Il "selcifero" di Ligornetto (canton Ticino)

Autor(en): **Sciunnach, Dario / Erba, Elisabetta**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bollettino della Società ticinese di scienze naturali**

Band (Jahr): **82 (1994)**

Heft 1

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-1003321

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Boll. Soc. Tic. Sci. Natur. (Lugano) - 82(1), 1994, pp 65-110 ISBN-88-85118-12-7

IL "SELCIFERO" DI LIGORNETTO (CANTON TICINO)

DARIO SCIUNNACH & ELISABETTA ERBA

Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano,
Via Mangiagalli 34, 20133 Milano

RIASSUNTO

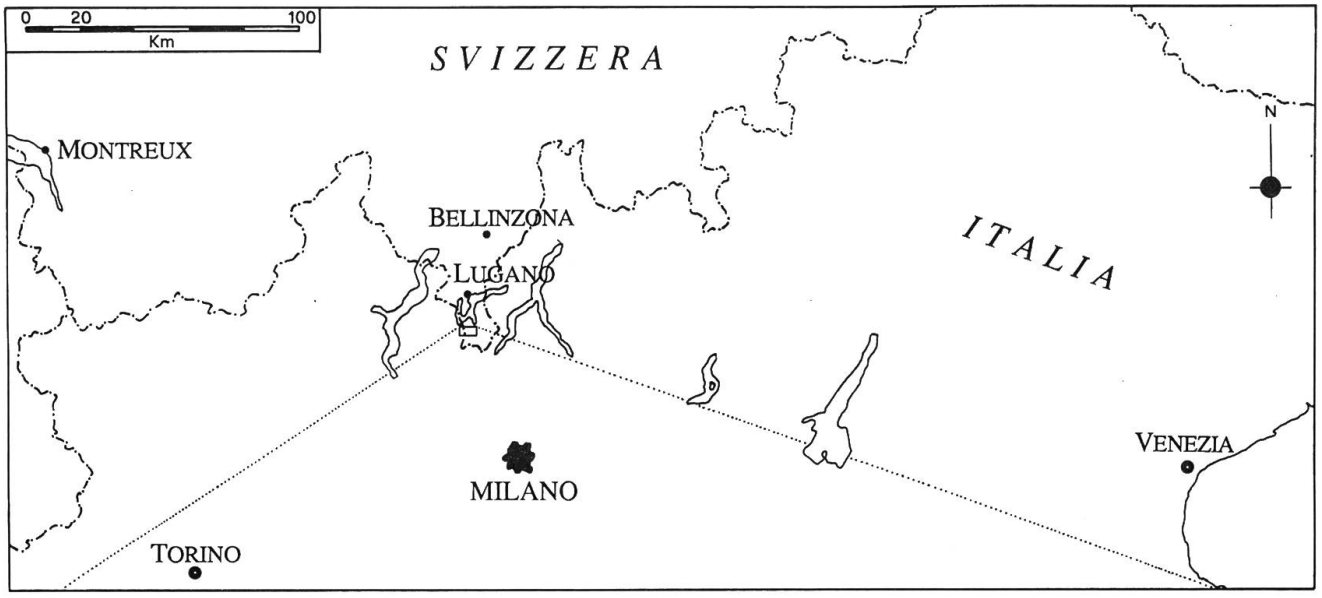
Viene descritta in dettaglio la sezione stratigrafica esposta nella Cava Molinelli di Ligornetto, costituita da radiolariti calcaree e calcari selciferi del Giurassico Superiore. Imminenti lavori di colmata della cava impediranno, in futuro, l'osservazione dell' affioramento.
L'analisi biostratigrafica degli affioramenti circostanti la cava ha consentito di datare al Dogger i calcari grigi sottostanti le Radiolariti, rettificando le datazioni più antiche proposte in passato da diversi Autori, e di ascrivere al Batoniano l' inizio della deposizione delle Radiolariti nodulari, che nella zona in esame presentano sempre interstrati calcarei preservati.
Le evidenze sedimentologiche raccolte, seppure puntiformi, sono in accordo con recenti modelli che attribuiscono la deposizione dei fanghi biogenici a Radiolari nella Tetide giurassica all' azione di correnti trattive piuttosto che alla semplice "pioggia planctonica", e che riferiscono ad uno stadio diagenetico precoce la formazione di strutture quali inarcamenti a duomo ("hemispherical mounds") e fratture subparallele alla stratificazione ("sheet-cracks").

ABSTRACT

A detailed description of the Upper Jurassic Knobby Radiolarites and cherty limestones exposed in the Molinelli quarry (Ligornetto) is given. The imminent infilling of the quarry is going to hinder any direct observation of the outcrop.
Biostratigraphic analyses of outcrops nearby allowed us to recognize a Middle Jurassic age for the grey limestones underneath the Radiolariti Fm., thus correcting older ages suggested by previous Authors. Moreover, the onset of deposition of the Knobby Radiolarites (invariably characterized by preserved calcareous interlayers in the study area) was dated as Bathonian.
Sedimentological evidence, though scattered, is consistent with recent models that interpret Tethyan Jurassic radiolarian oozes as deposited by bottom currents rather than by simple pelagic rain. Hemispherical mound structures and sheet-cracks are related to an early diagenetic stage.

INTRODUZIONE

Sulle colline immediatamente a Nord del Comune di Ligornetto (Fig. 1) affiora un piccolo spaccato della successione sedimentaria giurassica descritta e cartografata nelle memorie di BERNOULLI (1964), PASQUARÉ (1965) e KÄLIN & TRÜMPY (1977). La successione



