

LUIGI MATTAVELLI e MAURO TONNA

OSSERVAZIONI PETROGRAFICHE  
SU PROCESSI DIAGENETICI  
IN ALCUNE FACIES CARBONATE MESOZOICHE ITALIANE

RIASSUNTO. — Vengono esposte osservazioni petrografiche su alcuni processi diagenetici che hanno interessato facies carbonato mesozoiche dell'Italia Meridionale e del Veneto.

Nella sequenza prevalentemente dolomitica incontrata dal pozzo di Ugento 1, la presenza di relitti corrosi di una dolomitizzazione iniziale che si sono comportati come germi nella dolomitizzazione successiva, indicherebbe tre possibili stadi di diagenesi: *a*) parziale ed iniziale dolomitizzazione; *b*) parziale calcitizzazione o dedolomitizzazione; *c*) dolomitizzazione totale.

Inoltre uno stadio di ricristallizzazione viene supposto come antecedente alla dolomitizzazione parziale mentre uno stadio di locale e limitata silicizzazione è accertato posteriormente alla dolomitizzazione totale.

La maggior parte delle dolomie del pozzo di Ugento 1 sono secondarie e la loro origine è probabilmente da attribuirsi al reflusso attraverso i sedimenti calcarei di acque ipersaline ad alto rapporto Mg/Ca prodotto da parziale evaporazione dell'acqua del mare.

Le caratteristiche petrografiche dei resti di Molluschi dei calcari organogeni del Veneto indicherebbero la presenza di due diversi processi diagenetici: *a*) soluzione di alcuni frammenti di Molluschi probabilmente di aragonite, con formazione di cavità e successivo riempimento di dette cavità con un mosaico di calcite di drusa; *b*) ricristallizzazione in situ dei resti di Molluschi aragonitici o calcitici.

Si ritiene che il processo di soluzione di molti frammenti di Molluschi, dei quali non si conserva alcuna traccia, possa rappresentare la principale sorgente del cemento di calcite spatica presente nella roccia.

ABSTRACT. — Some petrographic observations on the diagenetic processes of carbonate mesozoic rocks of Ugento well n. 1 (South Italy) and Veneto outcrops (North Italy) are reported.

Three possible stages of diagenesis can be detected in the Ugento dolomites on the basis of the corroded relics of the early partial dolomitization having served as « centers » for later dolomitization: *a*) early partial dolomitization; *b*) partial calcitization or dedolomitization; *c*) complete dolomitization. A stage of recrystallization is assumed to precede early partial dolomitization, while a stage of local and small silicification occurred after complete dolomitization. Most dolomites of Ugento well n. 1 are secondary and they were probably formed by reflux of hypersaline water having large Mg/Ca ratios produced by partial evaporation of sea water.

Petrographic observations on the molluscan shells of Veneto skeletal limestones seem to evidence the occurrence of two different diagenetic processes: *a*) solution of molluscan shell fragments, probably aragonite yielding molds and subsequent filling of the molds by cast of drusy calcite; *b*) recrystallization in situ of the aragonite or calcite molluscan shells. It is also suggested that solution of molluscan aragonite shell debris, of which no record is left, could represent the main source of sparry calcite cement in these rocks.

Gli autori ringraziano vivamente la Direzione dell'Agip Mineraria per aver concesso di pubblicare questa nota ed in particolare l'Ing. T. Rocco. Esprimono inoltre la loro riconoscenza al Dott. G. Long Capo del Servizio Geochimico e al Dott. D. Storer Responsabile della Sezione Mineralogica per aver incoraggiato questa ricerca.

### Introduzione.

Scopo di questo studio è quello di ricostruire attraverso l'esame petrografico di dettaglio le modalità e, dove è possibile, la probabile sequenza di alcuni processi diagenetici che hanno interessato serie carbonatiche mesozoiche del Veneto e dell'Italia Meridionale. Per diagenesi si intendono tutti quei processi chimici e fisici che si sono verificati in un sedimento dopo la sua deposizione (che però non rientrano nel campo dei fenomeni metamorfici) ed in particolare: la compattazione, la cementazione, la soluzione, la ricristallizzazione e la sostituzione metasomatica.

Si tratta evidentemente di processi molto complessi determinati da numerosi fattori (alcuni dei quali sfuggono nei tempi geologici) quali: l'esatta natura del sedimento iniziale, gli ambienti chimico-fisici naturali che hanno causato i processi stessi, la composizione delle acque interstiziali, il loro movimento, ecc. Pertanto il loro studio oltre a presentarsi difficile, risulta evidentemente incompleto ed in continua evoluzione.

Si sottolinea inoltre che, in genere, nei sedimenti antichi si osservano gli stadi finali dei processi diagenetici ed in qualche caso gli stadi intermedi, mentre quelli iniziali sfuggono per lo più alla diretta osservazione. Perciò la ricostruzione e l'interpretazione di questi ultimi sono basate su recenti studi dei sedimenti carbonati attuali effettuati da Friedman (1964), Illing (1965), Shinn e Ginsburg (1965).

Per lo studio dei processi diagenetici, trattati nel presente lavoro, sono state scelte come esempio due successioni carbonatiche, diverse per

composizione litologica e genesi. La prima riguarda la sequenza prevalentemente dolomitica, attraversata dal pozzo di Ugento 1 (Puglia), da m 0 a m 4535, che si presta ad alcune osservazioni sulla modalità con cui si è svolto il processo di dolomitizzazione; la seconda è rappresentata dai calcari organogeni del Cretacico del Veneto che permettono di distinguere due tipi di modificazioni diagenetiche che hanno interessato i frammenti di Molluschi.

Lo studio delle due successioni sopraccitate, è basato principalmente sull'esame al microscopio delle sezioni sottili. Inoltre, su 138 campioni di carote di fondo del pozzo di Ugento 1, sono state eseguite analisi chimiche parziali per via complessometrica per determinare il calcio ed il magnesio. Su alcuni campioni di calcari organogeni del Veneto sono state anche effettuate analisi diffrattometriche ai raggi X per accertare il tipo di carbonato presente. La distribuzione dei carbonati nella roccia è stata invece controllata mediante saggi di colorazione microchimica alla alizarina S (Friedman, 1959).

#### **Serie calcareo-dolomitica del pozzo Ugento 1 (Puglia).**

Il pozzo di Ugento 1 ha attraversato da m 0 a m 4535 una serie calcareo-dolomitica di età compresa tra il Cretacico superiore ed il Giurassico superiore. Nella Fig. 1 è riportato il log petrografico ricostruito in base a 52 carote di fondo ed ai cuttings relativi agli intervalli di m 0-71, di m 600-660 e di m 2430-2660. Nella stessa figura è anche rappresentato il diagramma del rapporto Ca/Mg, determinato in base all'analisi chimica eseguita su 138 campioni di carote di fondo. Questo rapporto, proposto da Chilingar (1958) come criterio di classificazione tra calcari e dolomie, mette in evidenza il grado di dolomitizzazione di un sedimento calcareo.

In base all'esame microscopico di sezioni sottili ed al rapporto Ca/Mg la sequenza attraversata dal pozzo di Ugento può essere suddivisa in cinque intervalli di cui si riporta una dettagliata descrizione petrografica.

#### **Descrizione petrografica.**

*m 0-650.*

L'intervallo è caratterizzato da un'alternanza di biomicriti-biomicroclasti intraclastiche, intramicriti talora molto fossilifere, micriti fossilifere intraclastiche con rare intercalazioni di dolomia. La presenza di

numerosissimi vacuoli, determinati da fenomeni di soluzione, conferisce sovente a questi tipi di calcari un aspetto friabile e farinoso. Il rapporto Ca/Mg varia fra 2,8 e 60 delimitando il campo di queste rocce fra i calcari leggermente dolomitici e le dolomie calcaree. Allo

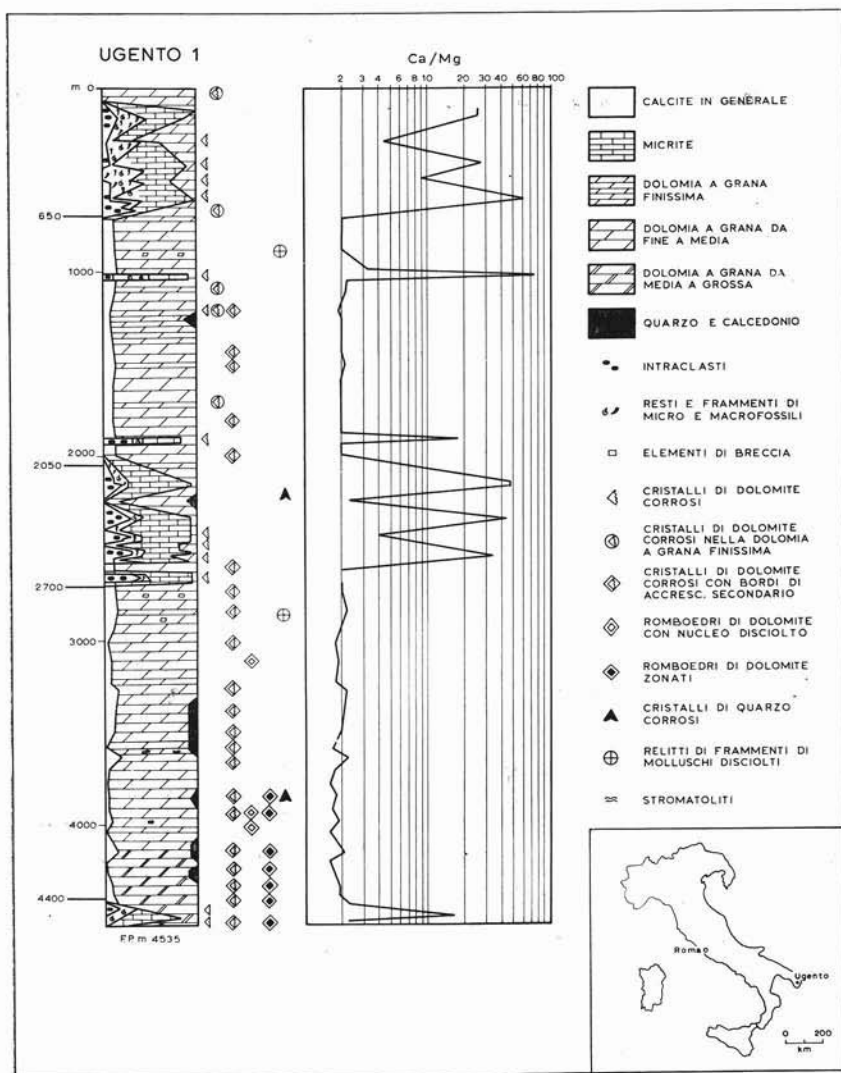


Fig. 1. — Pozzo Ugento 1: Log petrografico e diagramma del rapporto Ca/Mg.

