ravaneto di circa 2.400.000 ton/anno. Tale ingente quantitativo di materiale di scarto costituisce una risorsa primaria di lapideo sciolto di alta qualità, che trova oggi nel mercato una grande richiesta in ragione di una vasta gamma di applicazioni. Inoltre il prelievo di tali materiali costituisce una fondamentale operazione di recupero e gestione razionale dei giacimenti stessi che in molti casi risultano totalmente, o in parte, coperti da spesse coltri di detrito. I ravaneti rappresentano però anche una delle principali fonti di dissesto idrogeologico che insistono sulle aree estrattive e su alcuni centri abitati. Negli ultimi anni molti ravaneti sono stati interessati da fenomeni di frana rappresentati in prevalenza da trasporti in massa di materiale detritico.

I ravaneti possono essere distinti e cartografati in base ai seguenti 5 parametri:

Tipologia: litotipo prevalente dei clasti contenuti nel ravaneto (bianchi, grigi, colorati, cipollini, ecc.);

Granulometria: dimensioni prevalenti dei clasti costituenti i ravaneti (informi: \geq m3, pezzame: dimensioni comprese fra 30 cm e 1 m, pezzame e sassi: 5 e i 30 cm., misto);

Permeabilità: definita in funzione della granulometria dei materiali presenti e dei loro reciproci rapporti volumetrici (alta, media, bassa);

Attività: stato di attività del ravaneto al momento del rilevamento (attivi, inattivi negli anni 2003-2006, vecchi e/o storico artistici,)

Prelievo: presenza o meno di attività di prelievo e recupero dei materiali messi a discarica (ravaneti soggetti a prelievo, nessun prelievo in atto).

In tutto il bacino marmifero apuano sono stati cartografati 630 ravaneti che occupano in totale un'area superiore ai 10 km². In genere questi accumuli di detrito ricoprono affioramenti di marmo potenzialmente estraibile ed è possibile stimare che circa il 13% della superficie totale degli affioramenti di marmo sono oggi non accessibili in superficie a causa della loro presenza. Questa percentuale risulta notevolmente maggiore se riferita ai singoli bacini

estrattivi, raggiungendo valori del 50% nel bacino marmifero di Carrara. Ad oggi circa 80 ravaneti risultano attivi, ovvero, sede di discarica legata all'attività estrattiva di una o più cave o oggetto di recupero di materiale, mentre 225 sono inattivi. Più della metà risultano invece dismessi da molti anni e in parte soggetti a rinaturalizzazione (ravaneti vecchi e/o storico-artistici).

Il prelievo di materiale per la produzione del carbonato di calcio interessa il 16% dei ravaneti. I ravaneti formati da clasti di marmo bianco o grigio prevalgono nettamente sulle altre tipologie, rappresentando rispettivamente il 52% e il 44% del totale, mentre la classe granulometrica più rappresentata è quella del pezzame. La maggior parte dei ravaneti presentano una permeabilità media o alta, rispettivamente, il 44% e il 39%.

Banca dati GIS e la banca dati Cave

Recentemente la Regione Toscana mediante convenzione con il Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena ha aggiornato le informazioni riguardanti l'attività estrattiva dei marmi delle Alpi Apuane effettuando nuovi rilevamenti geologici a scala 1:10.000 delle varietà merceologiche dei marmi e raccogliendo informazioni sulle singole cave. Tutte le carte prodotte e le informazioni raccolte sono state informatizzate e rese gratuitamente consultabili.

Per quanto riguarda le carte prodotte, sono stati realizzati degli archivi geografici georeferenziati che consentono di consultare, gestire ed elaborare i dati derivati dalla cartografia geotematica in modo rapido ed efficace, rendendoli fruibili sia ai fini specifici della geologia applicata, dell'ingegneria, ma anche a quelli più generali della pianificazione e gestione del territorio. La struttura fisica della banca dati utilizzata per realizzare il sistema informativo territoriale dei marmi apuani è stata derivata dalla Banca Dati CARG e ideata in modo da consentire un facile confronto e integrazione con le banche dati geologiche esistenti sia a livello nazionale che regionale. La banca dati comprende tutti gli elementi riportati nelle carte tematiche realizzate. Tutte le informazioni sono state caricate in un geodatabase organizzato in feature class poligonali, lineari e puntuali. Gli elementi poligonali sono rappresentativi delle aree d'affioramento delle diverse varietà merceologiche di marmo cartografate e dei depositi quaternari: coperture detritiche naturali e/o antropiche presenti sul territorio e principali corpi di frana. Gli elementi lineari (archi) sono stati utilizzati per i contatti stratigrafici e/o tettonici fra le diverse unità litostratigrafiche cartografate, per delimitare i corpi detritici e/o di frana, per marcare il limite dei depositi quaternari e per indicare i principali orli di scarpata antropica presenti



Figura 14 - Panoramica di due ravaneti sul versante meridionale del M. Betogli (Carrara).

nelle aree di cava. Gli elementi puntuali indicano l'ubicazione dei siti di estrazione (es: cave attive, inattive o abbandonate) e i dati strutturali raccolti quali, ad esempio, piani di stratificazione, superfici di clivaggio, assi di pieghe, ecc.

Durante la campagna di rilevamento, tutte le cave attive, inattive o abbandonate sono state censite e corredate da una documentazione tecnica (es. ditta proprietaria, caratteristiche estetiche e tecniche dei materiali estratti, nomi locali con i quali vengono commercializzati, orientazione dei principali sistemi di fratturazione presenti), fotografica e storica recuperata in bibliografia e attraverso la consultazione dei piani di coltivazione. Tutti i dati raccolti sono stati archiviati all'interno di una banca dati descrittiva esterna, denominata "Banca dati Cave" che completa la banca dati GIS.