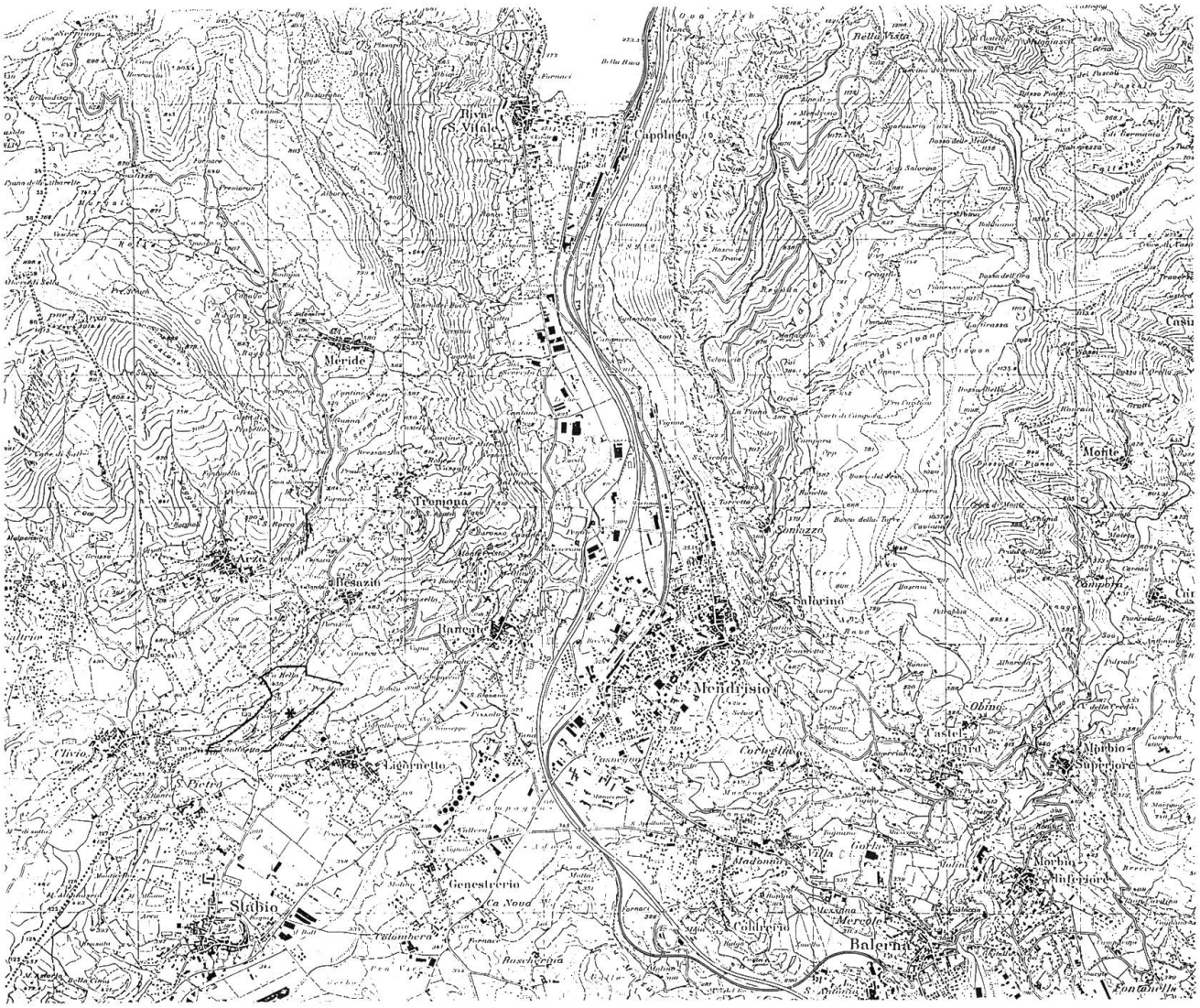


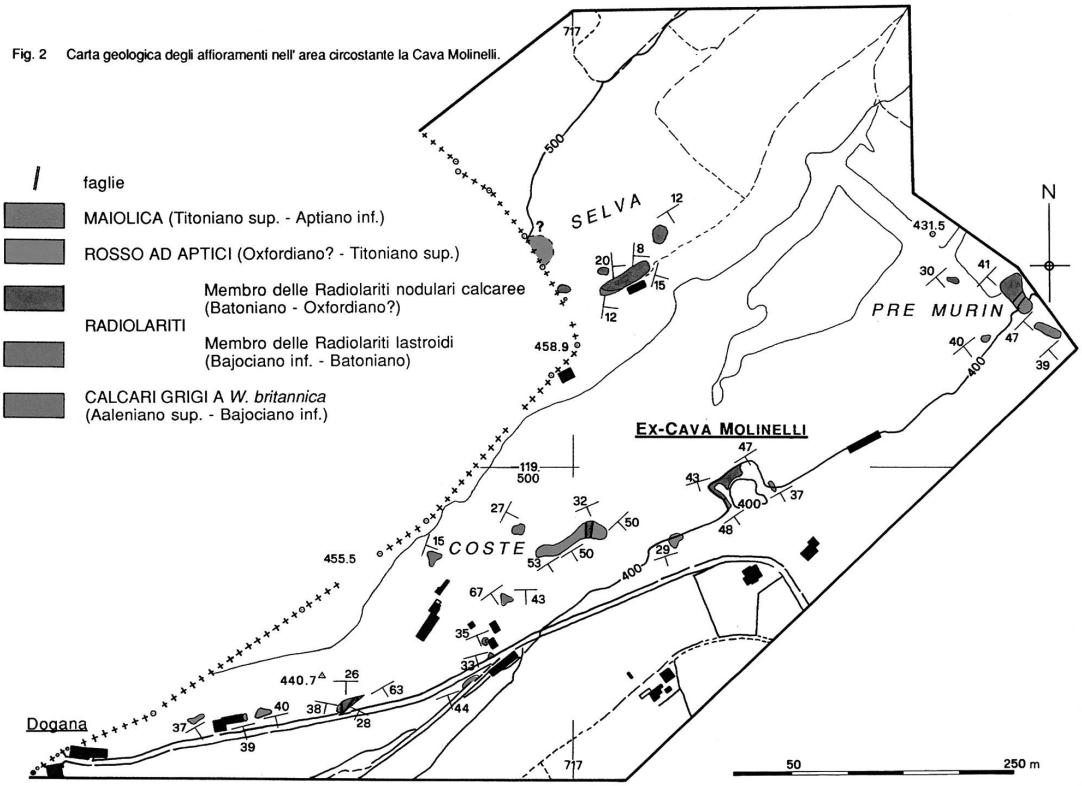
Fig. 1 Localizzazione dell'area studiata. L'asterisco indica la ex-Cava Molinelli (riprodotto con l'autorizzazione dell'Ufficio federale di topografia).

