E. Andri (*), F. Zavatteri (**)

LE SEPTARIE DI MONTE MIGNANO E DE «IL DENTE» (COMPLESSO DI MONTE RAMACETO, APPENNINO LIGURE) (***)

Riassunto — Durante il rilevamento geologico del Complesso di Monte Ramaceto (Appennino Ligure) che ha permesso di definire l'inquadramento stratigrafico e tettonico di tale area (Andri, Zavatteri, in corso di stampa), è stata rinvenuta una particolare sequenza torbiditica ricca di quelle strutture sedimentarie definite con il nome di «septaria». Questo studio è un contributo alla conoscenza delle septarie in generale e dei processi sedimentari, geochimici e tettonici connessi con la loro genesi.

Le ricerche in campagna hanno dato modo di analizzare le peculiarità della sequenza che contiene queste particolari strutture, le loro variazioni morfologiche e dimensionali, nonché l'orientamento e la loro localizzazione all'interno della sequenza stessa. Le analisi di laboratorio hanno permesso di mettere in evidenza la differenza in composizione e tessitura delle septarie rispetto al tipo di sedimento inglobante. I campioni analizzati sono stati prelevati, in modo quasi puntiforme tramite foretto diamantato, da una septaria scelta fra le più rappresentative e precedentemente sezionata in due semisfere. Dal punto di vista chimico sono state eseguite calcimetrie, analisi chimiche complete ed analisi diffrattometriche mirate, che hanno fornito un quadro completo della composizione chimica e mineralogica di queste strutture nodulari. Per quanto riguarda le caratteristiche tessiturali è stato condotto uno studio basato sia sull'osservazione di sezioni sottili, sia su determinazioni al MES eseguite utilizzando «pastiglie» opportunamente trattate. Una particolare attenzione è stata rivolta alle modalità di riempimento delle fratture che costituiscono il reticolo di vene caratteristico di una septaria.

La sintesi di tutti i dati ottenuti ha richiesto la necessità di meglio definire, e quindi descrivere che cosa si intenda con il termine septaria.

Circa la genesi di queste strutture sedimentarie secondarie, vengono proposte due ipotesi che, diversamente da quanto generalmente riscontrabile in letteratura, prevedono entrambe almeno un evento dinamico sottomarino; tale evento è in parte responsabile della loro morfologia esterna. Il ruolo svolto dalla sostanza organica presente riveste un'importanza fondamentale per lo sviluppo di quel chimismo iniziale necessario all'esplicarsi di quei processi di accrezione e coalescenza responsabili della diagenesi precoce di porzioni di sedimento, nonché della migrazione di elementi all'interno della struttura durante la sua formazione.

^(*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Genova.

^(**) AGIP S.p.A.

 $^{(\}sp{***})$ Lavoro eseguito con i contributi del Min. della Pubblica Istruzione (Fondi 40%).

I cenni geologici della premessa hanno lo scopo di definire in un più ampio contesto il particolare ambiente in cui le septarie si sono originate e successivamente trasformate, lungo un arco di tempo che ha visto il susseguirsi di almeno tre fasi tettoniche deformative.

Abstract — The Septaria of Mt. Mignano and of «Il Dente» (Mount Ramaceto complex, Ligurian Apennines). The geological surveying of the Mount Ramaceto complex (Ligurian Apennines) enabled a stratigraphic and tectonic review to be made of this area (Andri, Zavatteri, in press). It revealed the presence of a peculiar turbidite sequence rich in sedimentary structures generally known as Septaria.

This study aspires to be a contribution to the knowledge of these Septaria by helping to understand the sedimentary, geochemical and tectonic implications relating to their formation.

Initial fieldwork allowed us to analyse characteristics of the sequence which contains these particular structures, i.e. morphology, size, orientation and location within the sequence. Laboratory analysis gave an indication of differential composition and texture of the Septaria when compared to the matrix. The samples used for the analysis were taken from a representative Septaria which had been cut in two.

Small cores were taken over a tightly spaced grid by means of a diamond edged saw. Chemical analysis (calcimetry) and X-ray analysis were performed in order to provide a complete detailed chemical and mineralogical composition of these nodules. Textural characteristics were studied by means of thin sections and by the 'SEM' method, which required the use of 'tabs'.

Particular attention has been paid to the study of the minerals which infill the fractures typical of Septaria.

The Septaria are secondary sedimentary structures for which two hypotheses regarding their formation are put forward. Both of which suggest a dynamic submarine event which has not been considered by previous work. This submarine event is also responsible for the external morphology of Septaria. The role of the organic matter present in the sediment is highly dependent on the development of the initial chemical composition. The composition was required in order to trigger those phenomena such as accretion and coalescence in the early diagenesis of part of the sediments and to migration of elements within the structure during its generation.

The brief geological synthesis in the preface has been made. This is in order to define more accurately this local environment (i.e. turbidite) in a larger geological setting covering a time period incorporating three main deformative tectonic phases.

Key words — Sedimentology, geochemistry, basin analysis, septarian concretions, turbidites, Ligurian Apennines.

PREMESSA

Durante un rilevamento geologico che ha accompagnato lo studio stratigrafico e tettonico del complesso di Monte Ramaceto (Appennino Ligure) gli Autori hanno potuto seguire un intervallo appartenente ad una particolare sequenza torbiditica ricca di quelle strutture sedimentarie che vanno sotto il nome di «septarie».

Le septarie rappresentano uno tra gli svariati tipi di noduli rin-

venibili con una certa frequenza all'interno dell'intervallo pelitico delle sequenze torbiditiche che costituiscono le Arenarie di Monte Ramaceto. Mentre le strutture nodulari cui accenneremo in seguito sono largamente diffuse in tutto il complesso, le septarie sono localizzate in una particolare sequenza del Monte Ramaceto che continua poi nel vicino Monte Mignano (Tav. I). L'interesse che ci ha portato a studiare in dettaglio tale fenomeno sedimentologico è legato soprattutto all'esistenza di queste strutture in un ambiente caratterizzato da vistosi fenomeni di risedimentazione nonché l'aspetto peculiare (notevole potenza e composizione) di tutta la sequenza in cui vengono rinvenute (Fig. 1).

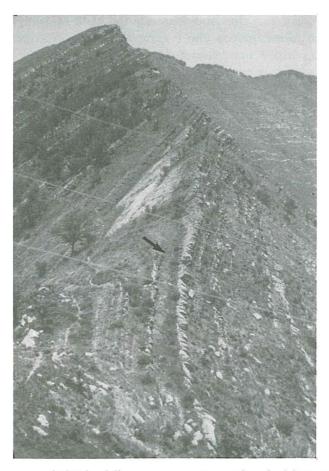


Fig. 1 - Sequenze torbiditiche della propaggine più meridionale del Monte Ramaceto (Passo del Dente), monotona alternanza di arenarie gradate quarzoso feldspatiche e di argilloscisti. Con la freccia viene indicata la sequenza a septarie.

Ricordiamo qui brevemente che le septarie si discostano dalle altre strutture nodulari per i loro caratteristici setti costituiti da calcite spatica che ne suddividono l'interno in porzioni grossolanamente poliedriche. È possibile osservare le septarie in due zone distinte dove il prevalere dell'azione erosiva dovuta ai processi di alterazione meteorica determina un'ottima esposizione degli affioramenti permettendo di seguire con facilità e con continuità l'orizzonte che le contiene.

La prima zona dove tale orizzonte si presenta ben visibile per un tratto di circa 1 Km di lunghezza, corrisponde al M.te Mignano che separa la valle di Orero, ad ovest, la val Cichero, a nord-est e la valle del Fossato di Barbarasco, a sud. L'orizzonte a septarie è localizzato sul versante sud-orientale del M.te Mignano e si estende lungo un allineamento che è sempre molto prossimo alla linea spartiacque; esso è osservabile dapprima sul versante rivolto alla Val Cichero, ad iniziare da quota 790 m, per poi trasferirsi sul versante opposto fino a raggiungere la vetta del M.te Mignano (973 m); da qui prosegue verso nord scomparendo ben presto sotto un'estesa coltre detritica.

Lo stesso orizzonte ritorna ad essere visibile più a nord, in una seconda zona dominata dalla caratteristica forma de «Il Dente», la propaggine più meridionale del M.te Ramaceto; qui l'orizzonte si allunga in direzione nord-sud, ed è possibile seguirlo senza interruzioni per circa 800 m; ad iniziare dalla sella del Passo del Dente (903 m) esso si innalza fino ad oltre 1000 m di quota affacciandosi sul ripido versante dell'omonimo monte; a nord, un conoide di deiezione sviluppatosi tra «Il Dente» ed il M.te Ramaceto ne interrompe l'osservazione, ed anche al di là di esso, dove le Arenarie di M.te Ramaceto riaffiorano, pur essendo la loro esposizione ottima, la sequenza a septarie non è più rintracciabile.

INOUADRAMENTO GEOLOGICO

Seguendo le denominazioni tratte dalla letteratura ed in base alle nostre osservazioni proponiamo, dandone qui di seguito una descrizione, ovviamente più estesa per quanto riguarda le Arenarie di Monte Ramaceto, la seguente successione delle unità litostratigrafiche appartenenti alla Formazione degli Scisti di Val Lavagna (Unità del Gottero proparte). Dal basso verso l'alto si succedono: gli Argilloscisti manganesiferi, le Arenarie di Monte Ramaceto ed in continuità

di sedimentazione con queste ultime gli *Scisti policromi*; al tetto dell'insieme le *Argilliti di Giaiette* (o *Giariette*). A questi termini, a nostro avviso, sicuramente in chiara successione non solo geometrica ma anche stratigrafica, vanno aggiunti, per completare il quadro geologico della zona, gli *Argilloscisti del rio del Liciorno* (vedi Andri e Zavatteri in corso di stampa) e gli *Scisti zonati* che presentano continuità stratigrafica tra loro. Questi ultimi due terreni fanno anch'essi parte complessivamente della Formazione degli *Scisti della* Val Lavagna; essi vengono tettonicamente a contatto con gli *Argilloscisti manganesiferi* e le *Arenarie di Monte Ramaceto*, rendendo pertanto difficile l'interpretazione dei loro originari rapporti (Fig. 4).

Argilloscisti manganesiferi

Gli Argilloscisti manganesiferi costituiscono il complesso di base su cui poggiano le Arenarie di Monte Ramaceto. A sud-ovest del Monte Mignano si presentano interessati da frequenti intercalazioni di siltiti, arenarie quarzoso-feldspatiche, calcarei silicei e marnomicriti talvolta fossilifere con microfaune di età hauteriviana [associazioni a: Ticinella sp., Globigerinelloides sp., Hedbergella infracretacea (GLAESSNER) var., Globigerinella ultramicra SUBBOTINA, Globigerinella sp.]. Con tale aspetto si ritrovano anche a nord del Monte Ramaceto dove costituiscono un piccolo affioramento, localizzato circa 1 Km a sud del paese di Acero, e tettonicamente incuneato tra gli Scisti zonati e le Arenarie di Monte Ramaceto.

Argilloscisti del rio del Liciorno

Gli Argilloscisti del rio del Liciorno affiorano a nord del M. Ramaceto e sono costituiti da masse pelitiche compatte di colorazione grigio-azzurra con frequenti intercalazioni di arenarie, marnomicriti e calcareniti quasi sempre interessate da fenomeni di slumping; la microfauna presente nei litotipi carbonatici indica un'età aptiana [associazioni a: Ticinella sp., Hedbergella sp., Hedbergella trocoidea (GANDOLFI), Globigerinelloides sp.].