Sito internet

Al fine di divulgare nel modo più efficace e veloce tutti i dati raccolti e gli elaborati prodotti è stato progettato un sistema per la gestione in rete delle banche dati realizzate consultabile all'indirizzo <http://www.marmiapuane.info/>. Il viewer utilizzato consente la navigazione attraverso i differenti tematismi mantenendo il continuo territoriale. Possono essere consultate e interrogate tutte le carte tematiche realizzate e la banca dati Cave Alpi Apuane sia direttamente sulla mappa che tramite finestre d'interrogazione alfanumeriche.

Bibliografia essenziale per saperne di più

- Baroni, C., Bruschi, G., Criscuolo, A. & Ribolini, A. 2001: Il rischio geomorfologico indotto dall'attività estrattiva nei bacini marmiferi apuani (Alpi Apuane, Toscana). *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali Residente in Pisa, Memorie, Serie A: Processi Verbalii*, v. 107, pp. 87-96.
- Bruschi, G., Criscuolo, A. & Zanchetta, G. 2003: Stratigrafia delle discariche di detrito dei bacini marmiferi di Carrara. I ravaneti antichi di Carbonera, Strinato, Gioia e Scalocchiella. *Acta apuana*, v. 2, pp. 26-32.
- Cantisani, E., Fratini, F., Molli, G. & Pandolfi, L. 2003: Sulla provenienza apuana del marmo di cippi funerari etruschi. *Acta apuana*, v. 2, pp. 19-25.
- Carmignani, L. 1985: Carta geologico-strutturale del Complesso Metamorfico delle Alpi Apuane, Foglio Nord, 1:25.000, Litografia Artistica Cartografica, Firenze.
- Carmignani, L. & Kligfield, R. 1990: Crustal extension in the Northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane core complex. *Tectonics*, v. 9, pp. 1275-1303.
- Coli, M., Grandini, G. & Matteini, L. 1987: Carta Strutturale del bacino marmifero di Orto di Donna (Alpi Apuane), 1:5.000, SELCA, Firenze.

- Coli, M. 1989: Litho-structural assemblage and deformation history of "Carrara marble". *Bollettino della Società Geologica Italiana*, v. 108, pp. 581-590.
- Coli, M. 1992: Carta Strutturale del Bacino Marmifero di Boana (Alpi Apuane), 1:5.000, SELCA, Firenze.
- Coli, M., Pini, G., Piccini, L., Mariottoni, E., Frosini, S., Rossi, M.L., Livi, V., Appellius, V., Carmignani, L., Meccheri, M., Fantozzi, P.L., Sciuto, P.F., Bocci, M., Antompaoli, L., Chierighin, F., Graziosi, B., Fornaro, M., Lovera, E. & Bergamasco, L. 2002: Studi Conoscitivi sui Bacini Marmiferi Industriali di Carrara: Un Contributo per la gestione Pianificata dell'Attività. *GEAM - Geoingegneria Ambientale e Mineraria*, v. 24, 104 pp.
- Crisci, G.M., Leoni, L. & Sbrana, A. 1975: La formazione dei marmi delle Alpi Apuane (Toscana); studio petrografico, mineralogico e chimico. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie A*, v. 82, pp. 199-236.
- D'Amato Avanzi, G. & Verani, M. 1998: Valenze ambientali ed economiche dei ravaneti delle Alpi Apuane (Toscana). *Memorie della Società Geologica Italiana*, v. 53, pp. 489-501.
- Dolci, E. 1980: Carrara Cave Antiche. *Materiali Archeologici*. Viareggio.
- Dolci, E. 1985: I marmi lunensi: tradizione, produzione, applicazioni. *Quaderni del Centro Studi Lunensi*, v. 11, pp. 405-463.
- ERTAG Regione Toscana 1980: I Marmi Apuani. Nuova Grafica Fiorentina, Firenze, 126 pp.
- Meccheri, M. 1996: Carta Geologico-Strutturale delle Varietà Merceologiche dei Marmi del Carrararese, 1:10.000, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Siena, Siena.
- Meccheri, M., Bellagotti, E., Berretti, G., Conti, P., Dumas, F., Mancini, S. & Molli, G. 2007: The Mt. Altissimo marbles (Apuane Alps, Tuscany): commercial types and structural setting. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, v. 126, pp. 25-35.
- Molli, G., Conti, P., Giorgetti, P., Meccheri, M. & Oesterling, N. 2000 b: Microfabric study on the deformational and thermal history of the Alpi Apuane marbles (Carrara marbles), Italy. *Journal of Structural Geology*, v. 22, pp. 1809-1825.
- Molli, G., Giorgetti, G. & Meccheri, M. 2002: Tectono-metamorphic evolution of the Alpi Apuane Metamorphic Complex: new data and constraints for geodynamic models. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, v. volume speciale n. 1, pp. 789-800.
- Pinna, S. 1999: Il comprensorio apuano del marmo. *Memorie della Società Geografica Italiana*, v. 57.
- Zaccagna, D. 1932: Descrizione Geologica delle Alpi Apuane. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, v. 25, Roma, 440 pp.

doi: 10.1474/Geoitalia-21-27

Blocco di marmo "arabescato", Arni, Alpi Apuane. Questa varietà merceologica è costituita da breccie marmoree i cui clasti sono fortemente allungati parallelamente alla linea di estensione e appiattiti sulla foliazione della prima fase deformativa. Questo determina la possibilità, in alcune cave, di aprire fronti di cava parallelamente al piano X-Z dell'ellissoide della deformazione finita e avere materiali con aspetto "venato" e fronti di cava circa paralleli al piano Y-Z dell'ellissoide della deformazione finita per avere materiali con aspetto "brecciato" (Foto: P. Conti).