comprende le formazioni delle Radiolariti, del Rosso ad Aptici e della Maiolica, tradizionalmente raggruppate nel "Gruppo del Selcifero" (v. ad es. PASQUARÉ, 1965). Inoltre, al letto stratigrafico delle Radiolariti, sono scarsamente esposti calcari grigi laminati attribuiti dalla cartografia geologica ufficiale all' Anisico-Norico, e da KÄLIN & TRÜMPY (1977) al Lias.
Dal punto di vista paleogeografico, tutte queste unità rappresentano la successione pelagica depostasi, in uno stadio tettonico di post-rift, su un settore di alto topografico e strutturale ("Luganer Schwelle" di BERNOULLI, 1964; Zona del "sollevamento luganese" di PASQUARÉ, 1965; "Arbostora Swell" di KÄLIN & TRÜMPY, 1977) compreso nel margine passivo settentrionale della Placca Apula (BERNOULLI & JENKYNS, 1974; GAETANI, 1975; WINTERER & BOSELLINI, 1981). In Lombardia il principale evento di rifting, che scompose l' uniforme paleotopografia norica, è datato al Lias ed è testimoniato dagli ingenti spessori delle torbiditi calcaree distali del Gruppo del Medolo ("Lombardischer Kieselkalk" degli Autori svizzeri); dal Toarciano in poi, una subsidenza generalizzata portò ad un annegamento sia dei bacini, sia dei domini di alto strutturale individuatisi durante il rifting. Condizioni di deposizione pelagica particolarmente omogenee si instaurarono al passaggio Giurassico-Cretaceo, con la deposizione della Maiolica.
Nell' area studiata i migliori affioramenti, che interessano le formazioni del Rosso ad Aptici e delle Radiolariti, si posizionano in corrispondenza di tre piccole cave grosso modo allineate lungo l' isoipsa 400 e situate in località Coste, Molinelli e Pre Murin, tutt' e tre incise in un versante la cui inclinazione è controllata dalla giacitura degli strati a franapoggio (Fig. 2). In queste cave, le due formazioni sono state sbancate fin verso l' inizio del Secolo per fornire pietra da costruzione; semplici calcoli sulla carta topografica permettono di stimare attorno a poco più di 20000 metri cubi il volume di roccia complessivamente cavato. Da Atti Municipali del Comune di Ligornetto si evince che l' attività estrattiva era cessata, almeno in corrispondenza di una non meglio individuata "Cava Vecchia", già nel 1909: ciò aveva procurato alla cittadinanza problemi ambientali connessi alla precoce attività di discarica abusiva di inerti che aveva luogo nella cava abbandonata. Un quarto affioramento di una certa importanza si trova in località Selva.
Nell' estate del 1993, l' imminenza di un lavoro di colmata della cava in località Molinelli ha fatto sì che venissimo incaricati dal Museo Cantonale di Storia Naturale di Lugano dell' effettuazione di un rilievo stratigrafico di dettaglio della successione esposta nella cava stessa. Il presente lavoro illustra i risultati sia del rilievo stratigrafico, sia del rilevamento geologico di dettaglio dell' area immediatamente circostante, nonché i dati paleontologici e sedimentologici acquisiti nel corso di analisi di laboratorio sui numerosi campioni raccolti.

METODI DI LAVORO

L' effettuazione della sezione stratigrafica di dettaglio nella Cava Molinelli è stata accompagnata dal campionamento per sezioni sottili (38 campioni) e per "smear slides" (82 campioni, prelevati soltanto da strati reattivi all' HCl 5%). Inoltre, G. Muttoni (Milano) ha effettuato una campionatura per paleomagnetismo sulle litologie idonee (preferibilmente calcari marnosi rossi, non eccessivamente silicizzati); sono state prelevate 32 carote spaziate in media di 30±10 cm in senso stratigrafico. Grazie a questi campioni, non ancora analizzati, la documentazione paleomagnetica della ex-Cava Molinelli potrà confluire in futuri lavori di sintesi sulla stratigrafia del Giurassico, mirati all' integrazione delle scale biostratigrafiche e paleomagnetica.
Durante il rilevamento dell' area circostante la Cava Molinelli (Figg. 2, 3), dai vari affioramenti sono stati prelevati altri 19 campioni per sezioni sottili e altri 19 per "smear slides". Le sezioni sottili ricavate dai campioni della Cava Molinelli sono state analizzate per via semiquantitativa, quelle ricavate dai campioni prelevati dagli affioramenti circostanti per via qualitativa. Gli "smear slides" sono stati studiati dal punto di vista biostratigrafico effettuando un'analisi semiquantitaviva dei Nannofossili calcarei con il microscopio ottico polarizza-

Fig. 2 Carta geologica degli affioramenti nell' area circostante la Cava Molinelli.



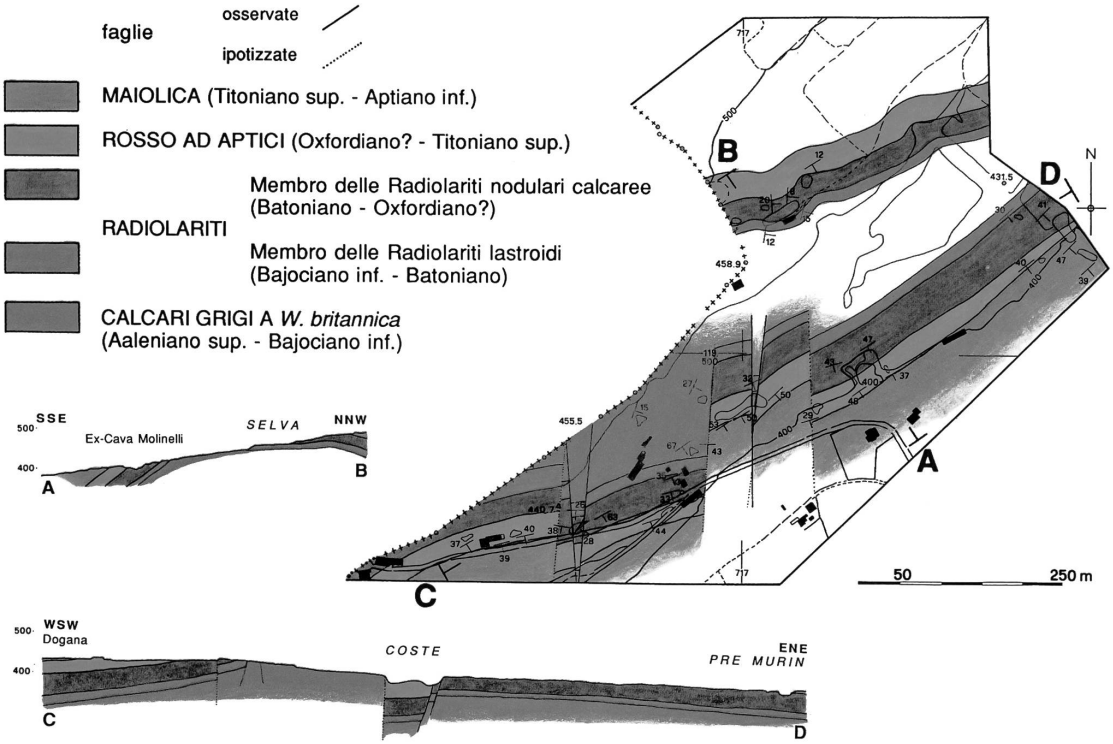


Fig. 3 Carta geologica interpretativa e profili geologici nell' area circostante la Cava Molinelli.

tore, a 1250 X ingrandimenti. Di ogni campione è stato preparato uno "smear slide" da pezzetti di roccia polverizzati in acqua distillata. L'abbondanza e la composizione delle nannoflore è presentata in Tab. 2 e descritta in un capitolo successivo.
Tutti i campioni studiati sono depositati presso il Museo Cantonale di Storia Naturale di Lugano.