esame microscopico le biomieriti intraclastiche appaiono costituite da numerosi resti di microfossili (Milolidi, Cuneoline, Textularidi, ecc.), da Alghe, da scarsi frammenti di Rudiste e da qualche intraclasto. Le biomieruditi constano invece di grossi frammenti subangolosi (da 1 mm a 3 cm) e talora di resti ben conservati e ricristallizzati di Rudiste, immersi in una massa di fondo di micrite dolomitizzata ed interessata da numerosissimi vacuoli. Le intramieriti fossilifere sono caratterizzate a volte da numerosi intraclasti arrotondati, del diametro per lo più compreso fra 100 e 600  $\mu$  e raramente superiore ad 1 mm. A tratti esse constano invece di intraclasti piccoli e sfumati che si dissolvono nella massa di fondo di micrite spesso ricristallizzata in microsparite.

Le micriti presentano talora una massa di fondo di calcite microcristallina a tessitura uniforme ed a volte di aspetto grumoso con variegature ondulate (stromatoliti ?) ed includono in genere scarsi intraclasti irregolari e sfumati e resti di microfossili.

Una parziale dolomitizzazione interessa quasi tutti i tipi litologici sopradescritti, manifestandosi con romboedri idiomorfi di dolomite, isolati o riuniti in plaghe di dimensioni comprese fra 50 e 250  $\mu$ . Detti romboedri presentano in genere evidenti fenomeni di calcitizzazione o dedolimitizzazione analoghi ai tre tipi descritti in una nota in corso di stampa (Mattavelli, 1966).

Il tipo più frequente è rappresentato da romboedri di dolomite corrosi, alterati, grigiastri, parzialmente sostituiti da calcite microcristallina, a volte con resti irregolari di plaghe fresche e chiare di dolomite a netta estinzione. Meno diffuso sembra invece il secondo tipo, rappresentato da romboedri compositi formati da un mosaico di minuti cristalli di calcite (1-5  $\mu$ ) (calcite pseudomorfa su dolomite). A volte detti cristalli presentano le stesse dimensioni di quelli che costituiscono la massa di fondo di micrite ed il contorno romboedrico tende pertanto a scomparire. Questo fatto, già osservato dal Bausch (1965), farebbe supporre che i romboedri compositi sarebbero forse più frequenti di quanto non risulti all'osservazione microscopica. Il terzo tipo di dedolimitizzazione, piuttosto raro, è caratterizzato da vacuoli di forma romboedrica che in alcuni casi sembrano derivare dalla dissoluzione del mosaico di calcite dei romboedri compositi. I rari livelli di dolomia calcarea presentano a tratti una grana media con cristalli rombici zonati, con il nucleo in qualche caso costituito da resti corrosi di precedenti cristalli

di dolomite. A volte essi sono invece caratterizzati da dolomia a grana fine, includente romboedri corrosi (50-200  $\mu$ ) analoghi a quelli degli intervalli calcarei che hanno subito fenomeni di dedolomitizzazione.

*m 650-2050.*

L'intervallo è costituito da una potente sequenza di dolomia calcarea, nocciola, a grana in prevalenza media, con rare intercalazioni di intramicriti.

La dolomia a grana media, è caratterizzata da una struttura a mosaico con cristalli subrombici, talora rombici, a volte offuscati da impurezze e di dimensioni per lo più comprese tra 50 e 250  $\mu$ . Essa è inoltre interessata a tratti da numerosissimi vacuoli, determinati probabilmente dalla dissoluzione della parte calcarea che ha fornito una locale sorgente di carbonato durante il processo di dolomitizzazione (Murray, 1960).

Caratteristica peculiare di alcuni livelli a grana media è la presenza, al centro dei cristalli di dolomite, di nuclei scuri, corrosi e profondamente alterati. Detti nuclei che sono circondati da un bordo di accrescimento più chiaro in continuità ottica con i nuclei stessi, presentano strette analogie con i romboedri parzialmente calcitizzati o dedolomitizzati che si notano sia nel precedente intervallo che nei rari livelli di intramicrite di quello in esame.

La dolomia a grana finissima (5-15  $\mu$ ), presenta per lo più una tessitura uniforme, talvolta invece include plaghe arrotondate chiare, a grana media e relitti di microfossili arenacei ben conservati. Le plaghe chiare sono circondate da un sottile bordo di dolomicrite e la loro forma induce a ritenere che si tratti di relitti di Molluschi disciolti.

In alcuni livelli di dolomie a grana fine si osservano romboedri di dolomite corrosi e profondamente alterati di dimensioni comprese fra 50 e 300  $\mu$  (Tav. I, figg. 3 e 4). Anche questi romboedri sono analoghi a quelli parzialmente calcitizzati che si osservano nei rari livelli di intramicrite. In un livello di dolomia a grana finissima, con variegature scure, afanitiche e ondulate, sono presenti cristalli di quarzo che riempiono parzialmente o totalmente i vacuoli sotto forma di un mosaico di drusa.

Nel corpo di questa sequenza sono stati riscontrati anche alcuni livelli di breccie dolomitiche, formati da elementi subangolosi con dimensioni variabili da 1 mm a 3 cm.

I rari livelli di intramicrite, costituiti da intraclasti arrotondati e da scarsi resti di microfossili, sono caratterizzati dalla presenza di fenomeni di dedolomitizzazione analoghi a quelli descritti nel precedente intervallo (Tav. I, figg. 1 e 2).

*m 2050-2700.*

Quest'intervallo consta di intramicriti fossilifere e micriti fossilifere talora dolomitizzate e di rari livelli di dolomia calcarea nocciola.

Le intramicriti, spesso caratterizzate da una struttura grumosa, sono costituite in alcuni livelli da piccoli intraclasti incerti e sfumati che sono addensati in noduli o galleggiano nella massa di fondo di micrite per lo più rieristallizzata in microsparite. In altri livelli esse sono invece composte da intraclasti ben arrotondati, ben costipati, a volte compenetrati. La parte organica è scarsa e rappresentata da resti di Miliolidi, Ostracodi, Alghe e da rari frammenti di Molluschi.

Le micriti, che si alternano alle intramicriti, presentano in genere una massa di fondo a struttura grumosa ed includono scarsi resti di microfossili, veli di sostanze organiche e rari intraclasti. In alcuni livelli le micriti e le intramicriti di aspetto grumoso sono caratterizzate dalla presenza di festoni e variegature ondulate riferibili a strutture di tipo stromatolitico.

Una parziale dolomitizzazione interessa a tratti i tipi litologici sopradescritti ed è indicata da romboedri di dolomite sparsi o in plaghe. Questi ultimi presentano fenomeni di dedolomitizzazione, messi in evidenza dalla corrosione dei cristalli, dalla loro profonda alterazione e dalla parziale sostituzione con calcite microcristallina.

I livelli di dolomia calcarea sono caratterizzati a volte da una massa di fondo a grana fine-finissima, includente relitti di intraclasti e plaghe spatiche arrotondate, a volte da una grana media e da un'elevata porosità intercristallina.

Le intramicriti e le dolomie includono sovente veli di sostanze brunastre e raramente cristalli di quarzo isolati e corrosi.