Scisti zonati

Gli *Scisti zonati* sono costituiti da una fitta alternanza di sequenze finemente gradate a base calcarenitica di colore nocciola che sfuma in un intervallo argilloso grigio-piombo. Gli *Scisti zonati* così chiamati da Casella e Terranova (1963) a causa delle loro caratteri-

stiche cromatiche a bande alternate, sono in continuità di sedimentazione con i sottostanti *Argilloscisti del rio del Liciorno* e contengono intercalati verso il tetto intervalli arenitici del tutto identici a quelli costituenti la base delle sequenze delle *Arenarie di Monte Ramaceto*.

Considerazioni di tipo stratigrafico-petrografico e tettonico e l'analisi delle strutture sedimentarie ci inducono a considerare tutto questo insieme suddiviso in due complessi distinti, ciascuno facente capo ad indipendenti «fans» sottomarini confluenti nello stesso bacino e cioè: un primo complesso caratterizzato dagli Argilloscisti manganesiferi con le sovrastanti Arenarie di Monte Ramaceto ed un secondo costituito dagli Argilloscisti del rio del Liciorno e dagli Scisti zonati.

Arenarie di Monte Ramaceto

Le Arenarie di Monte Ramaceto sono costituite dalla sovrapposizione di un notevole numero di sequenze torbiditiche che iniziano con una base arenacea gradata e terminano con un intervallo argilloscistoso. La loro parte basale è caratterizzata da sequenze di esigua potenza in cui argilloscisti, arenarie e siltiti sono ripartiti in parti pressoché uguali. Essa si sviluppa, mantenendo inalterate le sue caratteristiche, per uno spessore di 150-200 m e termina quasi all'improvviso quando alle fitte alternanze iniziali si vengono a sovrapporre potenti sequenze; queste ultime sono costituite generalmente da più termini ed iniziano con un intervallo gradato, quasi sempre a granulometria grossolana cui fanno seguito altri tre intervalli, il primo e il terzo a laminazione parallela, il secondo a laminazione convoluta; il ciclo si conclude con un termine pelitico la cui potenza spesso raggiunge il 50% dell'intera sequenza. Nella parte superiore dell'intervallo pelitico si possono frequentemente rinvenire livelletti siltosi o di arenaria a grana fine, che insieme all'argilloscisto intercalato, rappresentano a loro volta delle piccole sequenze gradate interpretabili come fenomeni di «assestamento» che seguono la torbida principale concludendone il ciclo sedimentario; sempre in quest'ultimo intervallo è possibile constatare la presenza di noduli di composizione, forma, dimensione e colore variabili. Questi noduli si rinvengono solo negli intervalli argilloscistosi perfettamente omogenei e di discreta potenza (in genere superiore al metro) non caoticamente dispersi nell'insieme ma raggruppati ed orientati in modo tale da costituire un livello parallelo ai piani di stratificazione (vedi fig. 2).



Fig. 2 - Sequenza gradata, in serie rovesciata al tetto delle Arenarie di Monte Ramaceto. Le ultime sequenze presentano una certa percentuale in CaCO₃ riscontrabile nel cemento delle arenarie, nei noduli, negli argilloscisti che in conseguenza di ciò mostrano un'alterazione in scaglie più grossolane (versante est de «Il Dente»).

Tra le varie strutture sedimentarie osservabili sulle superfici di strato è possibile rinvenire frequenti «groove casts» ad andamento rettilineo (Fig. 3) o leggermente incurvato, rari «prod casts» ed altrettanto rari e di difficile interpretazione «frondescent casts».

Inglobati nelle arenarie si osservano «galets mous» costituiti da frammenti argillitici di forma ellissoidica che solo eccezionalmente superano i dieci centimetri. Sempre nelle arenarie si possono rinvenire porzioni di «strato», che possono raggiungere 50 cm di lunghezza generalmente costituiti da argilloscisti e da arenarie a grana più fine.

Scivolamenti gravitativi possono coinvolgere uno o più intervalli dando luogo a pieghe singole o multiple più o meno coricate e asimmetriche.

La variazione verticale nella potenza delle sequenze evidenzia la progradazione della conoide sottomarina sulle sue parti più antiche. Le sottili sequenze della «parte basale» corrispondenti a depositi di conoide esterna, come analogamente sostenuto da Casnedi (1983), vengono infatti sormontate dalla parte centrale della conoide



Fig. 3 - Controimpronta di solco di trascinamento (groove cast) ad andamento quasi perfettamente rettilineo, alla base di una sequenza rovesciata nelle *Arenarie di Monte Ramaceto*.

che è evidenziata da un rapporto argilloscisti/arenarie favorevole a queste ultime. La situazione nuovamente si inverte salendo verso il tetto delle *Arenarie di Monte Ramaceto* dove gli argilloscisti diventano predominanti; ciò individuerebbe l'attenuazione del fenomeno torbiditico i cui processi di risedimentazione continuano, anche se con caratteri molto meno vistosi, nei sovrastanti *Scisti policromi*.

Scisti policromi

Gli *Scisti policromi* sono costituiti da argilloscisti grigio-verdi che presentano caratteristiche lenti di colore rosso-vinato delimitate

da un alone verde; molto abbondanti le intercalazioni di siltiti e di arenarie gradate; al contrario rari sono i soletti di calcari silicei e di marnomicriti, talvolta fossiliferi a microfauna di età compresa tra l'Aptiano e l'Albiano [associazioni a: Hedbergella infracretacea, Globigerinella ultramicra SUBBOTINA, Hedbergella trocoidea (GANDOLFI), Globigerinelloides sp. (forma atipica), Ticinella sp. (forma atipica), Heterohelix sp.].

Argilliti di Giaiette o Giariette

Le Argilliti di Giaiette o Giariette, il terreno più recente affiorante, sono localmente costituite da due facies litologiche: gli Argilloscisti di Lurvega e, usando la terminologia introdotta da Fierro e Terranova (1963), gli Argilloscisti di Cichero. La prima è costituita da argilloscisti grigi, talora bluastri o verdi con intercalazioni frequenti di calcareniti, calcari marnosi e marne; ad essi sono associate arenarie quarzoso-feldspatiche e siltiti che diventano progressivamente più rare. La seconda rappresenta il corpo prevalente delle Argilliti di Giaiette ed è caratterizzata da argilloscisti grigio-bluastri ad elevata scistosità che inglobano calcareniti e marnomicriti. In entrambi i livelli le marnomicriti risultano a volte fossilifere con microforaminiferi di età albiano-cenomaniana [associazioni a: Hedbergella trocoidea (GANDOLFI), Ticinella sp. Planomalina buxtorfi (GANDOLFI) (forma atipica), Nodosaridi].

I rapporti geometrici tra i termini sopra menzionati, ricostruiti in base ai dati in nostro possesso e dalla letteratura, sono schematizzati in fig. 4; essi sono il risultato delle dislocazioni legate ad una prima fase deformativa che si è manifestata attraverso estesi movimenti di traslazione suborizzontale che hanno portato alla sovrapposizione dell'intera Unità del Gottero (della quale il Complesso di Monte Ramaceto fa parte) sulle altre Unità Liguridi.

Una seconda fase deformativa, sempre a carattere compressivo, ha determinato megastrutture di ordine di grandezza chilometrica (Pertusati e Horrenberger, 1975) di cui la sinclinale rovesciata della Val Cichero è una delle più evidenti; questa sinclinale subisce, proprio nell'area di affioramento delle septarie, una torsione che determina la rotazione del suo asse di circa 80° in senso orario. Come si può facilmente osservare nella tav. I, la sequenza a septarie si sviluppa sul fianco inverso di tale sinclinale dove è rinvenibile in gran parte con giacitura rovesciata.

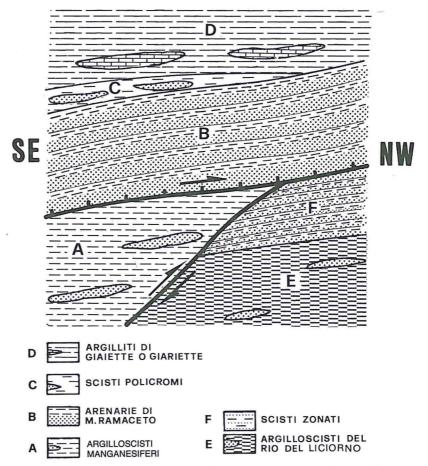


Fig. 4 - Schema interpretativo dei rapporti che intercorrono tra i terreni facenti parte del Complesso di Monte Ramaceto.

La storia deformativa del Complesso di Monte Ramaceto viene conclusa da un'ultima fase a stile distensivo che scompone in parte, attraverso faglie dirette, le strutture originatesi nelle due precedenti fasi.

LA SEQUENZA A SEPTARIE

Prendendo in considerazione la sequenza a septarie si può constatare come essa rappresenti un ciclo sedimentario di notevole potenza; a quota 900 metri del versante sud del Monte Mignano (Fig.

5) la sequenza in questione misura 4,5 metri circa di spessore, di cui 86 centimetri rappresentano la parte arenacea di base a granulometria variabile. Questi primi 86 centimetri sono a loro volta suddivisi in quattro intervalli rappresentati, dal basso verso l'alto, da 24 centimetri di arenaria a granulometria molto grossolana nettamente gradata, da 17 cm di arenaria a laminazione parallela, da 24 cm di arenaria fine a laminazione convoluta e infine da 21 centimetri di arenaria a granulometria molto fine (siltite) che si presenta nuovamente con laminazione parallela. L'intervallo pelitico, con i suoi 3,64 metri di spessore, rappresenta la parte preponderante dell'intera sequenza (80,8%) ed è costituito da un argilloscisto molto omogeneo; tale caratteristica di omogeneità, già evidente nell'osservazione di campagna, verrà confermata anche dalle analisi chimiche effettuate su vari campioni. Le uniche strutture presenti in questa porzione argilloscistosa sono le septarie, che, pur essendo lateralmente distribuite in modo non uniforme, identificano un livello approssimativamente localizzato a tre metri circa dalla base della sequenza. Questo allineamento fa supporre che l'evento dinamico che ha determinato la definitiva messa in posto della sequenza sia stato in parte imputabile ad un colamento gravitativo di sedimento dotato di un pronunciato grado di viscosità, ciò che spiegherebbe anche la loro localizzazione nella porzione medio-alta dell'intera sequenza e non alla sua base.

All'interno di tale intervallo pelitico argilloso, spostandoci lateralmente si osservano zone in cui le septarie si presentano con la loro morfologia caratteristica e zone in cui tale morfologia non viene raggiunta, dove cioè i processi di septarizzazione sembrano interrotti precocemente seguendo da un certo momento in poi un diverso tipo di evoluzione.