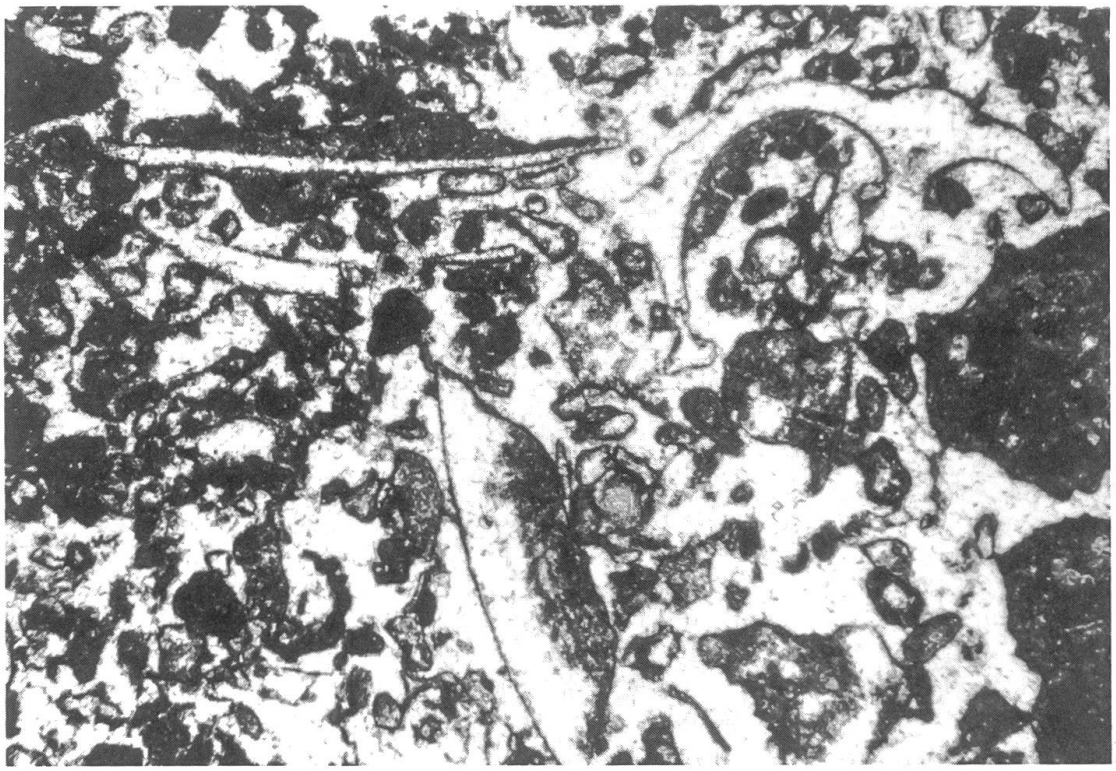
STRATIGRAFIA

Calcari grigi a Watznaueria britannica

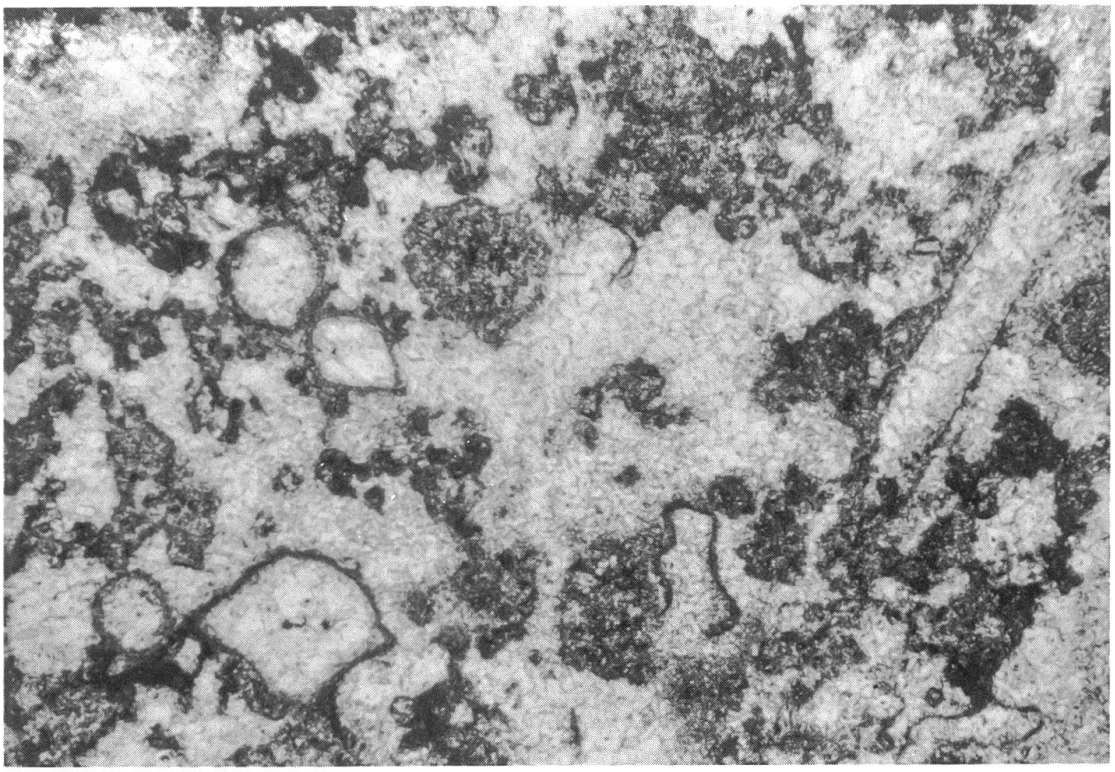
Con questo nome informale indichiamo l' unità più antica osservata, esposta soltanto in tre piccoli affioramenti situati nella contrada Coste, nel settore nordoccidentale dell' area rilevata. Si tratta di calcari di colore da grigio a grigio-nocciola, poco reattivi all' HCl 5% anche alla frattura fresca, alquanto ricristallizzati e con stratificazione decimetrica mal definita. Solo dove la ricristallizzazione è meno avanzata sono osservabili laminazioni, sottolineate da veli pelitici pianoparalleli più scuri, e deboli cenni di gradazione.
In sezione sottile, i campioni a minor grado di ricristallizzazione (DS 247, DS 250, DS 251) sono classificabili come wackestones e packstones bioclastici a Lamellibranchi, Foraminiferi, Ostracodi ed Echinodermi, con notevole abbondanza di granuli rivestiti ("coated grains") e selezione moderata (Fot. 1, 2); più rari i wackestones a intraclasti micritici, con selezione scarsa (DS 249). Il campione DS 246 è un packstone con abbondanti frammenti di Echinodermi (encrinite) e sparsi pellets glauconitici imballati in una matrice micritica.
La scarsa esposizione di questi litotipi fa sì che una valutazione del loro spessore sia impossibile nell' area in esame. Considerazioni giaciturali inducono a posizionare i calcari grigi al di sotto delle Radiolariti lastroidi, benché il limite fra le due unità non sia osservabile.
La nannoflora di uno dei cinque campioni (DS 251) comprende abbondante Watznaueria britannica, la cui comparsa è datata all' Aaleniano sommitale (v. paragrafo di biostratigrafia a Nannofossili calcarei); nel Bacino Lombardo la deposizione delle soprastanti Radiolariti lastroidi avrebbe inizio durante il Bajociano inferiore (GAETANI & ERBA, 1990). Di conseguenza i calcari grigi di Ligornetto, ascrivibili all' Aaleniano sommitale-Bajociano inferiore, rappresentano con ogni probabilità l' equivalente laterale dei calcari grigi, più o meno marnosi, descritti nelle Gole della Breggia (RENZ, 1920; BERNOULLI, 1964; GAETANI, 1975) e a Valmaggiore (PASQUARÉ, 1965; GAETANI, 1975), e attribuiti al Dogger in base al contenuto paleontologico e/o alla posizione stratigrafica. Sono pertanto da considerare errate le attribuzioni degli affioramenti qui descritti al Lias (KÄLIN & TRÜMPY, 1977) e all' Anisico-Norico (Carta Geologica Generale della Svizzera in scala 1:20000, Foglio 7 "Ticino"; 1955).
Le caratteristiche di facies dei calcari grigi a W. britannica (wackestones bioclastici ricchi di "coated grains"; encriniti contenenti pellets glauconitici) permettono di riferire la loro deposizione ad ambienti da circalitorale profondo a batiale.