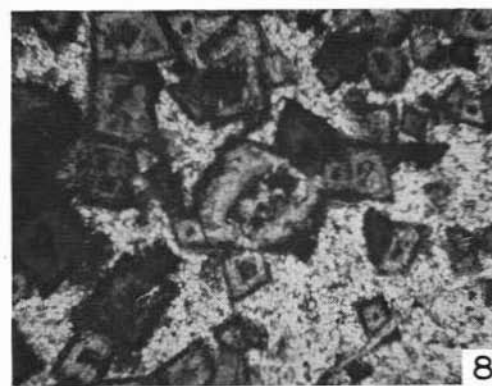
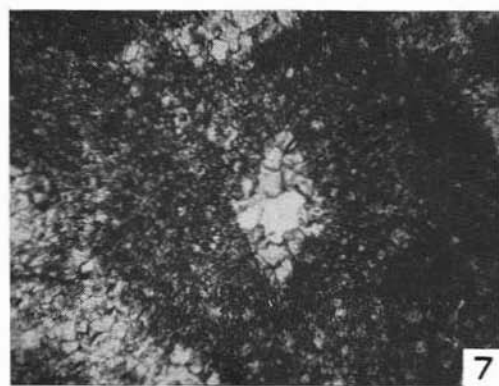
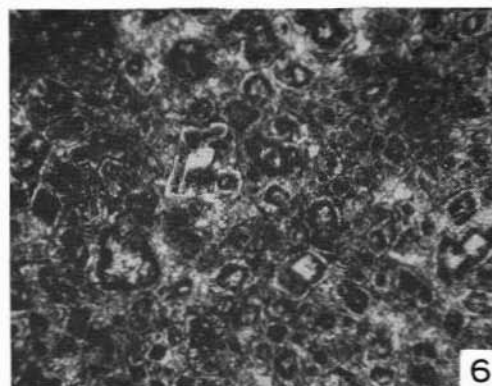
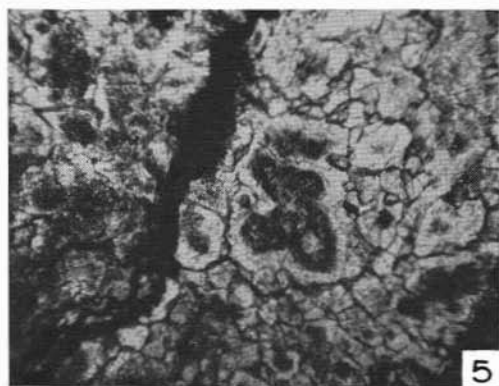
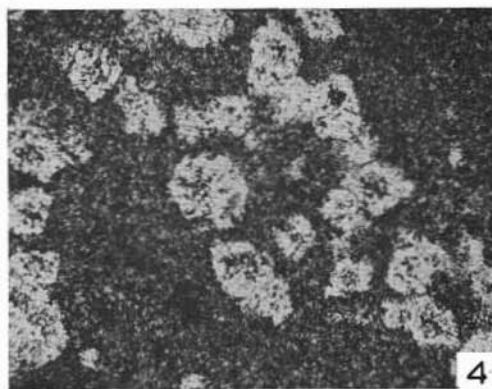
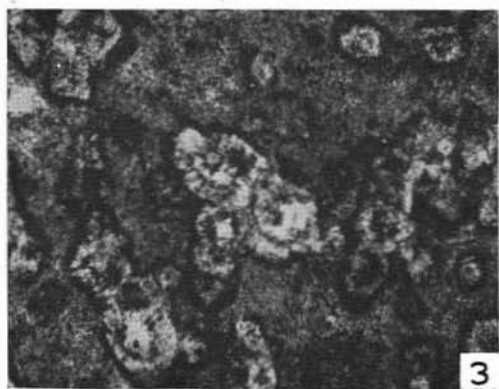
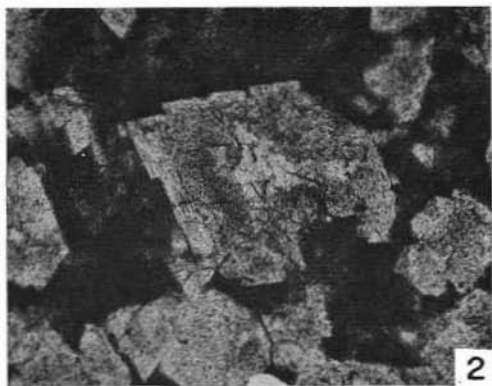
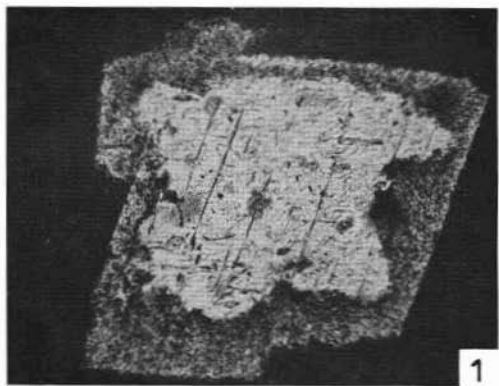
*m 2700-4400.*

Si tratta di una potente sequenza di dolomia e dolomia leggermente calcarea di colore grigio nocciola con qualche livello di breccia dolomitica e con rare plaghe, chiazze e druse di quarzo.

## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I

- Fig. 1. — Cristallo di dolomite corrosivo, alterato, sostituito sui bordi da calcite microcristallina e con nucleo formato da una plaga fresca di dolomite. Intramicrite dolomitizzata.  
Ugento 1 - m 1203-1207 - ingr. 100.
- Fig. 2. — Romboedri di dolomite corrosivi, alterati, parzialmente sostituiti da calcite a grana finissima. Le plaghe chiare indicano le parti più fresche dei cristalli di dolomite.  
Intramicrite dolomitizzata.  
Ugento 1 - m 1906-1910,50 - ingr. 70.
- Fig. 3. — Relitti corrosivi ed alterati di cristalli di dolomite, con plaghe chiare più fresche (parziale dolomitizzazione) che spiccano nella massa di fondo di dolomia a grana fine (stadio di dolomitizzazione totale).  
Ugento 1 - m 1203-1207 - ingr. 70.
- Fig. 4. — Romboedri corrosivi e profondamente alterati (parziale ed iniziale dolomitizzazione), immersi in una massa di fondo a grana fine (stadio di dolomitizzazione totale).  
Ugento 1 - m 697-702 - ingr. 65.
- Fig. 5. — Nella dolomia a grana media si notano relitti sicuri, arrotondati e corrosivi (parziale dolomitizzazione), circondati da un bordo chiaro di accrescimento secondario (stadio di dolomitizzazione totale).  
Ugento 1 - m 2714-2717 - ingr. 35.
- Fig. 6. — Cristalli di dolomite con nuclei corrosivi ed arrotondati (iniziale e parziale dolomitizzazione) che si sono comportati come germi di cristallizzazione nel successivo stadio di dolomitizzazione.  
Ugento 1 - m 3916-3922 - ingr. 30.
- Fig. 7. — Nella dolomia a grana medio-fine si nota una cavità di forma romboedrica parzialmente riempita da un mosaico di cristalli di dolomite. Tale cavità è dovuta alla dissoluzione di un originario cristallo di dolomite (terzo tipo di dedolomitizzazione) ed è stata successivamente riempita da cemento dolomitico (stadio di dolomitizzazione totale).  
Ugento 1 - m 3688-3690 - ingr. 30.
- Fig. 8. — Cristalli di dolomite zonati (con nucleo formato da relitti di precedenti cristalli), corrosivi e parzialmente sostituiti dal quarzo microgranulare della massa di fondo.  
Ugento 1 - m 4247-4252 - ingr. 20.





Il rapporto Ca/Mg varia tra 1,6 e 2,4, ma per la maggior parte della sequenza è compreso tra 1,6 e 2. All'esame microscopico la dolomia è in prevalenza caratterizzata da una massa di fondo con struttura a mosaico a grana media, con cristalli di dimensioni per lo più comprese tra 50 e 300  $\mu$ . Gli elementi cristallini presentano contorni subrombici, spesso rombici e sono sovente offuscati da impurezze distribuite irregolarmente, ma che a volte si addensano nel nucleo delineando una netta figura rombica. Nella parte bassa dell'intervallo sono frequenti cristalli idiomorfi e zonati, caratterizzati da un nucleo rombico scuro e da uno o più bordi di accrescimento chiari. In qualche raro caso il nucleo risulta disciolto ed al suo posto esiste una cavità a contorno romboedrico. Anche nelle dolomie a grana media di questo intervallo è significativo il fatto che talora i cristalli di dolomite hanno il nucleo costituito da precedenti romboedri corrosi, arrotondati e alterati. Si tratta di romboedri di dolomite parzialmente calcitizzati, analoghi a quelli che si osservano nel sovrastante intervallo calcareo, che si sono comportati come germi di cristallizzazione (Tav. I, figg. 5 e 6). Talora si notano plaghe di cristalli di dolomite irregolari e corrosi a volte ridotti a minuti relitti biancastri, contornati da residui di impurezze scure. Attorno a dette plaghe si sono formati bordi di accrescimento chiari in continuità ottica con i singoli cristalli. La dolomia è interessata, soprattutto nella parte bassa, da veli e chiazze di sostanze organiche brunastre. Dove queste ultime sono più abbondanti ed addensate i cristalli di dolomite risultano arrotondati e corrosi, mentre nelle zone adiacenti, prive di sostanze organiche, essi formano un mosaico compatto.

Subordinati sono i livelli di dolomia a grana fine-finissima (10-50  $\mu$ ) che presentano una tessitura talora uniforme ed a volte includono plaghe chiare, arrotondate od irregolari, a grana media. Rari sono invece i livelli a grana finissima o afanitica. Alcuni di essi sono caratterizzati dalla presenza di bande scure ondulate e da frequenti chiazze lenticolari a grana media, che sono probabilmente riferibili a strutture di tipo stromatolitico. In altri livelli, nella massa di fondo secura di dolomicrite e micrite, si notano plaghe chiare allungate, a grana media, circondate da un sottile bordo scuro. Alcune di queste plaghe sono probabilmente da riferirsi a frammenti di Molluschi disciolti, riempiti da calcite e successivamente dolomitizzati.

In un livello di dolomia con massa di fondo a grana fine, si notano nette figure rombiche di dimensioni da 200 a 500  $\mu$ , parzialmente riempite da cristalli di dolomite (30-100  $\mu$ ). Si tratta probabilmente di vacuoli determinati dal processo di dedolomitizzazione che sono stati riempiti da cemento dolomitico durante la successiva fase di dolomitizzazione (Tav. I, fig. 7).

I livelli di breccia dolomitica constano di elementi subangolosi da 1 mm a 3 cm, immersi in una massa di fondo a grana medio-fine, talora impregnata di sostanze organiche. Gli elementi sono costituiti da dolomia a grana medio-fine, da dolomia a grana finissima con relitti di allochimici e da dolomia a struttura grumosa e variegata.

Nella parte media e bassa di questa sequenza si notano plaghe di quarzo talora associato a sferuliti di calcedonio. Il quarzo, sotto forma di minuti cristalli da 10 a 50  $\mu$ , può occupare la porosità intercrystalina nelle dolomie costituite da romboedri idiomorfi e zonati con nucleo talora rappresentando da precedenti cristalli corrosi (Tav. I, fig. 8), oppure può riempire grossi vacuoli presentando la tipica struttura di mosaico di drusa. Nei punti di contatto con il quarzo i cristalli di dolomite appaiono corrosi e parzialmente sostituiti. Talora grosse plaghe, costituite da cristalli di quarzo (10-15  $\mu$ ), associati a sferuliti di calcedonio, includono resti di romboedri di dolomite parzialmente o quasi totalmente sostituiti. In alcune plaghe il quarzo presenta la tipica struttura di drusa, vuota al centro o occupata da un grosso cristallo di dolomite.