Mentre le septarie si trovano in prima approssimazione isoorientate, tanto che quelle di forma ellissoidica presentano sempre l'asse maggiore disposto parallelamente alle superfici di strato, i frammenti che noi abbiamo considerato in una delle ipotesi genetiche formulate come delle septarie abortite, sono disposti in modo caotico all'interno dell'intervallo pelitico e non si nota più alcun tipo di allineamento (v. fig. 10); inoltre troviamo anche forme nodulari non septate, alle quali sono associati, in totale commistione, elementi quasi lastroidi deformati da fenomeni di carico ed interessati da piccole pieghe di tipo fluidale. Septarie tipiche e septarie abortite non si osservano mai insieme, pur essendo entrambe contenute nella stessa sequenza, tanto che il passaggio laterale tra zone che

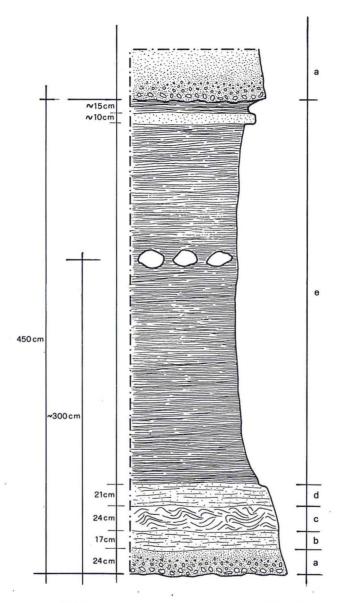


Fig. 5 - Sequenza torbiditica a septarie misurata a quota 900 m (versante sud del M.te Mignano). La sequenza che qui misura 4,5 m circa può essere ritenuta, come potenza e come successione degli intervalli, rappresentativa di tutto l'andamento della sequenza a septarie. Come si può notare nei primi 86 cm sono rappresentati i 4 intervalli gradati (a b c d) della sequenza di Bouma (1962) mentre l'intervallo pelitico (e) con i suoi 3,64 m di spessore costituisce la parte preminente dell'intera sequenza. All'interno di questo intervallo le septarie sono localizzate con distribuzione laterale non uniforme in una fascia situata a circa 3 m dalla base della sequenza.

contengono questi due gruppi distinti di strutture avviene attraverso porzioni argillitiche che ne sono pressoché prive. Per concludere la descrizione dell'intera sequenza a septarie, vanno anche segnalati sottili livelli centimetrici di arenaria a grana molto fine localizzati al tetto dell'intervallo pelitico separati tra loro da intercalazioni argilloscistose leggermente più potenti (da 5 a 10 cm). Sono osservabili ovunque, e come già accennato li riteniamo il risultato dei fenomeni di chiusura del ciclo sedimentario.

Nelle due zone di affioramento (M.te Mignano e «Il Dente») sia la potenza dello strato che le strutture sedimentarie osservabili presentano tali caratteristiche comuni da farci ritenere senza dubbio che si tratti della stessa sequenza, anche se la presenza di locali ricoprimenti detritici e l'esistenza di una discontinuità tettonica in corrispondenza del passo del Dente, ne interrompono la continuità laterale.

DEFINIZIONE DI SEPTARIA

Occorre ora precisare meglio il significato del termine septaria, in quanto in letteratura esso viene usato talora impropriamente, ad indicare tipi di strutture che, almeno geneticamente, hanno poco a che fare tra loro e che sono accomunate semplicemente da una morfologia esterna di tipo sferoidale o grossolanamente ellissoidica. Tali strutture possono contenere suddivisioni interne di varia origine, vuote o riempite in modo parziale o totale (ci riferiamo soprattutto ai geodi ed alle strutture nodulari in genere, anche se in prima approssimazione le septarie potrebbero essere incluse in queste ultime). Nell'accezione più comune si ritiene, con la voce septaria, di indicare «una struttura sedimentaria secondaria a forma subglobosa, di marne od argille cementate, attraversata da vene di calcite o di alabastro, piane, incrociate, sporgenti in superficie, derivate dal riempimento di fratture; spesso un geode ne occupa il centro». Questa è la definizione più comune di septaria, riportata anche da Man-ZONI (1968).

I setti sono spesso molto più resistenti del sedimento all'erosione atmosferica e finiscono con l'emergere dalla superficie esterna fino a creare, ad erosione selettiva ultimata, una morfologia che mostra la robusta impalcatura scheletrica dovuta alla fitta intersecazione delle vene di riempimento delle fratture: tale struttura viene indicata con il termine di «melikaria» (vedi anche Vanossi, 1967).

Fermo restando il concetto che per septaria intendiamo un sedimento coerente e settato, possiamo tentare qui di dare un nuovo significato al termine, partendo dalle osservazioni che si riferiscono alla morfologia, alla presenza di setti che giungono ad interessare anche la superficie esterna della struttura o che ne interessano solo l'interno ed infine esaminando il riempimento delle fratture e la loro genesi. È chiaro, da quanto riscontrato in bibliografia, che non si tratta né di un fenomeno molto raro né attribuibile ad una determinata età geologica: si trovano infatti septarie di varie età, come testimoniano i nuclei che in alcuni casi sono costituiti da fossili quali Ammoniti, Gasteropodi, ecc. Proprio per questo risulta difficile, se non impossibile, inquadrare i parametri fisico-chimici e biologici che possono definire l'ambiente in cui esse si sono formate. Esistono probabilmente delle variabili che, anche se apparentemente ed in prima approssimazione non ne modificano l'aspetto finale, determinano però sottili diversità. La morfologia, ad esempio, può variare anche notevolmente, come può variare la composizione dell'insieme. come pure si può differenziare il modo di cristallizzare della calcite nel riempimento delle fratture, creando generalmente vene di calcite spatica. Queste ultime possono giungere, come dicevamo prima, fino alla superficie esterna o possono essere interne, senza cioè avere collegamenti con l'esterno, come se la struttura, da un certo momento in poi, lungo la sua storia diagenetica, si comportasse come un sistema chiuso. Come già accennato, spesso si trova al centro o spostato rispetto ad esso, un nucleo costituito da frammenti organici quali porzioni di gusci calcitici od aragonitici, che in casi eccezionali possono essere interi, perfettamente conservati e quindi riconoscibili. Talora tale nucleo può aver subito un rapido processo di dissoluzione dando luogo ad un vuoto. Generalmente troviamo queste strutture associate a sedimenti marini che le inglobano ma che non necessariamente ne ricalcano la composizione; si tratta in genere di sedimenti argillosi, marnosi e pelitici di varia età. La nostra proposta è di riservare il termine septaria a quelle particolari strutture secondarie che presentano le caratteristiche seguenti: morfologia esterna di tipo sferoidale, ellissoidale od a «focaccia»; composizione argillosa, marnosa o più raramente micritica; separazione interna dovuta alla presenza di setti radiali che possono, o no, interessare la superficie esterna; setti ad andamento grossolanamente parallelo a tale superficie, costituiti dal riempimento di fratture da parte di calcite spatica pura o più o meno arricchita in Mg ed in Fe; eventuale presenza di un nucleo che può essere anche parzialmente o totalmente disciolto, situato grossolanamente al centro della struttura.

PRECEDENTI IPOTESI SULLA GENESI DELLE SEPTARIE

Le ricerche ed i lavori riguardanti la problematica delle septarie sono riconducibili sostanzialmente a due orientamenti di pensiero, uno più diretto è rivolto allo studio della loro morfologia e della loro composizione per giungere ad un'ipotesi sulla loro genesi, l'altro si riferisce soprattutto alle modalità di riempimento delle fratture e quindi alla composizione delle vene delle septarie stesse. Quest'ultimo argomento è anche legato sia alla problematica di tutti i cementi interstiziali, sia ai meccanismi diagenetici che regolano la litificazione di sedimenti non ancora compattati fino all'eliminazione della porosità ed alla completa cementazione di molti calcari di origine marina.

Nelle septarie in genere si notano due sistemi di fratture; di esse le più importanti arrivano ad interessare tutta la septaria e si allungano in senso radiale allargandosi verso il centro della struttura; queste giungono fino ad interessare la superficie della septaria stessa costituendo, una volta riempite, un'impalcatura scheletrica spesso più resistente dell'insieme. Il secondo sistema di fratture è grossolanamente parallelo alla superficie esterna della struttura ed ha quindi un andamento tendenzialmente concentrico, intersecando il sistema di fratture di tipo radiale. Ne risulta in sezione, un andamento poligonale che ha generato notevoli discussioni sulla sua messa in posto e sulla sua origine. Da un lato abbiamo una scuola di pensiero che tende a considerare la formazione di questi due sistemi di fratture, e quindi delle septarie stesse, in relazione a fenomeni di contrazione del sedimento (CROOK, 1913; RICHARDSON, 1919; LIP-MANN, 1955; RAISWELL, 1971; LINDHOLM, 1974). Altri Autori pensano piuttosto ad un'espansione della superficie esterna di tali strutture durante il processo diagenetico (vedi Topp, 1913). Per quanto diremo poi, le modalità di apertura di queste fratture è secondo noi imputabile ad un fenomeno leggermente più complesso, in cui possono agire contemporaneamente i due fenomeni: contrazione secondo un dato verso e dilatazione secondo il verso normale a quello di contrazione.

La maggior parte degli Autori che si sono occupati di queste strutture sedimentarie così peculiari si sono poi soffermati a lungo sull'interpretazione e sul modo di verificarsi del processo di riempimento delle fratture che determina il reticolo di vene. Questo processo di riempimento segue necessariamente i fenomeni di cristallizzazione del CaCO₃ sotto forma principalmente di calcite che assume abito cristallino morfologicamente diversificato a seconda degli elementi che l'accompagnano, quali il Mg ed il Fe, come messo in evidenza dal lavoro di Lindholm (1974) ed in base alla velocità del processo di riempimento delle vene stesse.

Coloro che si sono occupati in modo più specifico della genesi delle septarie tendono a considerarle un fenomeno legato alla trasformazione di sedimenti marini argillosi, ricchi di allumina e tendenzialmente profondi in cui i principali fattori in gioco dopo il seppellimento sarebbero riconducibili all'aumento della temperatura e della pressione. In altre parole si tratterebbe di un fenomeno prettamente statico, in cui i fenomeni di accrezione e litificazione sarebbero imputabili oltre che ai fattori fisici soprammenzionati, anche a circolazione interstiziale con comunicazioni verso l'esterno della struttura in via di formazione.

Non risulta però chiaro il processo primario che ha consentito ad una porzione di sedimento, sia pure attraverso il tempo, ad opera di accrezione e coalescenza fra gli elementi che lo costituivano, di litificare con maggiore rapidità in modo da differenziarsi dal resto del sedimento; risulta ancora meno chiaro il processo che conduce tali strutture ad assumere una forma grossolanamente sferoidale od ellissoidica, se non si ammette la presenza di un centro da cui si dipartono, con andamento centrifugo, questi fenomeni di differenziazione.

La presenza del sistema di fratture sarebbe sufficiente a creare un'impalcatura scheletrica solida adatta a conferire una differenziazione nel sedimento e sostenere quindi la struttura che ne deriva, ma si sa che tali riempimenti e fratture devono essere secondari o solo in parte sovrapponentisi al fenomeno di differenziazione all'interno del sedimento che deve essere quindi primario, sempre che si ipotizzi un fenomeno statico all'origine e non piuttosto un fenomeno legato ad un ambiente dinamico. In tale caso la genesi della struttura potrebbe, anche se solo con larghissima approssimazione e solo per quelle dotate di un nucleo centrale, essere riconducibile ai processi che regolano la formazione di granuli rivestiti. È ovvio che una simile teoria non regge in quanto da un lato esistono septarie che raggiungono dimensioni considerevoli (circa 2 m per quelle di Moeraki, descritte da Boles, Landis e Dale, 1985), mentre d'altro

lato si ha la presenza dei setti radiali. Inoltre si dovrebbe necessariamente ipotizzare un ambiente notevolmente dinamico, che contrasterebbe con le ipotesi di crescita sopra esposte.