Radiolariti lastroidi

Questo membro basale della Formazione delle Radiolariti è esposto soltanto a ridosso della villa situata immediatamente a valle e a Sud della contrada Selva. L' affioramento, di spessore stratigrafico prossimo ai 3.5 m, è costituito da selci in straterelli pianoparalleli spessi in media da 2 a 5 cm, ben suddivisi da interstrati lutitici completamente silicizzati, spessi da pochi millimetri a poco più di 1 cm. I colori vanno dal rosso violaceo cupo al bianco opaco al verdino; laminazioni e incrostazioni ferro-manganesifere sono di comune osservazione.
In sezione sottile le selci si rivelano costituite da silice assai pura, con una frazione argillo-



Fot. 1 Packstone bioclastico, localmente grainstone, a "coated grains". Calcari grigi a *W. britannica*, DS 251, 18x, 1N.

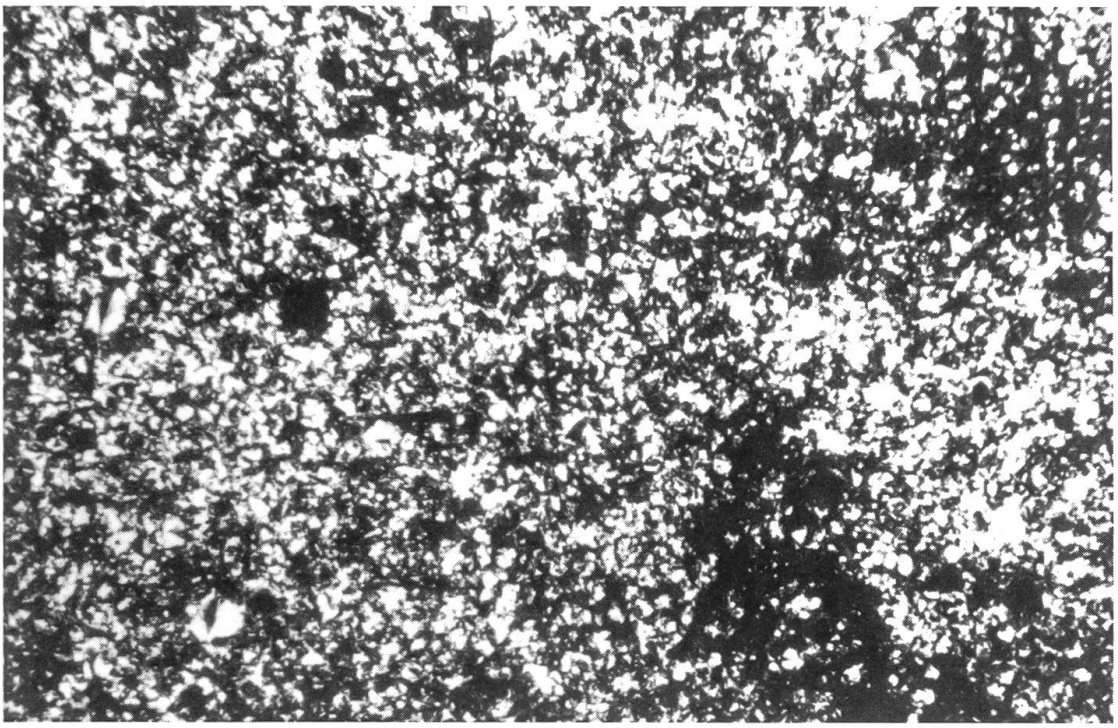


Fot. 2 Wackestone bioclastico, nel quale il più alto grado di ricristallizzazione non impedisce tuttavia di riconoscere "coated grains". Calcari grigi a *W. britannica*, DS 250, 18x, 1N.