In uno stesso campione si è potuto fra l'altro osservare che i cristalli isolati di quarzo o gli sferuliti di calcedonio, risultano profondamente corrosi dalla dolomite, mentre in zone vicine, plaghe di quarzo sostituiscono i cristalli di dolomite e ne includono alcuni relitti.

*m 4400-4535.*

L'intervallo è costituito da intramicriti fossilifere, micriti fossilifere e da dolomie calcaree.

Le intramicriti constano di piccoli intraclasti sfumati, di resti di Ostracodi, Miliolidi, Thaumatoporelle, immersi in una massa di fondo micritica, ricristallizzata ed a struttura grumosa.

Le micriti sono caratterizzate da una massa di fondo di calcite microcristallina, a tessitura uniforme, includente scarsi resti di Alghe (*Cayeuxia*) e microfossili.

Nei due tipi di calcari sopraddescritti si osservano romboedri di dolomite grigiastri, alterati e corrosi che hanno evidentemente subito parziali fenomeni di calcitizzazione.

Le dolomie calcaree constano di un mosaico di cristalli idiomorfi e zonati di dolomite, includente piccole plaghe scure di micrite.

### Considerazioni sulla probabile sequenza diagenetica.

L'osservazione petrografica ed il diagramma del rapporto Ca/Mg indicano che i sedimenti attraversati dal pozzo di Ugento 1 hanno subito un'intensa diagenesi dolomitica che ha originato oltre 3000 metri di dolomie (Fig. 1). In particolare i romboedri corrosi di dolomite che si osservano nelle dolomie a grana fine (Tav. I, figg. 3 e 4) o che costituiscono il nucleo dei cristalli nella dolomia a grana media (Tav. I, figg. 5 e 6), mettono in evidenza in modo significativo che la dolomitizzazione si è sovente realizzata in almeno due stadi separati da uno stadio di dedolomitizzazione o calcitizzazione. Pertanto in molti livelli sono ben documentabili e ricostruibili tre stadi di diagenesi:

- a) parziale dolomitizzazione;
- b) parziale calcitizzazione;
- c) dolomitizzazione totale.

Inoltre il quarzo che nell'intervallo dei m 2700-4400 sostituisce in qualche livello la dolomite dimostrerebbe l'esistenza di un parziale, limitato e locale stadio di silicizzazione posteriore al processo di dolomitizzazione totale (Tav. I, fig. 8). D'altro canto i probabili relitti di Molluschi disciolti, che si notano in alcuni livelli di dolomia, sembrerebbero mettere in evidenza (Murray, 1964) uno stadio di dissoluzione dell'aragonite e di successivo riempimento delle cavità con calcite probabilmente anteriore ai processi di dolomitizzazione. Questo stadio che potremmo definire s.l. « rieristallizzazione » non è chiaramente documentabile anche perchè spesso obliterato dagli stadi successivi.

In base ai dati petrografici non è infatti possibile stabilire un preciso rapporto paragenetico fra la rieristallizzazione e la parziale dolomitizzazione. Si è tuttavia assunto che la dolomitizzazione parziale sia posteriore alla rieristallizzazione in analogia a quanto osservato da Friedman (1964) nei sedimenti pleistocenici dell'Isola di Maiorca e da Swett (1965) per i depositi carbonati oolitici del Cambro-Ordoviciano della Scozia.

In sintesi la possibile sequenza diagenetica che ha interessato la successione calcareo-dolomitica, attraversata dal pozzo di Ugento 1, può

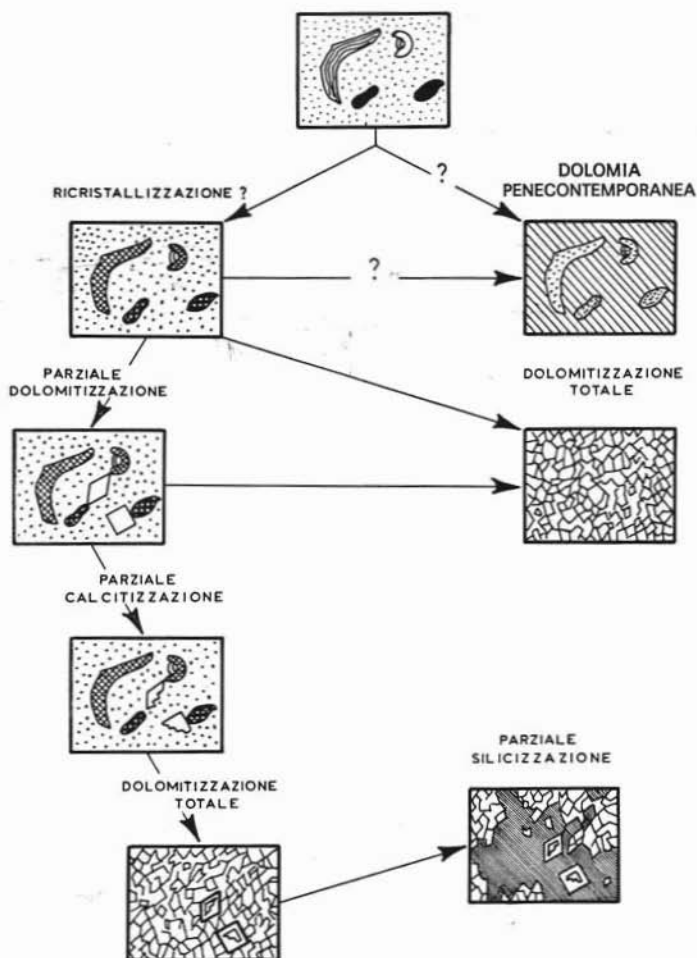


Fig. 2. — Possibile sequenza diagenetica nei sedimenti del pozzo di Ugento 1.

essere schematizzata nei seguenti cinque stadi: 1) ricristallizzazione (?); 2) parziale dolomitizzazione; 3) parziale sostituzione della dolomite con calcite (calcitizzazione); 4) dolomitizzazione totale; 5) parziale silicizzazione (Fig. 2).

E' evidente che questa sequenza deve considerarsi rigida e semplicistica rispetto alla realtà che può essere molto più complessa. Infatti uno o più di questi stadi possono essere evitati da un particolare tipo litologico. Ad esempio, si può passare da un sedimento originario ricristallizzato alla dolomitizzazione totale oppure la diagenesi si può arrestare alla dolomitizzazione parziale. Tuttavia le osservazioni petrografiche sembrerebbero indicare che l'ordine di paragenesi proposto o una parte di esso risulterebbero nel complesso rispettati.

1) *Ricristallizzazione (e dolomitizzazione penecontemporanea?)*.

In questo stadio si è assunto di comprendere i fenomeni di sostituzione dell'aragonite con calcite nei Molluschi mediante ricristallizzazione in situ o con soluzione e successivo riempimento delle cavità con calcite a basso contenuto di magnesio. Forse si potrebbe anche includere la trasformazione degli aghetti di aragonite in calcite. Non conosciamo la composizione del fango calcareo originario, tuttavia potremmo supporre che una parte di esso si sia deposto sotto forma di aghetti di aragonite di origine algale (Lowenstan, 1957) in analogia al fango che si deposita nelle lagune esistenti sul banco delle Isole Bahama. Infatti le micriti del pozzo di Ugento 1, per la scarsità ed il tipo di fauna e per la struttura grumosa, presentano le caratteristiche di un deposito lagunare. Coevi con questo primo stadio sono probabilmente i rari livelli di dolomia a grana finissima o afanitica, talora con strutture di tipo stromatolitico che riteniamo originate in seguito a dolomitizzazione penecontemporanea.

Durante questo tipo di dolomitizzazione, come è stato accertato da Illing ed altri (1965), i piccoli cristalli di dolomite possono aver direttamente sostituito gli aghetti d'aragonite.

2) *Parziale dolomitizzazione.*

E' indicata dalla presenza nei vari tipi di calcari di cristalli idiomorfi di dolomite, talora zonati, isolati o riuniti in plaghe. Le dimensioni dei cristalli da 50 a 300  $\mu$  (Deffeyes, 1965) sembrerebbero escludere una dolomitizzazione penecontemporanea sul tipo di quella riscontrata nei sedimenti attuali in ambienti inter e sopracotidali. Si tratterebbe probabilmente di una dolomitizzazione durante i primi stadi

della diagenesi, determinata dalla circolazione attraverso il sedimento di acque ricche di Mg. Non è da escludere che una parte del Mg possa essere fornita dagli organismi calcarei (Alghe) che lo contengono in forma instabile nella calcite ad alto contenuto di Mg.

3) *Parziale sostituzione della dolomite con calcite (calcitizzazione o dedolomitizzazione).*

Questo processo è stato riscontrato nei livelli parzialmente dolomitizzati dove è rappresentato dai tre tipi descritti in un precedente lavoro (Mattavelli, 1966) (Tav. I, figg. 1 e 2).

La stretta analogia petrografica tra i romboedri corrosi riscontrati nei livelli di dolomia e quelli esistenti nei calcari parzialmente dolomitizzati indica la presenza del processo di calcitizzazione anche negli intervalli completamente dolomitizzati.

Secondo alcuni Autori (Tatarskiy, 1949, Shearman, 1961) questo processo sarebbe determinato dall'azione di acque meteoriche contenenti solfati in ambiente superficiale o dalla penetrazione di queste in profondità. Nel nostro caso, accettando le ipotesi degli Autori suddetti, si potrebbe pensare che la dedolomitizzazione si sia verificata durante brevi e periodiche esposizioni subaeree dei sedimenti carbonati già in parte dolomitizzati. Queste ultime sono del resto molto probabili dato l'ambiente poco profondo in cui si sono depositi i sedimenti in esame.