Le septarie dei Monti Mignano e «Il Dente» (Complesso di Monte Ramaceto)

DESCRIZIONE E DISCUSSIONE DEI DATI

Nell'ambito della sequenza torbiditica nella quale si rinvengono le septarie, l'intervallo argillitico che le ingloba (Figg. 5, 6) presenta

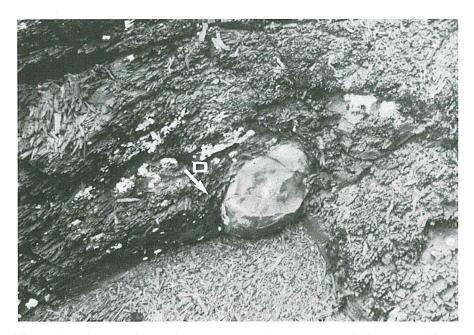


Fig. 6 - Septaria parzialmente fratturata ancora in posto; si noti la frazione argillitica che la ingloba e la sua degradazione sotto forma di piccoli frammenti allungati chiamati anche «coltellini». La freccia indica il campione D.

un tenore pressocché costante in SiO₂ (interpretabile come quarzo detritico e fillosilicati anch'essi di origine detritica) che oscilla attorno all'80%, mentre corrispondentemente si riscontra un basso contenuto in carbonati (calcite-dolomite-ankerite) anch'esso però costante

e che varia di poco attorno all'8%. Per quanto si riferisce alla sostanza organica si hanno tenori molto bassi che non superano il 2%.

Questi valori si avvicinano notevolmente a quelli riscontrati nella crosta (Figg. 7, 8) che avvolge le septarie: 73% in SiO₂, 7,03%



Fig. 7 - Modo di presentarsi della superficie esterna di una septaria dalla caratteristica forma a focaccia proveniente dalla zona de «Il Dente» (propaggine meridionale del Monte Ramaceto); ×0,4.

in carbonati e lo 0,8% in sostanza organica oltre ad una certa aliquota in Fe ed in Mn responsabile delle ricche digitazioni dendritiche e pigmentazioni osservabili: nel complesso essi si discostano invece dai valori che riscontriamo sia nelle septarie sia in quei frammenti riconducibili ad uno «strato» smembrato e che in prima ipotesi abbiamo ritenuti ricollegabili alla genesi stessa delle septarie (septarie mai giunte a maturità od «abortite»). Tali valori si discostano anche dalla composizione di quel livello arenitico che nella porzione argillitica con septarie della sequenza torbiditica si presenta verso il tetto della stessa (vedi figg. 5, 9).

Dobbiamo quindi pensare ad una sequenza composita nella sua potenza, in cui l'uniformità è rappresentata dall'episodio complessi-

vamente più cospicuo costituito dal deposito argillitico. È chiaro che nella messa in posto della sequenza avranno giocato fattori legati

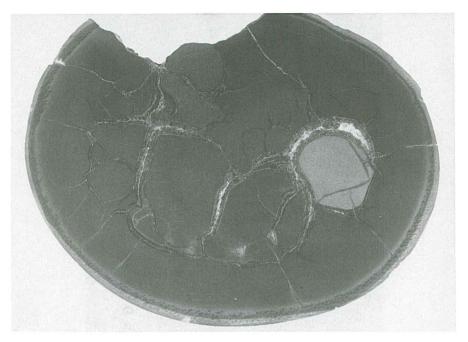


Fig. 8 - Septaria sezionata lungo il suo piano equatoriale. Oltre alla crosta esterna si nota il reticolo di vene nonché un nucleo o nodulo più chiaro situato in posizione eccentrica: ×0.4.

più alle caratteristiche del sedimento trasportato che non alla competenza del trasporto. Quello che possiamo dire con una certa sicurezza è che il materiale che entra in gioco in tutta la sequenza è lo stesso. Abbiamo cioè gli stessi materiali che compongono le strutture principali e che costituiscono gli «incidenti» all'interno dell'intervallo argillitico. Infatti l'arenite a frazione legante micritico-argillosa che troviamo alla sommità della sequenza (Fig. 5), contiene sotto forma di granuli detritici, gli stessi elementi che rinveniamo nelle septarie, mentre il contenuto delle porzioni di strato smembrato (Fig. 10) risulta ancora più equiparabile a quello delle nostre septarie.

Come composizione e contenuto le septarie potrebbero aver avuto origine verosimilmente o da frammenti dello strato o dagli strati composizionalmente ad esse più simili, in cui il processo di «septa-



Fig. 9 - Porzione superiore della sequenza torbiditica a septarie (Monte Mignano); visibile in basso una septaria ancora in posto nella frazione argillitica (campione E) ed in alto (indicato dalla freccia) un livello arenitico a frazione legante micritico-argillosa al tetto della sequenza (campione B).

rizzazione» soprattutto nella sua fase dinamica, non ha potuto giungere alla sua completezza, o ad un fenomeno, almeno in parte, totalmente diverso.

Metodi di studio

Per raccogliere il maggior numero di informazioni sulla struttura interna e sulle caratteristiche mineralogiche, chimiche e tessiturali delle septarie di Monte Ramaceto e di Monte Mignano abbiamo

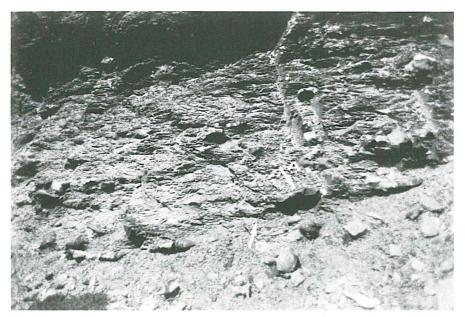


Fig. 10 - Frammenti sparsi (septarie abortite?, campione A) visibili nella sequenza torbiditica a septarie; il campione C proviene dalla frazione argillitica inglobante. Versante orientale de «Il Dente».

usato il seguente metodo di studio: scelta una septaria dalle caratteristiche tipiche e con morfologia ricorrente l'abbiamo tagliata secondo il suo piano equatoriale ottenendo due semisfere leggermente schiacciate. Mentre una delle semisfere è stata conservata intatta per osservazioni macroscopiche, l'altra (speculare alla prima) è stata utilizzata per una serie di indagini di dettaglio sulla composizione e tessitura nonché sulla localizzazione e sviluppo spaziale del reticolo di fratture riempite da calcite spatica. Dopo aver inglobato la semisfera in gesso sono state ricavate otto carote del diametro di 16 mm e di altezza variabile (vedi fig. 11).

Come primo risultato si è potuta avere così un'idea dell'andamento spaziale delle vene di calcite spatica all'interno della struttura soprattutto per quelle ad andamento subparallelo alla superficie esterna della septaria. Le piccole carote sono state quindi divise a metà dopo il prelievo di alcuni sottili dischetti (alcuni millimetri di spessore, vedi fig. 12) che sono stati in seguito utilizzati per indagini al microscopio elettronico a scansione; le due porzioni cilindriche ottenute sono state quindi divise longitudinalmente lungo il loro asse. In tal modo da ciascuna carota abbiamo ottenuto due dischetti e quattro porzioni semicilindriche (vedi fig. 12); di queste ultime,

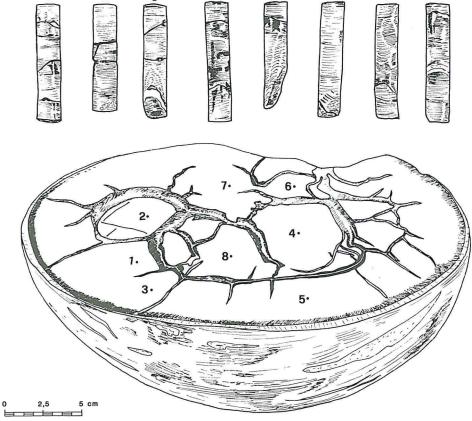


Fig. 11 - Visione prospettica della semisfera ottenuta sezionando secondo il suo piano equatoriale una septaria tra le più rappresentative. I numeri indicano le posizioni di prelievo delle carote corrispondenti, usate per le analisi di dettaglio. Le carote 3 e 5 sono state eseguite passanti allo scopo di poter determinare anche la tessitura e la composizione della «crosta».

due sono state utilizzate per la confezione di sezioni sottili mentre le altre due, contrapposte alle prime, sono state macinate per ottenere polveri da utilizzare per analisi calcimetriche, analisi chimiche complete ed analisi diffrattometriche a raggi x. Precisiamo subito che nelle porzioni da macinare e polverizzare sono state preventivamente eliminate le eventuali vene presenti in modo da non alterare i dati chimici riguardanti la pasta di fondo.

Analisi della crosta esterna della septaria sono state fatte o con prelievo diretto o con l'utilizzazione dell'apice di alcune carote passanti (vedi fig. 11, carote 3 e 5). Con questo modo di procedere si sono ottenute informazioni quasi puntiformi sulla distribuzione dei

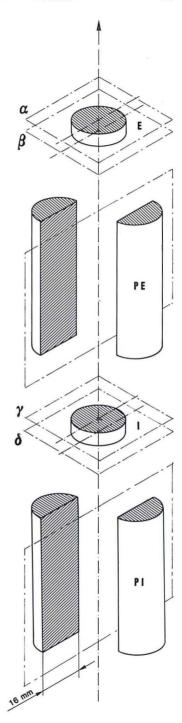


Fig. 12 - Metodologia usata per l'utilizzo delle carote. Da ciascuna carota sono state ottenute due pastiglie per osservazioni al M.E.S. e 4 porzioni semicilindriche utilizzate per la confezione di sezioni sottili e di polveri come da descrizione nel testo.

E) Pastiglia esterna ricavata dalla porzione superiore della carota, la sua faccia superiore corrisponde quindi al piano equatoriale di taglio della septaria.

I) Pastiglia interna ricavata dalla porzione mediana della carota.

PE; PI) Corrispondono rispettivamente alle parti semicilindriche esterna ed interna dalle quali sono state ricavate le polveri. granuli detritici all'interno della septaria, sulle variazioni di tessitura e sulle diversificazioni composizionali al suo interno.

Osservazioni al microscopio ottico

Dallo studio delle sezioni sottili, tralasciando per il momento l'esame del contenuto delle vene che verrà trattato in seguito, possiamo dire che le septarie sono costituite da una pasta di fondo microcristallina costituita principalmente da fango micritico, da sostanza organica dispersa, nonché da minerali argillosi (vedi fig. 13). Questa pasta di fondo fa da supporto a granuli per la maggior parte

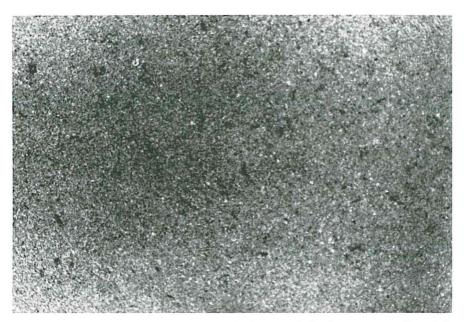


Fig. 13 - Come si presenta in sezione sottile la pasta di fondo microcristallina della septaria; essa è costituita principalmente dalla commistione di fango micritico, sostanza organica dispersa e minerali argillosi; ×135.

detritici, raramente sotto forma di aggregati, più facilmente sotto forma di singoli cristalli che presentano spigoli vivi, denotando quindi, in prima analisi, uno scarso trasporto. La presenza, però, di strutture fluidali all'interno, la disomogeneità nella distribuzione dei granuli con condensazioni e rarefazioni fino alla loro scomparsa, ci portano a pensare ad un trasporto di tipo fluido, come avviene in una

flussotorbidite a media o ad alta densità, per cui durante il trasporto non vi sarebbero state interrelazioni tra i granuli o contatti di sorta, ciò che spiegherebbe perché i granuli detritici che presentano spigoli arrotondati sono in netto subordine (Fig. 14). Sovente si no-

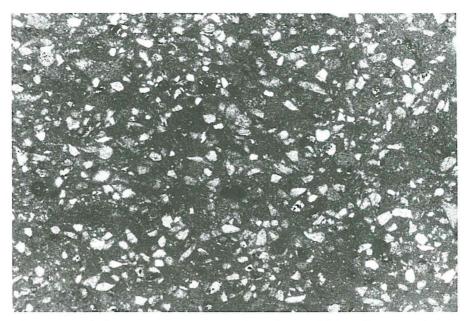


Fig. 14 - Granuli detritici di varia natura (principalmente Calcite e Quarzo) variamente distribuiti ed immersi nell'insieme microcristallino della pasta di fondo; ×135.

tano bande che si differenziano nell'insieme di fondo per la notevole concentrazione di granuli presenti; in esse i granuli mantengono una certa equidistanza tra loro e tendono ad orientarsi secondo direzioni preferenziali. Spesso queste bande si interrompono bruscamente o tendono, attraverso la rarefazione percentuale dei granuli a sparire con gradualità. Come conseguenza, anche nel breve spazio di una sezione sottile (vedi figg. 15 e 16), si possono notare plaghe totalmente prive di granuli che sono contigue ad altre che invece ne sono ricche.