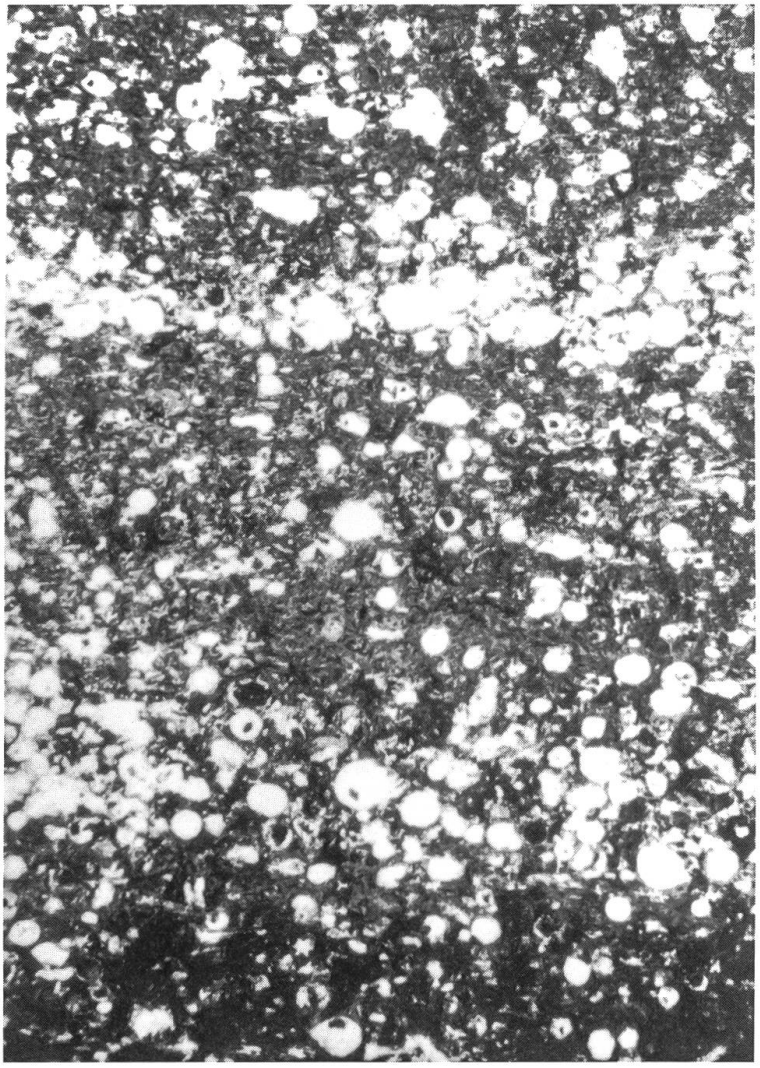
sa nettamente subordinata (Fot. 3). La silice è presente sotto forma sia di Radiolari, sostituiti per lo più da microquarzo non fibroso, sia di microquarzo interstiziale. Vale la pena di sottolineare che, nonostante il microquarzo interstiziale sia presente in quantità rilevante e in modo pervasivo, i contorni dei Radiolari (pur ridotti a pseudomorfi sferici) sono chiaramente tracciabili nella maggior parte dei casi. La silice che costituisce le selci stratificate lastroidi della Tetide Giurassica è in prevalenza, se non esclusivamente, di origine biogenica anche secondo MCBRIDE & FOLK (1979). Una accurata valutazione sull' abbondanza originaria di Radiolari all' interno degli strati di selce nastriforme è inficiata dall' entità sia della dissoluzione dei gusci dei Radiolari, sia della precipitazione del microquarzo interstiziale. Un' abbondanza di Radiolari nell' ordine del 50÷60%, stimata nel campione DS 244, può essere assunta come un valore minimo rispetto all' abbondanza effettiva. Il microquarzo interstiziale deriva dalla cristallizzazione di silice, in larga parte messa a disposizione dei fluidi diagenetici dalla dissoluzione precoce dell' opale metastabile che costituisce i gusci dei Radiolari.
L' argilla è presente sotto forma sia di riempimenti delle capsule centrali di una frazione subordinata di Radiolari, sia di una minuta dispersione di fillosilicati e opachi all' interno della roccia.
Le lutiti silicizzate sono costituite da pelite (50÷60% del volume della roccia) e da Radiolari ben conservati (40÷50% del volume della roccia), sovente raggruppati in lamine spesse poco più di 1 mm e contrassegnate da valori massimi nel diametro dei Radiolari (Fot. 4). La pelite è presente sotto forma sia di matrice, sia di intraclasti argillosi appiattiti ("clay chips") lunghi anche più di 1 mm, sia di riempimenti delle capsule centrali dei Radiolari. I riempimenti delle capsule centrali hanno composizione piuttosto diversificata; possono essere costituiti da microquarzo, calcedonio (si tratta di normale calcedonio ad allungamento negativo o "length-fast"), argilla o megaquarzo. Talora si osservano riempimenti geopetali ad argilla e microquarzo con polarità disperse e incoerenti; ciò testimonia la risedimentazione dei Radiolari a partire da un sito di deposizione precedente, in cui i riempimenti geopetali si erano prodotti.

Il fatto che la base delle Radiolariti lastroidi non sia mai esposta impedisce di valutare lo spessore, comunque maggiore di 3.5 m, di questa unità. Il limite con le soprastanti Radiolariti nodulari calcaree è netto e concordante.
La deposizione delle Radiolariti lastroidi nel Bacino Lombardo è ascritta da BAUMGARTNER (1984; 1987) al Batoniano sommitale - Calloviano superiore in base alle Associazioni Unitarie a Radiolari. Tuttavia, il più recente ritrovamento di un' associazione a Nannofossili del Bajociano inferiore alla base delle Radiolariti lastroidi nella classica sezione dell' Alpe Turati e al Colle di Sogno (GAETANI & ERBA, 1990) permetterebbe di abbassare fino al Bajociano l' età di inizio della deposizione di questo Membro; inoltre, in base al ritrovamento di una nannoflora del Bajociano-Batoniano una decina di metri sopra la base delle Radiolariti nodulari (località Selva, campione SD 93; si veda anche il paragrafo di biostratigrafia a Nannofossili calcarei), attribuiamo la deposizione delle Radiolariti lastroidi al Bajociano inferiore-Batoniano.