4) *Dolomitizzazione totale.*

Questo stadio è messo chiaramente in evidenza da livelli di dolomia contenenti relitti di romboedri più o meno profondamente corrosi o alterati (Tav. I, figg. 3, 4, 5 e 6). Questi ultimi indicherebbero infatti che il processo di dolomitizzazione ha interessato sedimenti che in precedenza avevano subito parziali fenomeni di dolomitizzazione e di calcitizzazione. Non si può tuttavia escludere che la diagenesi dolomitica abbia anche interessato sedimenti calcarei che non avevano subito in precedenza alcun processo di dolomitizzazione. Inoltre la constatazione che i romboedri corrosi rappresentano nel complesso una piccola quantità rispetto alla massa della dolomia che li contiene indurrebbe a ritenere che durante questo stadio vi è stato un notevole apporto di Mg da parte di acque circolanti. Ad esso in particolare è da attribuirsi la principale fase di dolomitizzazione che ha originato i due potenti intervalli dolomitici.

### 5) *Parziale silicizzazione.*

Questo stadio è indicato da quarzo che parzialmente sostituisce e corrode i cristalli di dolomite zonati con il nucleo talora formato da precedenti romboedri alterati e corrosi (Tav. I, fig. 8). La quantità di silice precipitata è tuttavia piuttosto piccola ed è per lo più localizzata in alcuni livelli dell'intervallo di m 2700-4400.

Analogo fenomeno di silicizzazione posteriore alla dolomitizzazione è stato osservato da Dapples (1959) nella sequenza del Niagara Strata.

L'esistenza in uno stesso campione di plaghe in cui la dolomia sostituisce parzialmente il quarzo accanto a zone in cui il quarzo rimpiazza in parte la dolomia, lascia presumere che la silicizzazione sia determinata da una locale redistribuzione di silice già presente nella roccia. Infatti il Walker (1962) ha accertato che la sostituzione selce  $\rightleftharpoons$  carbonati è un processo reversibile che può ripetersi più di una volta nel corso della diagenesi.

### **Considerazioni sul processo di dolomitizzazione.**

I rari livelli di dolomia a grana finissima o afanitica, talora con strutture di tipo stromatolitico che si osservano negli intervalli di m 650-2050 e di m 2700-4400 del pozzo di Ugento 1, indicherebbero una dolomitizzazione penecontemporanea in analogia a quanto riscontrato da Friedman (1964), Shinn (1965) per i depositi attuali e da Bosellini (1965) per i sedimenti antichi. Questa dolomitizzazione si realizzerebbe su vasti ripiani intercotidali-sopracotidali sostituendo il sedimento calcareo in un tempo relativamente breve dopo la sua deposizione, come hanno dimostrato le recenti datazioni con il metodo  $C_{14}$ .

Le dolomie e le dolomie calaree a grana media che caratterizzano la maggior parte dei due intervalli dolomitizzati sopraccitati sono simili alle dolomie definite nella letteratura come secondarie o di sostituzione. Le dimensioni dei cristalli (50-300  $\mu$ ), la loro zonatura, la presenza a volte di relitti di romboedri corrosi lascierebbero presumere che queste dolomie secondarie si fossero originate in seguito al riflusso attraverso i sedimenti di acque ipersaline ad alto rapporto Mg/Ca soprattutto durante il secondo stadio di dolomitizzazione.

Analoga interpretazione è stata data da Deffeyes (1965) per le dolomie secondarie Plio-Pleistoceniche della Isola di Bonaire nelle An-



tille, da Newel (1953) ed altri per la dolomia del Permian Reef Complex del Texas. Adams e Rhodes (1960) affermano che questo tipo di dolomitizzazione sarebbe piuttosto comune ed avrebbe interessato sedimenti dal Paleozoico al Cretacico dell'America del Nord.

Per quanto riguarda le dolomie ed il pozzo di Ugento 1 l'esistenza di vicine zone intercotidali o sopracotidali o lagunari sembrerebbe avvalorata dalle intercalazioni di dolomie finissime con strutture stromatolitiche. Probabilmente nei periodi grosso modo corrispondenti ai due intervalli dolomitizzati esistevano verso Ovest ampi fondali sopracotidali-intercotidali o lagune (come indicherebbero, sia pure in distanza, le dolomie con stromatoliti e gessi del pozzo di Rotondella 4). Su questi fondali, in seguito alla forte evaporazione ed alla precipitazione del Ca sotto forma di gesso e di carbonato di calcio (aragonite), si formavano acque ipersaline ad alto rapporto Mg/Ca. Il riflusso di queste acque pesanti attraverso i sedimenti, sotto forma di migrazione laterale verso il mare, avrebbe determinato la dolomitizzazione secondaria. Alcuni di essi avevano già subito una parziale ed iniziale dolomitizzazione ed una parziale calcitizzazione.

La modalità, la durata con cui il riflusso delle acque ipersaline avrebbe attraversato i sedimenti e l'assenza in certi periodi del riflusso stesso potrebbero a nostro avviso giustificare l'esistenza degli intervalli calcarei parzialmente dolomitizzati.

In breve i possibili fattori che hanno limitato o impedito il processo di dolomitizzazione potrebbero essere così riassunti:

a) il riflusso delle acque ipersaline non è stato continuo dal Giurassico superiore al Cretacico superiore;

b) il riflusso delle acque ipersaline avrebbe probabilmente interessato zone abbastanza vicine alla superficie (non si potrebbe diversamente spiegare il banco di dolomie da m 0-70 di Ugento al tetto di 600 m di calcari friabili e porosi, solo parzialmente dolomitizzati);

c) il cambiamento della composizione delle acque di riflusso in seguito alla perdita di Mg ed all'aggiunta di Ca abbasserebbe il rapporto di Mg/Ca al di sotto dei valori necessari per la dolomitizzazione limitandone nel contempo l'estensione verso il basso (Adams, 1960);

d) la diversa permeabilità dei sedimenti calcarei determinerebbe percorsi preferenziali delle acque ipersaline che tenderebbero a migrare attraverso le zone più porose evitando quelle più compatte ed impermeabili (Adams, 1960).

E' difficile tuttavia stabilire, sulla scorta dei dati in nostro possesso, quale di questi fattori abbia giocato un ruolo più o meno importante nel limitare o impedire la dolomitizzazione in alcuni intervalli.

Il meccanismo di riflusso di acque ipersaline potrebbe rappresentare un processo naturale abbastanza comune e relativamente semplice. Esso, come sostengono Deffeyes ed altri (1965), avrebbe il vantaggio di riunire una sorgente ad altro contenuto di Mg con la forza di gravità che determinerebbe il movimento laterale di queste acque attraverso i sedimenti, spiazzando l'acqua interstiziale. Le uniche caratteristiche ambientali necessarie sono un clima arido, in modo che l'evaporazione superi le precipitazioni e la presenza di superfici piatte ed estese in prossimità del mare in modo da favorire ambienti inter-sopracotidali o di tipo lagunare.

Il processo di dolomitizzazione per riflusso di acque ipersaline sembrerebbe presente anche in altre zone della serie carbonata pugliese. Esso infatti potrebbe essere ipotizzato per la dolomitizzazione in profondità della scogliera giurese del Gargano attraversata dal pozzo di Foresta Umbra 1 (Mattavelli, Pavan, 1965).

### **Calcarei organogeni del Veneto.**

Questi calcari, appartenenti al Cretacico, formano estesi affioramenti nella zona compresa tra il Lago di S. Croce ed il medio corso del Torrente Cellina, dove sono noti come calcari a Rudiste. Si tratta di calcari organogeni (biomieriti-biomieruditi) a volte biancastri, vacuolari, non stratificati (episodi bioermali), ma per lo più in grossi banchi compatti (biostrome) e di calcari bioclastici costituenti il talus della scogliera nella zona del Lago di S. Croce (Ferrasin, 1958). Essi risultano in prevalenza composti da un ammasso di resti di Molluschi a volte ben conservati, ma per lo più ridotti in frammenti.

Lo studio dei processi diagenetici che hanno interessato detti frammenti è basato sull'esame al microscopio dei campioni di quattro serie: Val Cellina, Monte Cavallo, S. Croce, Maren e di alcuni campioni sparsi. Le prime due serie sono ubicate in corrispondenza della facies di scogliera, mentre le ultime due riguardano sequenze di calcari bioclastici di talus.

Nei logs petrografici di queste serie, riportate nella Fig. 3, vengono messi in particolare evidenza i due diversi tipi di resti di Molluschi, le caratteristiche del cemento di calcite spatica ed alcune strutture ritenute significative per l'interpretazione dei processi diagenetici.

### Descrizione petrografica.

Attraverso l'osservazione al microscopio ed in base agli studi di Bathurst (1964), i resti di Molluschi presenti nei calcari organogeni del Veneto possono essere distinti in due tipi a cui corrispondono, come si vedrà in seguito, due diverse modificazioni diagenetiche:

I tipo - Resti di Molluschi disciolti e riempiti da un mosaico di calcite di drusa.

II tipo - Resti di Molluschi ricristallizzati in situ.

*I Tipo* - Resti di Molluschi disciolti e riempiti da un mosaico di calcite di drusa.

Questi resti, come si può dedurre dall'esame dei logs petrografici, sono abbastanza frequenti nella serie della Val Cellina e di Monte Cavallo (zona di scogliera), ma sono piuttosto scarsi nella serie di Maren e S. Croce (zona esterna alla scogliera). Inoltre in alcuni livelli è significativa la loro associazione al cemento di calcite spatica a struttura sia granulare che fibrosa.