I granuli, in ordine percentuale decrescente, sono costituiti da calcite, quarzo, dolomite, clorite (in parte dovuta all'alterazione della biotite, in parte proveniente da altri minerali femici) da muscovite e biotite, nonché da aggregati spigolosi di chamosite. Un'osservazione interessante è che tutti questi minerali detritici presentano attacco più o meno consistente da parte della calcite che tende a



Fig. 15 - Addensamenti casuali a bande di granuli detritici nell'insieme di fondo microcristallino costituente la septaria; ×65;



Fig. 16 - Distribuzione con concentrazioni anomale dei granuli detritici, la maggior parte dei quali presenta spigoli vivi, nell'insieme di fondo microcristallino costituente la septaria; ×135.

sostituire a partire dai bordi tutti i granuli compreso il quarzo (la silice probabilmente passa in soluzione a partire dal bordo esterno del cristallo e viene sostituita da CaCO₃ (v. anche Larsen e Chilingar, 1967).

Fenomeni analoghi sono stati riscontrati anche nei clasti costituenti l'arenite a tetto della sequenza. In alcuni cristalli di ankerite si è notato che questa sostituzione è accompagnata da espulsione del Fe, che cristallizza tutto attorno in minuscoli cristalli di magnetite.

Osservazioni al microscopio elettronico a scansione

Le osservazioni al microscopio elettronico a scansione sono state fatte su pastiglie prelevate dalle carote ottenute (vedi fig. 12) che sono state trattate prima della metallizzazione con un leggero attacco acido per ripristinare il rilievo dopo lucidatura (Andri, 1980). L'esame ha confermato la tessitura microcristallina della pasta di fondo come già si era visto in sezione sottile. Sono state notate plaghe a ricristallizzazione incipiente, con la presenza di cristalli idiomorfi di calcite di maggiori dimensioni (vedi fig. 17), nonché cristalli detritici di fillosilicati e di quarzo che presentano fenomeni di corrosione e deposito superficiale di aggregati di minuscoli cristalli di calcite (vedi figg. 18, 19 e 20), come era già stato osservato nelle sezioni sottili. Sono stati anche notati cristalli di quarzo di neoformazione (vedi fig. 21).

Analisi calcimetriche, chimiche e diffrattometriche

Come già precedentemente accennato, le calcimetrie e le analisi chimiche complete sono state fatte sulle polveri ricavate da metà delle carote estratte previa eliminazione delle vene di calcite spatica presenti. Di ciascuna carota riportiamo due risultati che corrispondono rispettivamente alla porzione superiore ed alla porzione inferiore della stessa (vedi fig. 12). I risultati riguardanti le calcimetrie [Tabb. 1(a) e 1(b); fig. 22] e quelli riguardanti il CaO, la SiO₂, l'Al₂O₃ e l'MgO [Tabb. 1(a) e 1(b)] sono stati riassunti nei diagrammi delle figure 23 e 24. Tali risultati mettono in evidenza, in accordo con i dati calcimetrici, come la concentrazione del CaO diminuisca spostandoci dal nucleo verso la superficie esterna della septaria. I valo-



Fig. 17 - Aggregato di cristalli idiomorfi di Calcite dovuti a fenomeni di incipiente ricristallizzazione dell'insieme microcristallino di fondo (identificazione con microanalisi semiquantitativa eseguita con MES+EDAX).

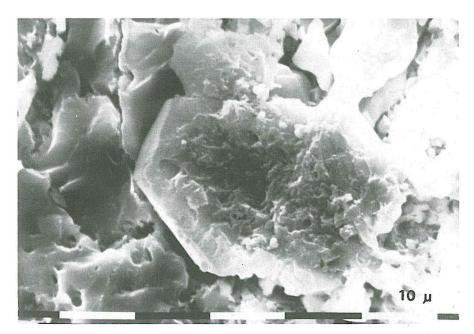


Fig. 18 - Fillosilicato detritico che presenta l'attacco delle facce cristalline ad opera della calcite che vi si deposita in minuscoli aggregati (identificazione con microanalisi semiquantitativa eseguita con MES+EDAX).

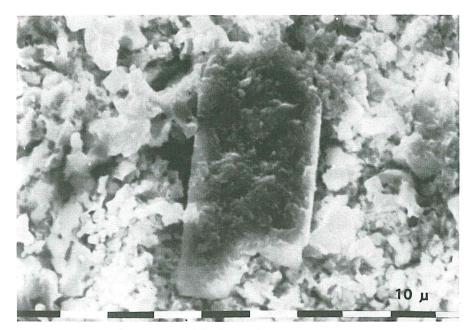


Fig. 19 - Fenomeni di corrosione della faccia di un cristallo detritico di quarzo (identificazione con microanalisi semiquantitativa eseguita con MES+EDAX).

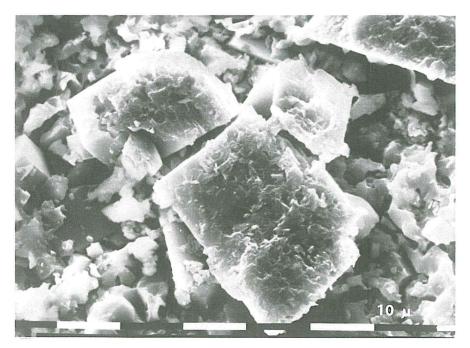


Fig. 20 - Superficie di un cristallo di quarzo detritico che presenta evidenti fenomeni di corrosione ad opera della calcite (identificazione con microanalisi semiquantitativa eseguita con MES+EDAX).

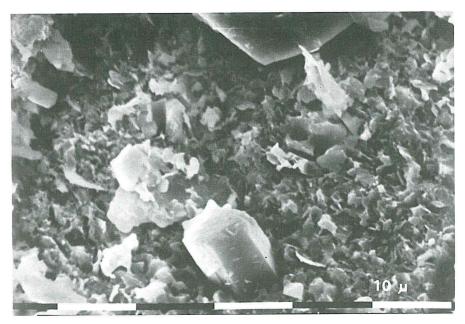


Fig. 21 - Dall'aggregato di piccoli cristalli prevalentemente calcitici della frazione di fondo emerge un cristallo di Quarzo di neoformazione (porzione inferiore della fotografia); identificazione con microanalisi semiquantitativa eseguita con MES+EDAX.

ANALISI CALCIMETRICHE

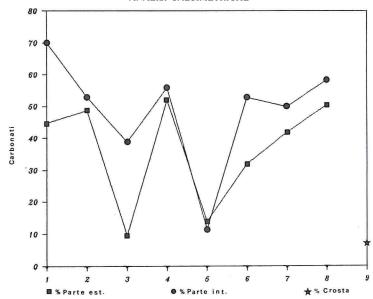


Fig. 22 - Analisi calcimetriche delle carote estratte dalla septaria (v. fig. 11). In ascisse sono riportati i numeri delle carote cui corrispondono i due valori relativi alla parte interna e alla parte esterna (v. fig. 12), mentre in ordinate sono riportati i valori in percentuale dei carbonati. Ovviamente la crosta dà un unico valore.

TABELLA 1(a)

CAMP.	1 Pe	1 Pi	2 Pe	2 Pi	3 Pe	3 Pi	4 Pe	4 Pi
SiO ₂	5,00	29,00	0,67	20,20	40,00	55,12	32,20	35,84
Al_2O_3	0,71	4,00	0,50	3,50	5,00	15,00	1,60	2,80
Fe ₂ O ₃	2,40	2,00	0,50	2,50	5,00	5,18	1,80	2,10
CaO	39,00	30,00	27,00	21,20	18,15	3,50	28,16	25,30
MgO	7,10	5,00	21,00	6,50	5,00	2,00	2,80	3,50
Na ₂ O	2,90	0,10	2,00	2,00	1,00	3,00	1,10	2,00
K ₂ O	5,60	0,50	3,10	3,15	2,00	1,00	0,90	1,00
CO ₂	37,00	27,30	45,00	27,60	18,00	4,20	27,80	24,50
C	0,60	3,00	4,08	12,15	4,00	8,17	3,00	2,87
$H_2O +$	0,10	0,20	0,10	0,70	0,60	1,00	0,20	0,10
MnO	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
P_2O_5	0,10	0,60	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,10
TiO ₂	0,10	0,30	0,10	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10
Calcimetrie:	70,00	44,77	53,03	48,20	38,77	9,52	55,91	52,30

TABELLA 1(b)

CAMP.	5 Pe	5 Pi	6 Pe	6 Pi	7 Pe	7 Pi	8 Pe	8 Pi	9 = crosta
SiO ₂	56,00	50,00	47,00	57,00	38,00	48,00	38,00	27,00	73,00
Al_2O_3	10,00	15,00	3,00	5,00	4,00	3,00	2,00	4,00	2,00
Fe ₂ O ₃	5,10	3,00	2,80	2,10	1,50	1,80	1,80	1,50	2,20
CaO	5,07	6,15	20,00	15,00	27,00	20,00	29,00	28,00	6,00
MgO	3,00	4,15	4,00	4,00	2,00	4,00	3,50	5,00	3,00
Na ₂ O	1,00	2,00	0,10	0,20	0,10	0,40	0,10	0,30	0,30
K ₂ O	2,00	0,80	0,60	0,75	0,50	0,40	0,40	0,30	0,40
CO ₂	6,00	8,90	18,70	13,50	21,00	18,50	25,50	28,50	4,50
C	8,00	6,18	2,00	1,80	3,00	2,00	0,50	0,60	0,80
$H_2O +$	0,80	1,00	2,00	1,00	0,80	0,90	0,80	0,70	2,10
MnO	0,10	0,10	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10	0,20	0,90
P_2O_5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10
TiO ₂	0,20	0,30	0,60	0,30	0,40	0,30	0,10	0,10	0,40
Calcimetrie:	11,36	13,75	52,88	31,19	49,94	41,79	58,30	50,50	7,03

Tabb. 1(a)-1(b) - Valori delle analisi chimiche complete eseguite sulle carote estratte dalla septaria e su un campione di crosta. Pe=parte esterna, Pi=parte interna. In calce sono riportati i valori calcimetrici.