Le caratteristiche di facies delle Radiolariti lastroidi, ed in particolare la pressoché totale assenza di carbonato di calcio, hanno tradizionalmente indotto gli Autori precedenti (es. WINTERER & BOSELLINI, 1981) a ritenere che la deposizione di questa unità avvenisse in ambienti marini profondi, al di sotto della profondità di compensazione della calcite (CCD). L' unico Autore a schierarsi in aperto contrasto con questo modello è R.L. FOLK, il quale, tenendo in particolare riguardo alcuni caratteri di facies delle oficalciti liguri e interpretando la presenza di calcedonio ad allungamento positivo (o "length-slow") nelle Radiolariti come il risultato della silicizzazione di originarie evaporiti, ritiene che la deposizione delle Radiolariti sia avvenuta in ambienti poco profondi, da pochi m a poche centinaia di m (FOLK & MCBRIDE, 1978; MCBRIDE & FOLK, 1979; FOLK, com. pers. 1993). Tuttavia, nei campioni da noi esaminati il calcedonio è invariabilmente "length-fast", mostra cioè il comune allungamento negativo; inoltre non ci è stato possibile osservare alcuno degli altri indizi (presenza di pseudomorfi cresciuti alle spese di originari cristalli evaporitici; brecce



Fot. 3 Selce nastriforme, con Radiolari sostituiti da microquarzo a malapena riconoscibili dal microquarzo interstiziale; meglio individuati i Radiolari il riempimento della cui capsula centrale è costituito da argilla scura o calcedonio. Radiolariti lastroidi, DS 244, 30x, 2N.



Fot. 4 Lamine a Radiolari in lutite silicizzata. Radiolariti lastroidi, DS 243, 30x, 1N.

prodotte dalla crescita di cristalli; tessiture tipiche di paleosuoli; riempimenti microstalattitici delle fratture) che FOLK porta a sostegno dell' ipotesi di genesi poco profonda delle Radiolariti. Nel caso considerato, non sussistono quindi elementi per rifiutare il modello generalmente condiviso di deposizione profonda (ascrivibile ai piani batiale e abissale) per questa formazione.
Un elemento assai importante inerente la genesi delle Radiolariti, evidenziato da MCBRIDE & FOLK (1979), sta nell' interpretazione della maggior parte degli strati selciosi come antichi letti di sabbie a Radiolari, deposti da correnti trattive. Viene superato in questo modo il concetto di deposizione per "pioggia planctonica", a favore di un modello di deposizione da parte di correnti di torbidità a bassissima densità. Le nostre osservazioni sedimentologiche in sezione sottile (presenza di laminazioni, di "clay chips" e di riempimenti geopetali incoerenti), seppure puntiformi, avvalorano questa interpretazione.
Più di recente BAUMGARTNER (1987) ha dimostrato, con argomentazioni fondate su calcoli matematici, la possibilità non solo di un notevole spiazzamento laterale dei Radiolari durante la loro caduta al fondo, ma anche della rimobilizzazione dei Radiolari deposti su paleoalti, ad opera di correnti trattive. Secondo questo Autore la risedimentazione dei Radiolari, da altofondi pelagici spazzati dalle correnti di fondo a bacini protetti, giustificherebbe sia il carattere eterocrono dell' inizio della deposizione delle Radiolariti giurassiche fra altofondi e bacini, sia i rapporti laterali di facies fra i due ambienti.

Radiolariti nodulari calcaree - Formazione del Rosso ad Aptici

Nonostante le unità delle Radiolariti nodulari calcaree e del Rosso ad Aptici siano state distinte durante il rilevamento geologico, preferiamo descriverle in modo unitario vista l' estrema gradualità che caratterizza la transizione verticale dalla prima alla seconda.
Dal punto di vista areale, queste due unità rappresentano la maggioranza dell' affiorante nel settore rilevato e sono ben esposte nelle tre cave che incidono il versante; in particolare, nelle Cave Molinelli e Coste sono le uniche unità affioranti. Le Radiolariti nodulari calcaree affiorano anche a contrada Selva (Fot. 5), mentre la presenza del Rosso ad Aptici è sospettata immediatamente più a monte a causa dell' abbondanza di schegge di calcare marnoso rosato nella regolite. Numerosi piccoli affioramenti, pertinenti sia alle Radiolariti nodulari calcaree, sia al Rosso ad Aptici, fiancheggiano la strada che conduce alla Dogana.

Associazioni di litofacies caratteristiche

L' associazione litologica che caratterizza le Radiolariti nodulari calcaree è data da tre litofacies ricorrenti e variamente alternate:
1. strati selciosi di spessore irregolare, mediamente attorno ai 7±2 cm, talora vistosamente gibbosi o mammellonari, delimitati a base e tetto da interstrati o veli calcarei e marnosi. Il contatto fra selce e calcari o marne è sempre netto;
2. calcari o marne di colore rosato con noduli di selce rosso "fegato" spessi in media 5±4 cm, che generalmente occupano la maggior parte del volume dello strato, spesso posizionandosi al centro di esso. Nella maggior parte dei casi il contatto tra nodulo e incassante si presenta netto, e ciò rende piuttosto arbitraria la distinzione tra noduli di lunghezza metrica e veri e propri strati selciosi quando ci si trovi a considerare piccoli affioramenti;
3. calcari o marne, di colore da rosato (in prevalenza) a rosso mattone a bianco opaco a verdino, alle volte blandamente silicizzate ma comunque prive di noduli ben definiti.
La distinzione proposta trova un limite nell' estrema gradualità che in realtà caratterizza la transizione fra le tre litofacies descritte, in cui tutte le forme di passaggio sono rappresentate. E' molto importante sottolineare che nelle Radiolariti nodulari di Ligornetto i corpi selciosi anche stratiformi sono sempre rilegati da interstrati calcarei reattivi all' HCl 5%; nell' affioramento in località Selva, le Radiolariti lastroidi (costituite da silice assai pura e prive di intercalazioni calcaree) passano verticalmente in modo netto, "a lama di coltello", a Radiolariti nodulari già con interstrati calcarei reattivi, nonostante nei primi metri sopra il limite gli interstrati lutitici siano prevalentemente silicizzati.
Il Rosso ad Aptici propriamente detto è caratterizzato da una prevalenza dei calcari marnosi

privi di noduli e da un' estrema rarità degli strati selciosi; i calcari con noduli di selce sono ben rappresentati, soprattutto nella parte basale, ma comunque subordinati rispetto ai calcari marnosi e alle marne prive di selce. Il limite superiore del Rosso ad Aptici è contrassegnato da peculiari calcari marnosi variegati che ai colori rosato e rosso mattone uniscono il bianco opaco, e che danno luogo ad una rapida transizione alla soprastante Maiolica.
Sul terreno, la prevalenza di strati selciosi con ridotte intercalazioni calcaree, piuttosto che di strati calcareo-marnosi con noduli di selce frequenti ma non prevalenti volumetricamente, ha permesso di attribuire ciascun affioramento rispettivamente alle Radiolariti nodulari calcaree piuttosto che al soprastante Rosso ad Aptici, nonostante il limite tra le due unità sia di posizionamento incerto (probabilmente all' altezza dei livelli 42÷55 della sezione stratigrafica della Cava Molinelli).