Le caratteristiche petrografiche di detti resti possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

a) il mosaico che riempie i resti di Molluschi è costituito da elementi cristallini chiari, a contorni granulari del diametro per lo più compreso tra 10 e 300  $\mu$ . Il mosaico in genere è caratterizzato dall'aumento delle dimensioni dei cristalli dai bordi verso il centro. Detto aumento è piuttosto brusco in prossimità dei margini in modo che i cristalli più piccoli sono concentrati alla periferia del mosaico stesso (Tav. II, figg. 9, 10 e 11);

b) i limiti fra i cristalli costituenti il mosaico sono netti e talora separati da superfici piane (Tav. II, fig. 10);

c) i singoli cristalli del mosaico presentano una netta estinzione e non risultano in genere offuscati da impurezze (Tav. II, fig. 10);

d) al centro del mosaico si osservano talora dei vacuoli verso i quali si sviluppano in forme euedrali i cristalli di calcite. Questi ultimi indicherebbero che il riempimento è stato solo parziale (Tav. II, fig. 9);

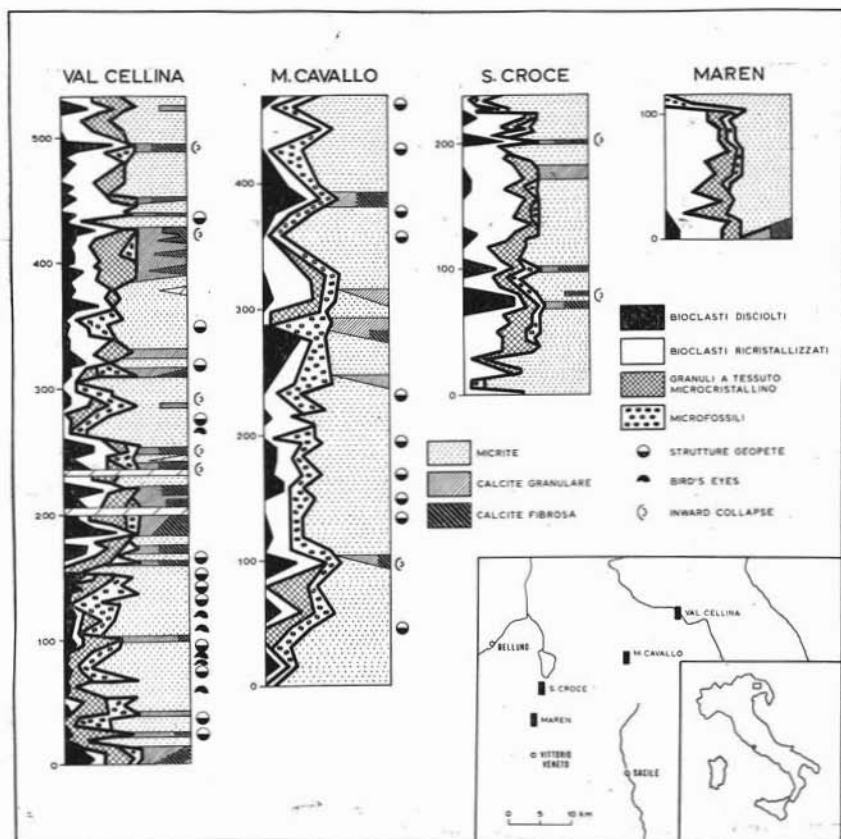
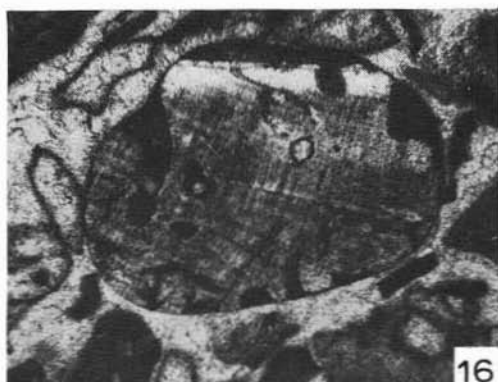
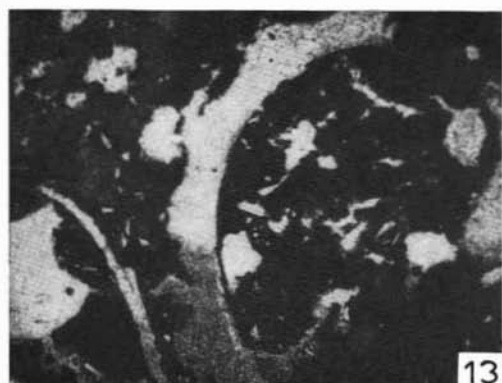
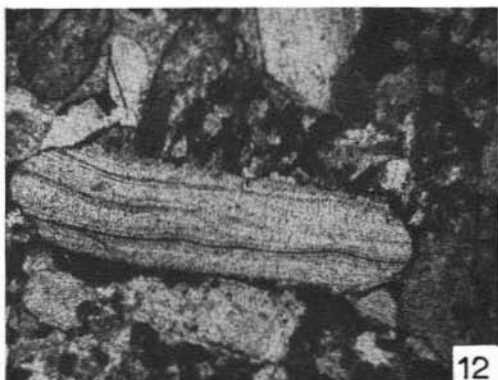
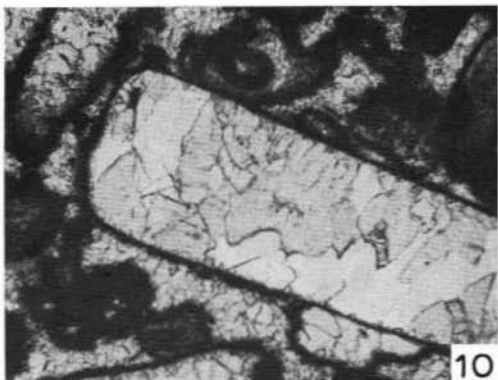
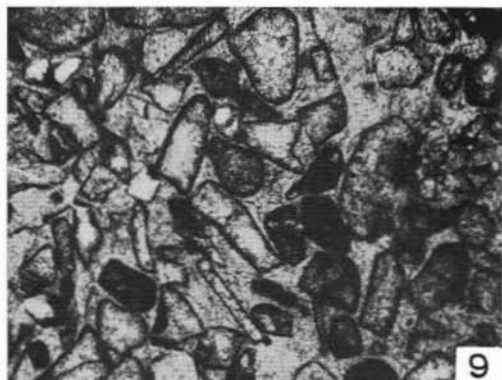


Fig. 3. — Logs petrografici relativi ad alcune serie dei calcari organogeni del Cretaceo (Veneto Centro-Orientale).

e) la maggior parte di questi resti è circondata da un involucro di micrite (micrite envelop) di spessore per lo più compreso fra 10 e 50  $\mu$ . Bathurst (1964) ha osservato che detti involucri si formano anche attualmente nell'ambiente di deposizione (Laguna di Bimini nelle Isole Bahama) e sono probabilmente determinati dall'attività di Alge perforanti (Tav. II, figg. 9, 10 e 11);

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II

- Fig. 9. — Biosparrudite: si notano alcuni frammenti di Molluschi riempiti parzialmente da calcite spatica e con vacuoli nella loro parte centrale. Sono evidenti l'aumento delle dimensioni dei cristalli dai bordi verso il centro e gli involucri scuri di micrite.  
Pian Cansiglio LM 18 (A) - ingr. 20.
- Fig. 10. — Biosparrudite: frammento di Mollusco disciolto e successivamente riempito da un mosaico di calcite spatica. Si noti il brusco aumento delle dimensioni dei cristalli dai bordi verso l'interno e l'involucro scuro di micrite (10-30  $\mu$ ).  
Monte Cavallo BG 1750 - ingr. 20.
- Fig. 11. — Biosparrudite: frammenti di Molluschi disciolti e riempiti da calcite spatica. Al centro della foto si osserva un involucro di micrite spezzato e schiacciato verso l'interno (inward collapse).  
S. Croce RP 674 - ingr. 20.
- Fig. 12. — Biomierudite intraclastica: grosso frammento di Mollusco ricristallizzato, caratterizzato da relitti di impurezze ed inclusioni che sottolineano l'originaria struttura organica.  
S. Croce RP 670 - ingr. 14.
- Fig. 13. — Biomierudite: resto di Lamellibraneo disciolto e riempito nella parte inferiore da micrite e da un mosaico di calcite spatica nella parte superiore (struttura geopeta).  
Monte Cavallo BG 1558/B - ingr. 25.
- Fig. 14. — Biomierudite: al centro e sulla destra della foto si notano due frammenti di Molluschi interessati da strutture geopete con micrite deposita meccanicamente nella parte bassa e con mosaico di calcite spatica nella parte alta.  
S. Donà di Piave 1 - m 1545-1548 - ingr. 7.
- Fig. 15 e 16. — Biosparrudite: grosso frammento di Mollusco ricristallizzato con evidente fenomeno di pseudopleocroismo per la presenza di inclusioni di natura organica (conchiolina ?).  
Pian Cansiglio LM 15 (a) - ingr. 20 - nicols paralleli.



f) in alcuni frammenti si nota che gli involucri di micrite sono spezzati e schiacciati verso l'interno (inward collapse di Bathurst). Questa constatazione è particolarmente significativa perchè dimostrerebbe l'esistenza di una cavità in un certo stadio della storia diagenetica (Tav. II, fig. 11);

g) piuttosto rara, ma molto importante, è la presenza, in corrispondenza di alcuni frammenti, di strutture geopete. Queste ultime sono caratterizzate da un deposito meccanico di micrite nella parte inferiore e da un mosaico di calcite spatica di origine chimica nella parte superiore (Tav. II, figg. 13 e 14).

## II Tipo - Resti di Molluschi ricristallizzati in situ.

I logs petrografici (Fig. 3) mettono in evidenza che questi resti sono in genere più abbondanti e diffusi dei precedenti soprattutto nelle serie relative ai calcari bioclastici di talus. Essi sono rappresentati da frammenti spesso arrotondati e di piccole dimensioni, ma talora da grossi esemplari ben conservati di Rudiste.

Qui di seguito vengono riassunte le loro caratteristiche petrografiche più significative:

a) il mosaico dei cristalli di calcite è in genere caratterizzato da impurezze ed inclusioni che sottolineano in modo più o meno evidente l'originaria struttura organica (Tav. II, fig. 12);

b) i cristalli del mosaico presentano dimensioni da 10 a 300  $\mu$  nelle forme granulari ed una lunghezza da 500  $\mu$  ad oltre 1 mm nelle forme colonnari;

c) i limiti tra i cristalli del mosaico sono curvi, seghettati, non ben visibili a nicols paralleli e raramente piani;

d) alcuni cristalli sono caratterizzati da un'estinzione ondulata;

e) talora i cristalli allungati si dispongono con il loro asse maggiore perpendicolarmente ai margini della conchiglia;

f) qualche volta il mosaico presenta un colore bruno ed è caratterizzato da uno pseudopleocroismo. Secondo Hudson (1962) detto pseudopleocroismo sarebbe causato dalla presenza di inclusioni di natura organica (conchiolina) (Tav. II, figg. 15 e 16);

g) dove i resti di Molluschi di questo tipo sono rivestiti da un involucro di micrite, quest'ultimo non presenta mai segni di schiacciamento.