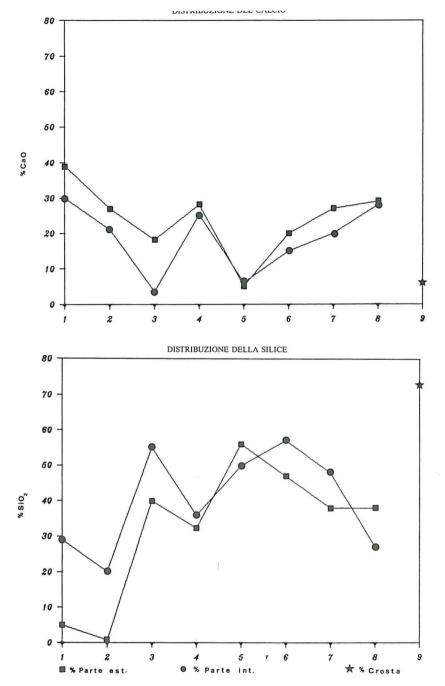


Fig. 23 - Distribuzione del CaO e della SiO_2 nelle 8 carote estratte. Come si può notare di ciascuna carota abbiamo due valori che corrispondono rispettivamente alla parte esterna ed alla parte interna della stessa (v. fig. 12). Ovviamente il camp. 9 (crosta) dà un unico valore.



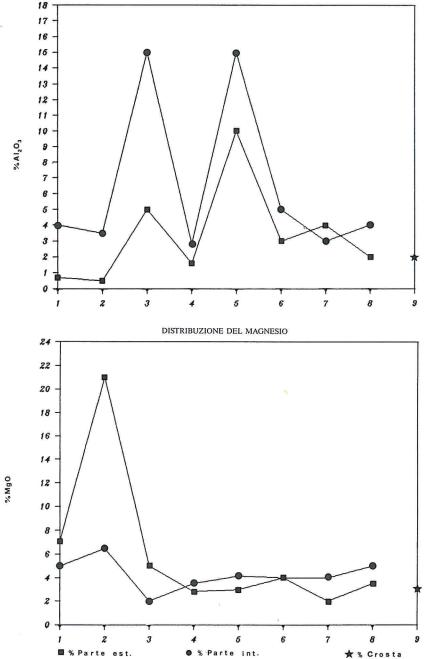


Fig. 24 - Distribuzione di Al_2O_3 e di MgO nelle 8 carote estratte. Come si può notare di ciascuna carota abbiamo 2 valori che corrispondono rispettivamente alla parte esterna e alla parte interna della stessa (v. fig. 12). Il campione 9 (crosta) è rappresentato da un unico valore.

ri in SiO₂ risultano più alti rispetto a quelli del CaO sia nella parte interna che in quella esterna delle carote; per la silice si assiste inoltre all'inversione della tendenza riscontrata per il calcio con concentrazioni che aumentano gradualmente dall'interno all'esterno della septaria (Fig. 25). Il contenuto in ossido di alluminio varia da un

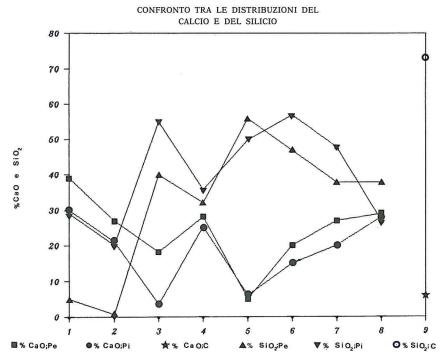


Fig. 25 - Confronto tra le distribuzioni di calcio e silicio nelle 8 carote campionate. In ascisse i numeri corrispondenti alle carote estratte più un campione di crosta (9). In ordinate i valori percentuali di CaO ed SiO₂: due per ogni carota perché corrispondenti alla parte esterna (Pe) e alla parte interna (Pi).

minimo dello 0,50% ad un massimo del 15% con un graduale incremento dal nucleo verso la superficie esterna della septaria. Tali osservazioni sono confermate da quanto possiamo riscontrare sul piano equatoriale (piano-sezione) della septaria stessa; infatti man mano che ci stacchiamo dal centro della septaria riscontriamo anche in questo caso un incremento dell'ossido di calcio in senso centripeto mentre corrispondentemente assistiamo all'aumento graduale della silice in senso centrifugo. Il rapporto CaO/MgO raggiunge i valori più bassi (maggiore concentrazione in MgO) nei tre punti più vicini

al centro (vedi fig. 11 carote 4, 7 e 8) ed aumenta gradualmente in senso centrifugo.

TABELLA 2

CAMP.	Α	В	C	D	E
SiO ₂	55,00	55,73	81,00	80,00	77,50
Al_2O_3	3,00	4,00	2,00	2,00	8,00
Fe ₂ O ₃	0,90	0,90	0,80	1,00	0,80
CaO	12,00	14,85	3,50	5,05	4,50
MgO	8,00	3,00	4,00	3,00	2,00
Na ₂ O	0,40	0,10	0,30	0,40	0,50
K₂O	0,10	0,30	040	0,30	0,20
CO ₂	17,50	14,92	6,50	6,80	4,90
C	3,00	5,00	1,00	2,00	0,80
H ₂ O+	0,10	0,80	0,10	0,20	1,00
MnO	0,10	0,10	0,20	0,10	0,20
P_2O_5	0,20	0,10	0,10	0,10	0,20
TiO ₂	0,10	0,20	0,10	0,40	0,20
Calcimetrie:	38,50	32,77	7,19	7,78	7,11

Tab. 2 - Valori delle analisi chimiche complete eseguite su campioni raccolti nell'intervallo argillitico della sequenza a septarie (Figg. 6, 9 e 10).

Le analisi chimiche della parte corticale hanno messo in evidenza una netta differenza di composizione rispetto ai valori medi della parte interna della septaria. Si nota infatti un deciso impoverimento in CaCO₃ (6%), un contenuto molto basso in sostanza organica (C=0,8%) ed un incremento nella frazione silicea che raggiunge il 73%. L'analisi diffrattometrica (Tab. 3) conferma i dati analitici evidenziando il quarzo come fase cristallina dominante e segnalando la presenza di calcite solo in tracce. Sempre nella tabella 3, a conferma di quanto risulta dalle analisi calcimetriche e da quelle chimiche, sono riportati i valori delle analisi diffrattometriche di alcune carote tra le più rappresentative.

Oltre a queste analisi riguardanti la septaria nel suo insieme sono stati esaminati: la frazione argillosa inglobante ad immediato contatto con septarie in posto (vedi fig. 6, camp. D e fig. 9, camp. E); un brandello di «strato» (septaria abortita?) e la relativa frazione inglobante (vedi fig. 10, rispettivamente campioni A e C) nonché un campione proveniente dal livelletto arenitico a tetto della sequenza complessiva (v. fig. 5 e fig. 9, camp. B). Parimenti dei campioni A, B, C, D, E sono state eseguite analisi calcimetriche, chimiche e dif-

frattometriche i cui dati sono stati riassunti nelle tabelle 2 e 4 e nei diagrammi delle figure 26, 27 e 28.

TABELLA 3 - Analisi diffrattometriche di carote estratte dalla septaria e di una porzione di crosta.

Minerale 	Camp. 2 Pé	Camp. 2 Pi	Camp. 3PE	Camp. 3PI	Camp. 6PE	Camp. 6PI	Crosta
Calcite	dominante	dominante	tracce	tracce	accessorio	tracce	tracce
Quarzo	accessorio	dominante	dominante	dominante	dominante	dominante	dominant
Dolomite	dominante	dominante	accessorio		accessorio	accessorio	
Plagioclasio	tracce	tracce				tracce	tracce
Kaolinite	tracce	tracce	tracce	tracce		tracce	tracce
Clorite	tracce	tracce	tracce	tracce		tracce	tracce
Illite							tracce

TABELLA 4 - Analisi diffrattometriche di campioni prelevati nell'intervallo argillitico della sequenza a septarie.

Minerale 	Camp. A	Camp. B	Camp, C	Camp. D	Camp. E
Calcite	accessorio	dominante	tracce	accessorio	tracce
Quarzo	dominante	dominante	dominante	dominante	dominante
Dolomite	dominante	tracce			
Plagioclasio		tracce	tracce	tracce	tracce
Kaolinite	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce
Clorite	tracce	tracce	accessorio	accessorio	accessorio
Illite	tracce	tracce	accessorio	accessorio	accessorio

Tabb. 3, 4 - Fasi cristalline evidenziate dalle analisi diffrattometriche a raggi X eseguite rispettivamente, su alcuni fra i campioni più rappresentativi estratti dalla septaria e sui campioni raccolti nell'intervallo argillitico della sequenza a septarie.

Da quanto risulta, i campioni raccolti nell'intervallo argillitico della sequenza a septarie hanno rivelato una sostanziale costanza composizionale anche nei campioni prelevati a stretto contatto con septarie ancora in posto; infatti il tenore in SiO₂ varia dal 77,5% all'81% mentre il CaO si mantiene su percentuali comprese tra 3,5 e 5,5%. I risultati analitici sopra esposti e confermati dai dati diffrattometrici mettono in evidenza per i campioni C, D ed E, la notevole differenza di chimismo che vi è tra questi campioni e la composizione delle septarie, mentre risulta confermata, per i campioni A e B provenienti rispettivamente da un brandello di porzione di «strato» (septaria abortita?) e da un frammento dell'«interstrato» arenitico al tetto della sequenza, una certa affinità con la composizione delle septarie.

Modalità di messa in posto delle fratture e loro riempimento

Le fratture da noi riscontrate ed il loro orientamento fanno pen-

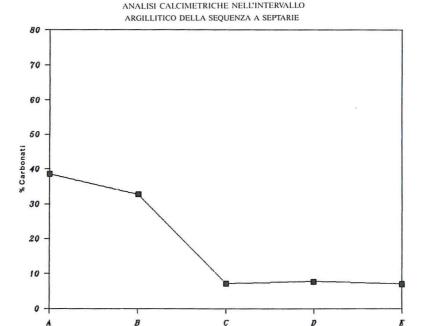


Fig. 26 - Analisi calcimetriche dei campioni raccolti nell'intervallo argillitico della sequenza a septarie (Figg. 6, 9 e 10).

sare a fenomeni di compressione dovuti a carico e quindi a seppellimento avvenuto; tali fenomeni daranno luogo a contrazione nella direzione del carico (e quindi normalmente alle lamine di sedimentazione) e, parallelamente allo schiacciamento della struttura, a fenomeni di dilatazione che determineranno le principali fratture riscontrabili all'interno, nonché un probabile aumento della porosità generale. Tutto questo può avvenire sia sotto stress di carico, come prima accennato, attraverso il solo processo di seppellimento e con le modalità sopra descritte oppure, anche ad opera di uno o più processi di stress tettonico, in una fase tendenzialmente tardiva dei processi diagenetici. Probabilmente i due fenomeni hanno potuto anche sovrapporsi durante il tempo, creando così complessi fenomeni di ricristallizzazione, reazioni intergranulari nonché fenomeni di neoformazione (vedi figg. 17 e 21).