### Considerazioni sulla diagenesi.

Le differenze petrografiche riscontrate nei due tipi di frammenti metterebbero in risalto due diverse modificazioni diagenetiche rappresentate da:

- a) soluzione del frammento originario e successivo riempimento della cavità con calcite (I tipo);
- b) ricristallizzazione in situ (II tipo).

In particolare nel I tipo di frammenti il processo di soluzione ed il successivo riempimento di calcite sarebbero comprovati dal mosaico di calcite di drusa, dalla cavità al centro dello stesso, dallo schiacciamento dell'involucro di micrite e dalla presenza talora in corrispondenza dei frammenti di strutture geopete. Quest'interpretazione troverebbe conferma negli studi di Bathurst (1964) che ha affrontato in dettaglio il problema della sostituzione dell'aragonite con calcite nei frammenti di Molluschi nei calcari del Carbonifero e del Giurassico dell'Inghilterra. Egli fra l'altro sostiene che lo schiacciamento dell'involucro di micrite ed il mosaico di calcite di drusa costituiscono i due principali elementi dell'ipotesi di sostituzione dell'aragonite dei Molluschi mediante un processo che in breve si può definire « sostituzione-deposizione ». A questo punto si sottolinea l'ulteriore contributo che può essere dato a favore di questa interpretazione dalla presenza delle strutture geopete. Queste ultime che vengono infatti concordemente ritenute dagli Autori riempimenti di cavità, rappresenterebbero pertanto, dove si sviluppano in corrispondenza dei resti di Molluschi, un'ulteriore conferma del processo di soluzione-deposizione segnalato da Bathurst. Ma anche dove le strutture geopete sono presenti nella massa di fondo di micrite, si è constatata la stretta analogia tra il tipo di mosaico della loro parte superiore e quello dei frammenti di Molluschi da noi riferiti al I tipo. Sembrerebbe perciò improbabile che questi due mosaici perfettamente uguali possano avere diverse origini. D'altra parte gli studi di Friedman (1964) sui calcari recenti rappresenterebbero un altro significativo contributo a favore dell'ipotesi di soluzione-deposizione. Egli infatti ha osservato che in seguito all'esposizione subaerea i frammenti di Molluschi di aragonite vengono disciolti e al loro posto rimangono delle cavità o impronte esterne (molds). Queste ultime sono



preservate da un involucro di micrite o da una sottile incrostazione di primitivo cemento intergranulare. Dette cavità sono successivamente riempite da calcite a basso contenuto di magnesio. Si ritiene probabile che una simile sequenza di eventi abbia interessato i resti di Molluschi dei calcari organogeni del Veneto da noi riferiti al I tipo.

Per quanto riguarda la composizione originaria dei resti di Molluschi del I tipo si ritiene che essa fosse rappresentata probabilmente da aragonite per le analogie petrografiche con gli studi sopracitati di Friedman (1964) e Bathurst (1964) che hanno affrontato il problema della trasformazione dell'aragonite in calcite nei Molluschi in termini generali.

Le analisi diffrattometriche ai raggi X, eseguite su alcuni campioni di calcari organogeni, hanno rilevato solo la presenza di calcite. Tuttavia questo fatto non è sufficiente per escludere l'esistenza dell'aragonite nel sedimento originario, in quanto quest'ultima è stata riscontrata nei sedimenti antichi solo dove i gusci di Molluschi sono inclusi in una matrice argillosa di bassa permeabilità (Bathurst, 1964). Nel nostro caso, data l'elevata porosità e permeabilità del sedimento originario e l'ambiente di deposizione poco profondo, si ritiene che l'aragonite ben difficilmente avrebbe potuto conservarsi.

Nel II tipo di resti di Molluschi i relitti di inclusioni e di impurezze, che sottolineano in maniera più o meno evidente l'originaria struttura della conchiglia, indicherebbero l'esistenza di un processo di ricristallizzazione in situ. Questa interpretazione risulterebbe del resto confermata, in accordo con Bathurst (1964), dai fenomeni di pseudo-pleocroismo determinati dalla presenza di materia organica, dalla mancanza delle fini strutture lamellari delle conchiglie originarie (Piveteau, 1952) ed indirettamente dall'assenza dei fenomeni di schiacciamento dell'involucro di micrite. La composizione originaria di questo secondo tipo di resti di Molluschi potrebbe essere rappresentata da aragonite o da calcite.

Secondo Bathurst (1964) sarebbe improprio definire inversione il processo di sostituzione dell'aragonite con calcite mediante ricristallizzazione in situ. Egli ritiene possibile che questo processo si sia originato col concorso di sottili pellicole di acqua attraverso le quali la materia poteva muoversi in soluzione.

\* \* \*

La dissoluzione dei frammenti di Molluschi avrebbe inoltre importanti conseguenze sulla litificazione e sulle caratteristiche petrofisiche della roccia, indipendentemente dal fatto, non ancora completamente provato, che la loro composizione originaria sia di aragonite o di calcite. Infatti dall'esame dei logs petrografici (Fig. 3) delle quattro serie, risulta evidente una certa relazione fra la calcite spatica, sia granulare che fibrosa, e la presenza dei resti di Molluschi disciolti e riempiti da un mosaico di calcite di drusa. Questo fatto è particolarmente significativo perchè rappresenterebbe la conferma su basi sperimentali dell'ipotesi di Bathurst che la soluzione dei frammenti di Molluschi possa costituire l'origine di gran parte del cemento presente in questo tipo di roccia. Infatti molti di questi frammenti, soprattutto quelli non rivestiti dall'involucro di micrite o non ricoperti da incrostazioni di primitivo cemento, possono essere stati disciolti senza lasciare traccia della loro presenza. D'altra parte, nei livelli delle serie esaminate, costituiti in prevalenza da resti del primo tipo, cementati da calcite spatica, le osservazioni petrografiche sembrerebbero indicare una possibile sequenza di litificazione analoga a quella riscontrata da Friedman (1964) nei sedimenti pleistocenici che potrebbe essere così sintetizzata:

- a) precipitazione di piccole quantità di cemento intergranulare (questo cemento potrebbe derivare dalla soluzione dei granuli di aragonite);
- b) soluzione dei resti di aragonite e formazione di cavità (queste ultime sono preservate dall'involucro di micrite e dal precedente cemento intergranulare);
- c) riempimento delle cavità con un mosaico di cristalli di calcite;
- d) ulteriore deposizione di calcite negli spazi intergranulari fino al loro totale riempimento.

Una simile sequenza di eventi durante la litificazione determinerebbe la progressiva eliminazione dell'originaria porosità intergranulare. Tuttavia si potrebbe creare, come del resto si riscontra in alcuni campioni (Tav. II, fig. 9), una porosità secondaria dove le cavità sono solo parzialmente riempite.

Il Bathurst (1964) accenna alla possibilità che in un calcare permeabile il carbonato derivante dalla dissoluzione dei Molluschi possa essere portato lontano dal sedimento d'origine determinando un notevole sviluppo di porosità secondaria.

Ulteriori studi sono necessari per stabilire le caratteristiche chimico-fisiche dell'ambiente in cui si è verificata la dissoluzione dei frammenti di Molluschi nelle quattro serie esaminate.

Come è stato in precedenza accennato, il Friedman (1964) ha osservato che analoghi fenomeni di dissoluzione dei frammenti organici di aragonite e la coeva sequenza di litificazione nei sedimenti pleistocenici sono determinati dall'azione di acque meteoriche (acide) durante esposizioni subaeree. L'Autore tuttavia ritiene che questi processi possano anche verificarsi nel sottosuolo dove siano presenti acque con le stesse caratteristiche di pH e di bassa salinità.

### Conclusioni.

#### A) *Serie calcareo-dolomitica del pozzo di Ugento.*

1) I vari tipi di calcari, più o meno dolomitizzati, sono caratterizzati da fenomeni di calcitizzazione o dedolomitizzazione, indicati per lo più da cristalli di dolomite corrosi, alterati e raramente da romboedri composti di calcite pseudomorfa su dolomite e da vacuoli di forma romboedrica. Secondo gli Autori detti fenomeni sarebbero determinati dall'azione di acque meteoriche in superficie o dalla penetrazione di queste in profondità.

2) Romboedri di dolomite corrosi, alterati, analoghi ai precedenti, si osservano anche nelle dolomie a grana fine e nei nuclei dei cristalli di quelle a grana media. Il riconoscimento di detti romboedri corrosi in alcuni livelli di dolomie assume una peculiare importanza perchè permetterebbe la ricostruzione della seguente sequenza diagenetica: *a*) parziale dolomitizzazione; *b*) parziale calcitizzazione (o dedolomitizzazione); *c*) dolomitizzazione totale.

3) La presenza di fenomeni di dedolomitizzazione è inoltre particolarmente significativa perchè consentirebbe di stabilire che il processo di dolomitizzazione si è realizzato in molti livelli in due stadi ben distinti. Fra l'altro detti fenomeni indicherebbero (se si accetta l'ipotesi degli Autori) che i sedimenti calcarei già parzialmente dolomitiz-

zati furono sottoposti all'azione di acque meteoriche in superficie o per la penetrazione di queste in profondità, durante periodiche esposizioni subaeree.

4) Il rinvenimento di cristalli di quarzo, che parzialmente sostituiscono i romboedri zonati con nuclei di precedenti cristalli, permette di riconoscere un limitato, parziale stadio di silicizzazione posteriore alla dolomitizzazione totale. Si tratterebbe di una locale redistribuzione della silice presente nella roccia determinata dalla reversibilità del processo di sostituzione selce-carbonati.