Il riempimento delle vene da parte della calcite avviene a partire dalle superfici interne delle fratture e con una velocità di crescita dei cristalli più o meno equivalente; in alcuni casi i cristalli si congiungono al centro, in altri sembra che la cristallizzazione ed il riempimento della frattura parta da una sola delle due superfici

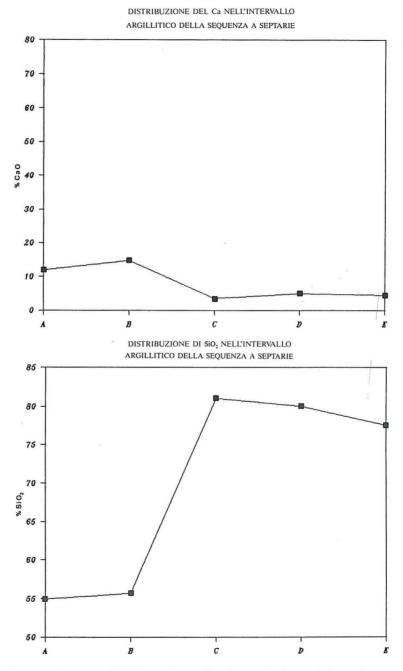
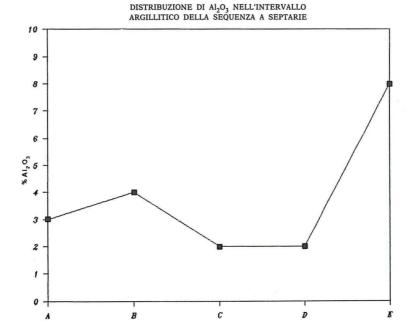


Fig. 27 - Distribuzione di CaO e SiO_2 in alcuni campioni raccolti nell'intervallo argillitico della sequenza a septarie (Figg. 6, 9 e 10).



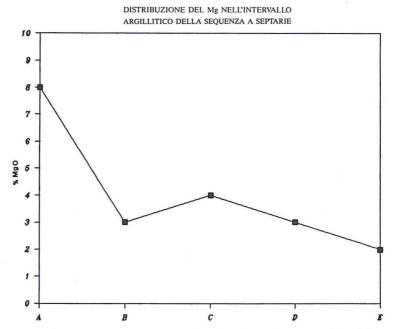


Fig. 28 - Distribuzione di ${\rm Al}_2{\rm O}_3$ e di MgO in alcuni campioni raccolti nell'intervallo argillitico della sequenza a septarie (Figg. 6, 9 e 10).

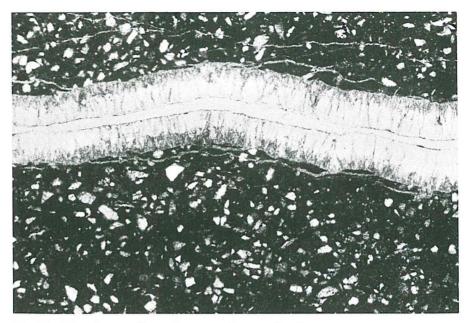


Fig. 29 - Riempimento di una frattura ad opera di calcite spatica (carota n. 2 parte sup.). I cristalli di tipo colonnare diventano più limpidi dalla periferia verso il centro della vena dove è peraltro ben visibile la frattura ad andamento quasi perfettamente mediano di seconda generazione, riempita da Silice opalina; ×135.

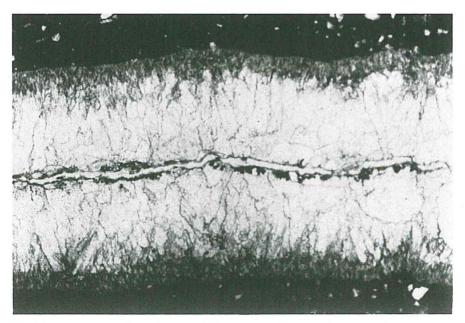


Fig. 30 - Vena di maggiori dimensioni che presenta lo stesso fenomeno di riempimento descritto nella fig. 32 e in cui sono ben visibili i bordi della frattura di seconda generazione; ×135.

interne; il risultato finale comunque è dato da un insieme di cristalli che, inizialmente di piccole dimensioni e sporchi per la presenza di sostanza organica diffusa, diventano più limpidi e di maggiori dimensioni verso il centro della vena. Si passa così da una tessitura fibrosa e colonnare ad una tessitura granoblastica con tendenza spesso all'idiotopica. Oltre all'abito cristallino varia anche la grandezza dei cristalli di calcite spatica e la loro limpidezza aumenta per la perdita delle impurità che potrebbero solo interessare i bordi dei cristalli. La presenza di una maggior quantità di Mg rispetto al Fe conferisce un colore marrone alla calcite, mentre la presenza di una maggior quantità di Fe la rende più limpida verso il centro della vena (Dix e Mullins, 1987). Le vene di calcite spatica mostrano sovente un fenomeno molto interessante costituito da una frattura che si estende lungo tutto il loro sviluppo con un andamento quasi perfettamente mediano. Si tratta senza dubbio di un fenomeno secondario al riempimento della frattura; infatti i cristalli di calcite spatica tendono a formare una vena ad andamento uniforme anche se la variazione della tessitura interna è quella sopra descritta. Si può osservare infatti, dove i cristalli sono di maggiori dimensioni, che essi sono rotti in modo quasi mediano e parallelamente alle superfici interne della frattura di prima generazione, tanto che l'abito completo di ciascun cristallo è ancora riconoscibile nei due frammenti ai lati della frattura di seconda generazione (Fig. 29).

Queste fratture vengono a loro volta riempite da silice opalina, che al contatto con i cristalli di calcite spatica del riempimento primario (rotti dalla frattura di seconda generazione), forma un caratteristico bordo che viene spesso (Fig. 30) evidenziato dalla presenza di Fe e Mn. Non vi è dubbio che si debba ipotizzare che le vene con il loro riempimento di calcite spatica abbiano reagito come linee di minor resistenza rispetto all'insieme del sedimento microcristallino dotato di una certa porosità interstiziale residua e si siano fratturate sollecitate da un fenomeno di stress manifestatosi sotto forma distensiva ed in fase tardodiagenetica. La silice opalina avrebbe quindi saldato il tutto veicolandosi nelle nuove fratture, seguendo il loro sviluppo in modo pressoché contemporaneo. Questi due tipi di fratture con i relativi diversi riempimenti potrebbero essere messi in relazione, secondo noi, con i due principali fenomeni tettonici che hanno interessato tutto il complesso di M.te Ramaceto.

TENTATIVO DI INTERPRETAZIONE DEI NUCLEI ECCENTRICI ALL'INTERNO DELLE SEPTARIE.

Nell'esame interno delle septarie di M.te Ramaceto e di Monte

Mignano risalta un'altra particolarità: generalmente, ma non necessariamente, nelle forme di maggiori dimensioni con morfologia sferoidale o tendenzialmente ellissoidica sono stati rinvenuti frammenti, grossolanamente tondeggianti o a contorni poliedrici, che si differenziano nettamente dalla composizione del resto della septaria tanto da essere chiaramente riconoscibili per il loro colore chiaro che si stacca dal grigio plumbeo dell'insieme (vedi Fig. 8). Il diametro della sfera circoscritta può raggiungere i 10 cm; i frammenti sono disposti all'incirca secondo l'asse di maggior allungamento se la morfologia della septaria tende all'ellissoidica ed occupano nell'insieme una posizione eccentrica. In tal senso non possono essere assimilati ai nuclei che sovente vengono ritrovati nelle septarie e che sono sempre situati in posizione centrale. Tenendo anche conto della composizione di questi nuclei, nei quali si riscontra una notevole quantità di dolomite che diventa dominante unitamente alla calcite (vedi fig. 11, carota n. 2 PE), siamo stati portati in un primo tempo a considerarli degli alloclasti extrabacinali, forse in parte responsabili della genesi delle septarie stesse.

Riflettendo sul fatto che queste strutture fanno parte di una sequenza torbiditica e che, come diremo in seguito, subirono anche una fase dinamica di rotolamento, possiamo più facilmente pensare ad un fenomeno intrabacinale, assimilabile con molta approssimazione a quello che sta all'origine dei *galets mous*. I frammenti litici avrebbero potuto essere strappati ed inglobati dalla corrente di torbida durante il suo percorso; lo spostamento si sarebbe prodotto durante il rotolamento all'interno della massa per fenomeni di densità relativa; la loro posizione eccentrica potrebbe essere messa in relazione con la direzione dello *slumping* stesso.

IPOTESI GENETICHE

Non appena il sedimento viene depositato sul fondo marino cominciano a prodursi in esso quelle azioni intergranulari fisico-chimiche e biologiche che avvengono al contatto tra l'interfaccia deposizionale e l'acqua marina ad essa sovrastante. Una volta raggiunto un certo grado di seppellimento si inseriranno, a modificare l'assetto tessiturale del sedimento, altri fattori di carattere biologico e microbiologico: azione batterica, azione di rimobilizzazione ad opera di limivori, fossatori, ecc. Come è noto tutti questi processi saranno più o meno regolati dal rapporto tra la localizzazione del fattore

Eh=0 (potenziale di ossido-riduzione) e la superficie che è rappresentata dall'interfaccia deposizionale. In più si possono avere variazioni nel pH che influiranno soprattutto sull'equilibrio degli ioni Ca⁺⁺ e CO₃⁻⁻ nell'ambiente. Queste reazioni, o meglio interrelazioni, sono dovute ad un veicolo che è l'acqua interstiziale ed al contenuto di sostanza organica dispersa che può, in qualche modo, influenzare determinate reazioni. Si parla di diagenesi, cementazione, litificazione, metamorfosi e metasomatosi senza sapere, con una certa precisione dal punto di vista chimico-fisico, quando un fenomeno inizia e quando giunge a compimento. Poiché questi processi sono temporalmente indefiniti, si può anche pensare che essi in molti casi siano nati ancora prima, e cioè durante il trasporto del materiale verso il suo luogo di deposito. A deposito e seppellimento avvenuti le caratteristiche del sedimento continueranno a mutare in funzione dei parametri fisico-chimici e biologici che si verranno a creare nel luogo di sedimentazione e dove tali processi potranno continuare indefinitamente. In altre parole noi non contempliamo altro che momenti considerati convenzionalmente statici nello spazio e nel tempo.

Tornando al problema legato alla genesi delle septarie, all'inizio si deve immaginare un ambiente in cui si sono accumulati materiali risedimentati con caratteristiche granulometriche differenti. All'inizio della sequenza infatti, si ha un'arenaria poligenica gradata alla quale fa seguito un complesso argillitico che contiene, senza un ordine ricostruibile nello spazio, brandelli di uno o più episodi carbonatici a granulometria molto fine di tipo micritico misti a silt che potrebbero aver dato, secondo una delle nostre ipotesi, origine al fenomeno delle septarie. L'ambiente originario vede quindi un complesso di sedimenti di composizione diversa solo in apparenza, in quanto a parte l'aspetto granulometrico e il gioco statistico percentuale di questo o di quel componente detritico, essi presentano una certa uniformità di composizione come pure una certa costanza delle caratteristiche dell'ambiente di deposito primario. Il discorso legato all'ambiente primario è complesso; infatti risulta oltremodo difficile se non impossibile, stabilire quando, ad esempio, si è creato il carattere riducente nell'ambiente responsabile della costante presenza di una certa quantità di sostanza organica dispersa (sotto forma di carbonio organico), e se questa sostanza organica è da ritenersi anch'essa di origine detritica. È chiaro però che il primo processo di differenziazione nell'ambito del sedimento che ha dato origine all'avvio del processo di septarizzazione deve essere partito da un sedimento ricco di sostanza organica ed in un ambiente riducente.

Siamo in presenza di almeno quattro fenomenologie diverse che hanno agito in tempi successivi e si sono in parte sovrapposte.

Una prima fase riguarda la deposizione primaria del sedimento, che può avvenire anche in frazioni o porzioni di bacino differenti. Una seconda fase è rappresentata dalla rimobilizzazione di tale materiale sotto forma di correnti di torbida, di colamenti gravitativi lungo un pendio sottomarino (slumping e sliding) alla fine della quale si realizza la commistione di materiali che si riscontra nella sequenza. Infine, in fase tardodiagenetica o a litificazione ultimata almeno due fasi deformative tettoniche hanno ulteriormente influenzato i materiali già deposti.

Vediamo ora di spiegare con maggiore dettaglio la formazione delle septarie. È chiaro che alla diversa composizione e granulometria del materiale originario, corrisponderà un tipo di diagenesi e di litificazione differente; con questo si vuole semplicemente dire che vi saranno termini od intervalli a litificazione precoce, in cui la sostanza organica dispersa è, a nostro avviso, la principale responsabile del fenomeno, mentre il complesso, nel suo insieme argilloso, resterà ancora allo stadio fluido-plastico. A questo punto proponiamo due ipotesi di formazione delle septarie.

Prima ipotesi

Dopo gli eventi torbiditici di messa in posto del materiale che possono verificarsi per trasporto e rideposizione da un alto morfostrutturale ad un basso (creatosi, ad esempio, per faglie dovute a collasso dei margini del bacino) possono essere intervenuti fenomeni di differenziazione all'interno del sedimento, dovuti soprattutto alla distribuzione disomogenea della sostanza organica.

In tal caso potremmo avere, attraverso la concentrazione casuale e localizzata di sostanza organica, la creazione di microambienti differenziati all'interno del complesso costituito dal sedimento argilloso e caratterizzati da fenomeni di diagenesi precoce. In altre parole in questi microambienti si instaurerebbero quei processi di accrezione e coalescenza tra granuli responsabili di una prima differenziazione chimico-fisica del sedimento. Questa può essere causata dalla trasformazione batterica della sostanza organica, che può favorire e catalizzare la precipitazione del CaCO₃. A questo punto possono instaurarsi anche processi di differenziazione dovuti alla ridistribuzione con migrazione soprattutto dei due elementi principali Si e Ca; questi processi possono essere regolati in parte dal progressivo carico dovuto al seppellimento, che tende a ridurre la porosità del sedimento, ed a fenomeni connessi con variazioni di pH, anch'essi legati alla presenza ed alla trasformazione della sostanza organica presente.

Infatti, se questi microambienti saranno caratterizzati da un pH alto rispetto a quello più o meno neutro del resto del sedimento, gli ioni Ca⁺⁺ e CO₃⁻⁻ si muoveranno verso le porzioni più alcaline, dove avremo precipitazione di CaCO₃, mentre la silice si muoverà in direzione contraria (Larsen e Chilingar, 1967). Tutto questo è messo chiaramente in evidenza dalle analisi chimiche e diffrattometriche fatte.

Con questa serie di fenomeni si può ipotizzare la formazione di «nuclei di condensazione», o meglio di porzioni di sedimento a diagenesi precoce rispetto al complesso costituito dal sedimento argilloso, ma resta da dare una spiegazione alla morfologia ultima delle septarie che è tendenzialmente sferoidale od ellissoidica. Per spiegare tale morfologia si può introdurre un nuovo evento dinamico, cioè la rimobilizzazione di tutto il complesso argilloso. È chiaro che le porzioni di sedimento a diagenesi precoce verranno enucleate, per la loro maggiore densità, dal sedimento argilloso ancora sciolto, o in condizioni comunque di maggiore fluidità e subiranno un processo di rotolamento lungo il piano inclinato costituito da un pendio sottomarino. È in questa fase che si potrà raggiungere la morfologia tipica delle septarie; i frammenti litici, più o meno arrotondati, talora rinvenuti all'interno delle septarie, possono essere stati inglobati durante questo processo di rotolamento dopo essere stati strappati dalla corrente durante il suo tragitto. Si tratterebbe quindi di un fenomeno intrabacinale, in cui questi fenomeni litici verrebbero interpretati come dei galets mous anomali.

Seconda ipotesi

Nel primo caso è stata esaminata la possibilità che si creino, ad opera di concentrazioni anomale di sostanza organica, microambienti a diagenesi precoce, che abbiamo grossolanamente indicato come «nuclei di condensazione», all'interno dell'intervallo argilloso, all'origine indifferenziato, e cioè dopo il primo evento torbiditico. Vediamo ora di esaminare tutta la sequenza torbiditica nei suoi vari termini od intervalli. Si è già accennato alla presenza, nell'insieme del-

la sequenza, di frammenti isoorientati che riconducono alla ricostruzione di uno o più episodi a prevalente composizione calcareo micritica che presentano una composizione del tutto analoga a quella della pasta di fondo delle septarie. In questi frammenti si può osservare sovente anche un processo di septarizzazione interna; inoltre le lamine argillitiche spesso si inarcano attorno ad essi, quasi a formare un tutt'uno con il frammento che inglobano e rivestono. Siamo perciò portati, in questa seconda ipotesi, a pensare al coinvolgimento di tutto l'intervallo, che verrebbe complessivamente interessato, ad opera della sostanza organica concentrata ed uniformemente dispersa in esso, da fenomeni di accrezione e coalescenza tra i granuli che ne avrebbero determinato la diagenesi precoce. A questo punto è ragionevole ipotizzare una deformazione plastica dello «strato» già parzialmente diagenizzato, mentre lo smembramento sarebbe dovuto, a nostro avviso, ad un colamento gravitativo tipo sliding prima, e slumping poi, dovuto a rottura di equilibrio lungo un pendio sottomarino. Le septarie, con la loro caratteristica forma, non sarebbero altro che dei frammenti rotolati ed arrotondati lungo il pendio, mentre i brandelli di «strato» rinvenuti, non sarebbero altro che le porzioni che non hanno subito o che hanno subito solo in parte il processo dinamico di rotolamento e di septarizzazione: sarebbero, in altre parole, da considerare come delle septarie abortite. In tal modo verrebbero spiegate anche le forme di transizione con morfologia esterna irregolare, che talora si riscontrano, come pure l'andamento irregolare del reticolo delle fratture e del loro riempimento anomalo rispetto a quello descritto per le forme tendenzialmente sferoidali. Si può addirittura ipotizzare in questa seconda visione della problematica, che molti dei fenomeni di rimobilizzazione e di migrazione di elementi all'interno delle septarie, come pure la qualità e le modalità del riempimento delle fratture, siano avvenuti dopo l'acquisizione della forma sferoidale e dopo l'inizio del costituirsi di quella crosta superficiale così diversa, dal punto di vista della composizione, dal resto della septaria, ed in cui gli ossidi di ferro dispersi sotto forma dendritica sembrano conservare ancora, verso il margine esterno, una curvatura che potrebbe essere stata impressa dal rotolamento subito dall'insieme.

CONCLUSIONI

Nelle due ipotesi da noi proposte per spiegare la genesi delle septarie di Monte Ramaceto e di Monte Mignano si fa chiaramente riferimento ad una fase dinamica di rotolamento lungo un pendio sottomarino che, nella «prima ipotesi», sarebbe responsabile delle enucleazioni di porzioni di sedimento soggetto a diagenesi precoce, mentre nella «seconda ipotesi» coinvolgerebbe una frazione dell'intervallo pelitico argilloso anch'esso a diagenesi precoce già precedentemente deformato da fenomeni di carico.

In ambedue i casi la morfologia tipica che va dalla sferoidale all'ellissoidica viene anch'essa raggiunta con il rotolamento. Tutto questo porta alla formulazione di un'ipotesi genetica che si differenzia nettamente da quelle di molti altri Autori che giungono ad interpretare la formazione delle septarie come dovuta a processi di espansione o di contrazione avvenuti in porzioni di sedimento a seppellimento avvenuto, ricorrendo quindi a fenomeni in loco senza nessun evento a carattere dinamico. A parere degli scriventi, un'ipotesi dinamica è più aderente al carattere di depositi di fossa allo sbocco di un piano di subduzione in cui dovrebbe essere avvenuta la deposizione delle *Arenarie di M. Ramaceto*.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano il Prof. G. Giglia per i consigli avuti e la rilettura critica del manoscritto ed il Prof. L. Cortesogno per le costruttive discussioni sulla determinazione ed interpretazione dei minerali detritici.

OPERE CITATE

- Andri E. (1980) Utilizzazione del microscopio elettronico a scansione in micropaleontologia e nello studio delle micriti. *Atti Soc. It. Sc. Nat. e Museo Civ. St. St. Nat. di Milano*, **121**, 69-74, fig. 1.
- Andri E., Zavatteri F. (in corso di stampa) Sedimentologia, stratigrafia e tettonica del Complesso di Monte Ramaceto (Appennino ligure). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, Ser. A, 95.
- Boles J.R., Landis C.A., Dale P. (1985) The Moeraki Boulders-Anatomy of some septarian concrections. *Journ. Sediment. Petr.*, **55** (3), 398-406.
- Bouma A.H. (1962) Sedimentology of some flysch deposits: A graphic approach to facies interpretation. Elsevier, Amsterdam, pp. 168.
- Casella F., Terranova R. (1963) Studio stratigrafico e tettonico dei terreni cretacei nella Valle Lavagna e nelle zone limitrofe (Appennino ligure orientale). *Atti Ist. Geol. Univ. Genova*, 1 (2).
- Casnedi R. (1983) Sedimentazione e tettonica delle Unità Liguri nell'Appennino nordoccidentale (Valli Lavagna-Sturla-Trebbia e Aveto), Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 30 (1).
- CROOK T. (1913) Septaria: a defense of the 'shrink age' view. Geol. Mag., 10, 514-515.
- DIX G.R., MULLINS H.T. (1987) Shallow, subsurface growth and burial alteration of middle Devonian calcite concretions. *Journ. Sediment. Petr.*, 57 (1), 140-152.

- FIERRO G., TERRANOVA R. (1963) Microfacies fossilifere e sequenze litologiche nelle «Arenarie superiori» dei Monti Ramaceto e Zatta. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, 1 (2).
- Larsen G., Chilingar G.V. (1967) Diagenesis in sediments and sedimentary rocks. Elsevier Ed., Amsterdam.
- LINDHOLM R.C. (1974) Fabric and chemistry of pore filling calcite in septarian veins: models for limestone cementation. *Journ. Sediment. Petr.*, 44 (2), 428-440.
- LIPPMANN F. (1955) Ton, geoden und minerale des Barreme von Honheneggelsen. Geol. Rundschau, 43, 475-503.
- Manzoni M. (1968) Dizionario di Geologia. Zanichelli Ed., Bologna.
- Pertusati P.C., Horrenberger C. (1975) Studio strutturale degli Scisti di Val Lavagna (Unità del Monte Gottero, Appennino ligure). Boll. Soc. Geol. It., 94, 1375-1436.
- RAISWELL R. (1971) The growth of Cambrian and Liassic concretions. *Sedimentology*, 17, 147-171.
- RICHARDSON A.W. (1919) On the origin of septarian structure. *Mineralog. Mag.*, 18, 327-338.
- TODD J.E. (1913) More about septarian structure. Geol. Mag., 10, 361-364.
- Vanossi M. (1964) Il problema delle septarie. Atti Ist. Geol. di Pavia, XV, 32-88.

(ms. pres. il 15 novembre 1988; ult. bozze il 31 dicembre 1988)