5) Un generico stadio di ricristallizzazione iniziale può essere ipotizzato sulla scorta di alcuni dati petrografici ed in base agli studi degli Autori su sedimenti attuali ed antichi. Pertanto la possibile sequenza diagenetica potrebbe essere così indicata: *a)* ricristallizzazione; *b)* parziale dolomitizzazione; *c)* parziale calcitizzazione; *d)* dolomitizzazione totale; *e)* parziale silicizzazione. Si precisa che, in particolari tipi litologici, alcuni stadi possono essere evitati oppure che, in altri, la diagenesi può essere limitata ad una sola parte della sequenza sopra indicata.

6) Ad esclusione dei rari livelli di dolomie finissime, originatesi probabilmente in seguito a dolomitizzazione penecontemporanea, la maggior parte delle dolomie a grana media, potrebbe essere riferita a quelle definite nella letteratura secondarie o di sostituzione. La loro origine è probabilmente da attribuirsi ad un processo di riflusso di acque ipersaline, ricche di magnesio, provenienti da lagune o da superfici sopracotidali analogamente a quanto riscontrato da Deffeyes (1965) nei sedimenti plio-pleistocenici delle Antille e da Newell (1953), Adams (1960) e da Altri nei sedimenti carbonati del Permiano della America del Nord.

#### B) *Calcarei organogeni del Veneto.*

1) Due diversi processi diagenetici (in accordo con Bathurst) sono messi in evidenza dalle caratteristiche petrografiche riscontrate nei resti di Mollushi dei calcarei organogenici del Veneto:

*a)* soluzione di un originario resto di aragonite e successivo riempimento della cavità con calcite. Questo processo è convalidato dal mosaico di calcite di drusa, dallo schiacciamento dell'involucro di micrite e dalla presenza di strutture geopete. Si sottolinea l'ulteriore contri-

buto a favore dell'ipotesi « soluzione-deposizione » fornita dalla presenza di strutture geopete;

b) ricristallizzazione in situ messa in evidenza dalla presenza di relitti di strutture organiche e delle caratteristiche dei singoli cristalli di calcite che compongono il mosaico.

2) Una significativa corrispondenza fra la presenza dei resti di organismi disciolti ed il cemento di calcite spatica è indicata dai logs petrografici, effettuati su quattro serie (Fig. 3). Essa rappresenterebbe la conferma dell'ipotesi di Bathurst che la dissoluzione di molti frammenti di Molluschi, dei quali non si conserva alcuna traccia, costituirebbe la principale sorgente del cemento presente in questo tipo di roccia.

3) La possibile sequenza di litificazione nei livelli con resti organici disciolti, cementati da calcite, sarebbe così rappresentata: a) deposizione di piccole quantità di cemento negli spazi intergranulari; b) soluzione dei frammenti organici con formazione di cavità; c) riempimento di queste cavità con un mosaico di calcite di drusa; d) ulteriore deposizione di calcite negli spazi intergranulari fino al loro totale riempimento.

La sopraccitata sequenza di eventi, se completa, determinerebbe la progressiva distruzione della primitiva porosità intergranulare. D'altra parte una porosità secondaria si può originare se le cavità prodotte dalla dissoluzione sono solo parzialmente riempite, cioè nel caso che la sequenza suddetta non risulti completa.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) ADAMS J. E. and RHODES M. L. (1960). *Dolomitization by seepage refluxion*. Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., V. 44, n. 12, pp. 1912-1920.
- (2) BATHURST R. G. C. (1958). *Diagenetic fabric in some British Dinantian limestones*. Liverpool & Manchester Geol. Journ., V. 2, pp. 11-36.
- (3) BATHURST R. G. C. (1964). *The replacement of aragonite by calcite in the Molluscan shell wall*. In: « Approaches to Paleocology », John Wiley & Sons, Inc., N. Y., pp. 357-376.
- (4) BAUSCH W. M. (1965). *Dolomitisierung und recalcitisierung in Frankischen Malm Kalken*. Neues Jahrb. Miner., Mf 75, pp. 75-82.
- (5) BOSELLINI A. (1965). *Analisi petrografica della « Dolomia Principale » nel Gruppo di Sella (Regione Dolomitica)*. Mem. Geopaleontologie dell'Università di Ferrara, Vol. 1°, fasc. II, n. 3, pp. 49-109.

- (6) CHAVE K. E. (1964). *Skeletal durability and preservation*. In: « *Approaches to Paleocology* ». Jhon Wiley & Sons, Inc., N. Y., pp. 377-387.
- (7) CHILINGAR G. V. (1957). *Classification of limestones and dolomites on basis of Ca/Mg ratio*. Jour. Sed. Petrology, vol. 27, pp. 187-189.
- (8) DAPPLES E. C. (1959). *The behavior of silica in diagenesis*. In: « *Silica in sediments* ». Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists Spec. Publ. n. 7, pp. 36-54.
- (9) DEFFEYES K. S., LUCIA F. J. and WEYL P. K. (1965). *Dolomitization of recent and Plio-Pleistocene sediments by marine evaporite waters on Bonaire, Netherlands Antilles*. In: « *Dolomitization and limestones diagenesis: A Symposium* ». Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. n. 13, pp. 71-88.
- (10) FAIRBRIDGE R. W. (1957). *The dolomite question*. In: « *Regional aspects of carbonate deposition* ». Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ., n. 5, pp. 125-178.
- (11) FERRASIN F. (1958). *Il complesso di scogliera cretaceo del Veneto Centro-Orientale*. Società Cooperativa Padova, pp. 1-54.
- (12) FOLK R. L. (1959). *Practical petrographic classification of limestones*. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., V. 43, pp. 1-38.
- (13) FOLK R. L. (1965). *Some aspect of recrystallization in ancient limestones*. In: « *Dolomitization and limestone diagenesis. A Symposium* ». Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. n. 13, pp. 14-48.
- (14) FRIEDMAN G. M. (1959). *Identification of carbonate minerals by staining methods*. Jour. Sedimentary Petrology, vol. 29, pp. 87-97.
- (15) FRIEDMAN G. M. (1964). *Early diagenesis and lithification in carbonate sediments*. Jour. Sedimentary Petrology, vol. 34, n. 4, pp. 777-813.
- (16) GEVIRTZ J. L. and FRIEDMAN G. M. (1966). *Deep sea carbonate sediments of the red sea and their implication on marine lithification*. Jour. Sedimentary Petrology, vol. 36, n. 1, pp. 143-151.
- (17) HUDSON J. D. (1962). *Pseudo-pleocroic calcite in recrystallized shell-limestones*. Geological Magazine, vol. XCIX, n. 6, pp. 492-500.
- (18) ILLING L. V., WELLS A. J. and TAYLOR J. C. M. (1965). *Penecontemporary dolomite in the Persian Gulf*. In: « *Dolomitization and limestone diagenesis. A Symposium* ». Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. n. 13, pp. 89-111.
- (19) LOWENSTAM N. A. and EPSTEIN G. (1957). *On the origin of sedimentary aragonite needles of the Great Bahama Bank*. Jour. Geology, vol. 65, pp. 364-375.
- (20) MATTAVELLI L. (1966). *Osservazioni petrografiche sulla sostituzione della dolomite con calcite (dedolomitizzazione) in alcune facies carbonate italiane*. Atti Soc. Ital. Sc. Nat. e Mus. Civ. Milano, Vol. CV, pp. 294-316.
- (21) MURRAY R. C. (1960). *Origin of porosity in carbonate rocks*. Jour. Sedimentary Petrology, vol. 30, n. 1, pp. 59-84.
- (22) MURRAY R. C. (1964). *Preservation of primary structures and fabrics in dolomite*. Approach to Paleocology, John Wiley & Sons, Inc., N. Y., pp. 388-403.

- (23) NEWELL N. D., RIGBY J. K., FISCHER A. G. ed altri (1953). *The Permian reef complex of the Guadalupe Mountains region, Texas and New Mexico*. In: «*Paleoecology*», W. H. Freeman, San Francisco, 236 pp.
- (24) PIVETEAU J. (1952). *Traité de Paléontologie*. Tome II, Paris, Masson et Cie., 785 pp.
- (25) SANDER B. (1951). *Contribution to the study of depositional fabrics. Rhythmically deposited Triassic limestones and dolomites*. A.P.P.G., Spec. Pubbl., Tulsa, pp. 1-160.
- (26) SCHMIDT V. (1965). *Facies, diagenesis and related reservoir properties in the Gigas Beds (Upper Jurassic), Northwestern Germany*. In: «*Dolomitization and limestone diagenesis: A symposium*». Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. n. 13, pp. 124-168.
- (27) SHEARMAN D. J., KHOURI J. and TAHAS (1961). *On the replacement of dolomite by calcite in some Mesozoic limestones from French Jura*. Proc. Geol. Assoc., London, vol. 72, pp. 1-12.
- (28) SHINN E. A., GINSBURG R. N. and LLOYD R. M. (1965). *Recent supratidal dolomite from Andros Island, Bahamas*. In: «*Dolomitization and limestone diagenesis. A symposium*». Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ., n. 13, pp. 112-123.
- (29) SWETT K. (1965). *Dolomitization, silicification and calcitization patterns in Cambro-Ordovician oolites from Northwest Scotland*. Jour. Sedimentary Petrology, vol. 35, n. 4, pp. 928-938.
- (30) TATARSKIY V. B. (1949). *Sulla distribuzione delle rocce nelle quali la dolomite è stata sostituita dalla calcite (in russo)*. Akad. Nauk, SSSR Doklady Tom. 101, n. 5, pp. 911-912.
- (31) WALKER T. R. (1962). *Reversible nature of chert carbonate replacement in sedimentary rocks*. Geol. Soc. America Bull., vol. 73, pp. 237-241.
- (32) WEYL P. K. (1960). *Porosity through dolomitization: conservation of mass requirements*. Jour. Sedimentary Petrology, vol. 30, pp. 85-90.
- (33) WEYL P. K. (1964). *The solution alteration of carbonate sediments and skeletons*. In: «*Approaches to Paleoecology*». John Wiley & Sons Inc. N. Y., pp. 345-356.