Strutture sedimentarie

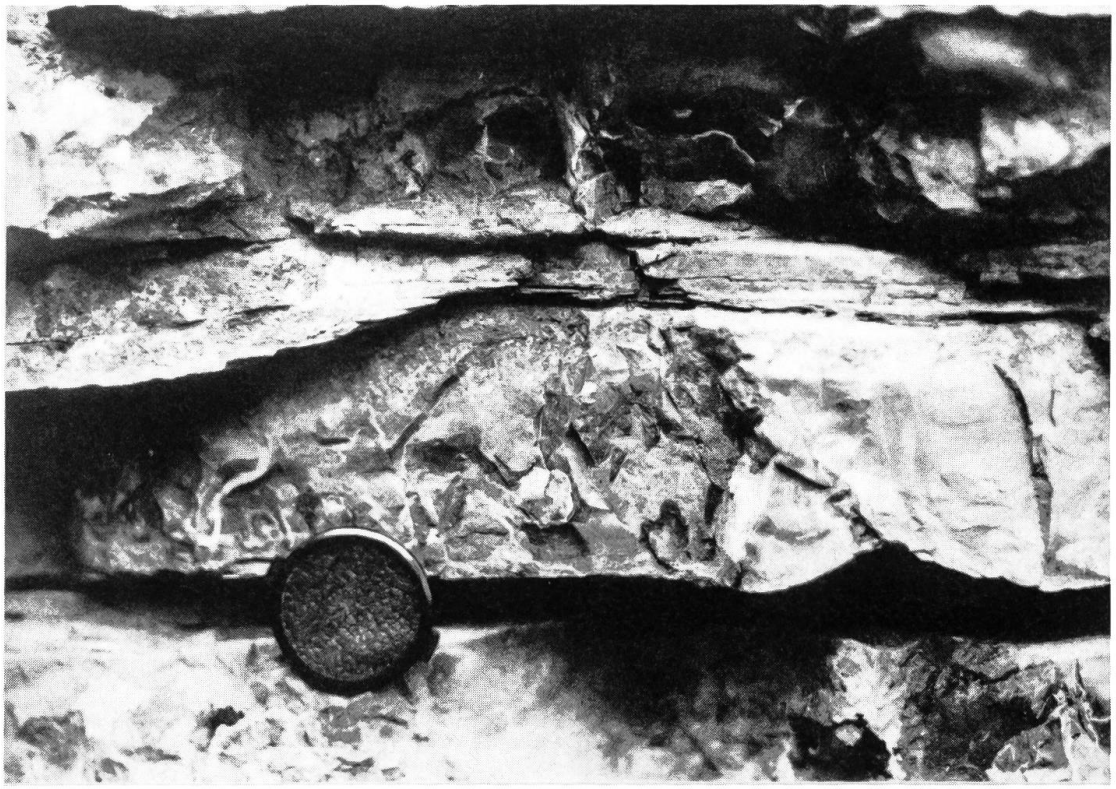
Oltre alle diffuse laminazioni, per lo più pianoparallele ma talora debolmente concave verso l' alto, strutture sedimentarie peculiari sono i caratteristici inarcamenti a duomo degli strati selciosi ("hemispherical mounds") e le fratture suborizzontali all' interfaccia nodulo-incassante ("sheet-cracks"). La bioturbazione, benché non sempre di facile riconoscimento, è assai diffusa.

Laminazioni. Sono visibili da un punto di vista geometrico sia alla mesoscala, sia alla microscala (al microscopio le lamine si presentano come "tappeti" spessi pochi mm costituiti da Radiolari mediamente più grossolani che non nel resto della roccia, allineamenti di Aptici o di Lamellibranchi pelagici: Fot. 9, 15), e talora mostrano un interessante riscontro composizionale. Nel campione DS 212, per esempio, si osservano Radiolari con la capsula centrale colmata da calcedonio, reso bruniccio da un' insolita abbondanza di impurezze, tutti concentrati nella stessa lamina; nel campione DS 230, ad una lamina plurimillimetrica in cui gli unici microfossili presenti sono frammenti calcarei filamentosi ne segue una costituita esclusivamente da Radiolari (Fot. 14). Le laminazioni sono meglio osservabili nei calcari marnosi, e diventano particolarmente evidenti nel Rosso ad Aptici.

"Hemispherical mounds". Sull' origine di questi inarcamenti mammellonari alti fino a 10 cm al tetto degli strati selciosi sono state formulate le più svariate ipotesi (v. MCBRIDE & FOLK, 1979), soprattutto in termini di successione temporale dei processi diagenetici. Evidenze contrastanti hanno suggerito a diversi Autori che l' inarcamento degli strati potesse avvenire nel corso della diagenesi precoce, per espansione domica, piuttosto che nel corso della più tardiva diagenesi da seppellimento, per compattazione differenziale.
L' unico dato attendibile da noi raccolto avvalora l' ipotesi di espansione domica nel corso della diagenesi precoce. Nella sezione della Cava Molinelli si osserva infatti, all' altezza dei livelli 55÷56, un duomo di selce suturato in "onlap" da alcune lamine pianoparallele di calcare rosato (Fot. 6): un simile rapporto di "drape-over-mounds" implica che lo strato selcioso fosse già inarcato al momento della deposizione del calcare, che in seguito non ha subito significative deformazioni da carico (FOLK, com. pers. 1993). La lamina basale del calcare che sutura il duomo selcioso presenta piccole strutture da espulsione d' acqua di tipo "dishes and pillars", che inarcano un velo argilloso (campione DS 223).

"Sheet-cracks". All' altezza dei livelli 11÷31 della sezione di Cava Molinelli, da 1.6 a 2.7 m dalla base, sono particolarmente frequenti le fratture subparallele alla stratificazione ("sheet-cracks"), colmate da quarzo e sedimenti interni, che tendono a posizionarsi all' interfaccia nodulo-incassante e talora curvano seguendo i contorni dei noduli. Un aspetto rappresentativo di queste fratture è illustrato in Fot. 12. Quando il massimo numero di elementi è rappresentato, dall' esterno verso l' interno si osservano:
1. un sottile strato di microquarzo non fibroso;
2. uno strato più spesso di calcedonio (microquarzo fibroso ad allungamento negativo o "length-fast") con le fibre disposte "a palizzata";

Fot. 5 Affioramento di Radiolariti nodulari calcaree in località Selva. Il martello a sinistra dà la scala.



Fot. 6 Particolare delle Radiolariti nodulari calcaree alla Cava Molinelli (livelli 55÷56 della sezione stratigrafica). L' inarcamento a duomo al tetto dello strato selcioso è suturato in "onlap" da calcari laminati; ciò indica che il duomo era già formato al momento della deposizione del calcare soprastante.

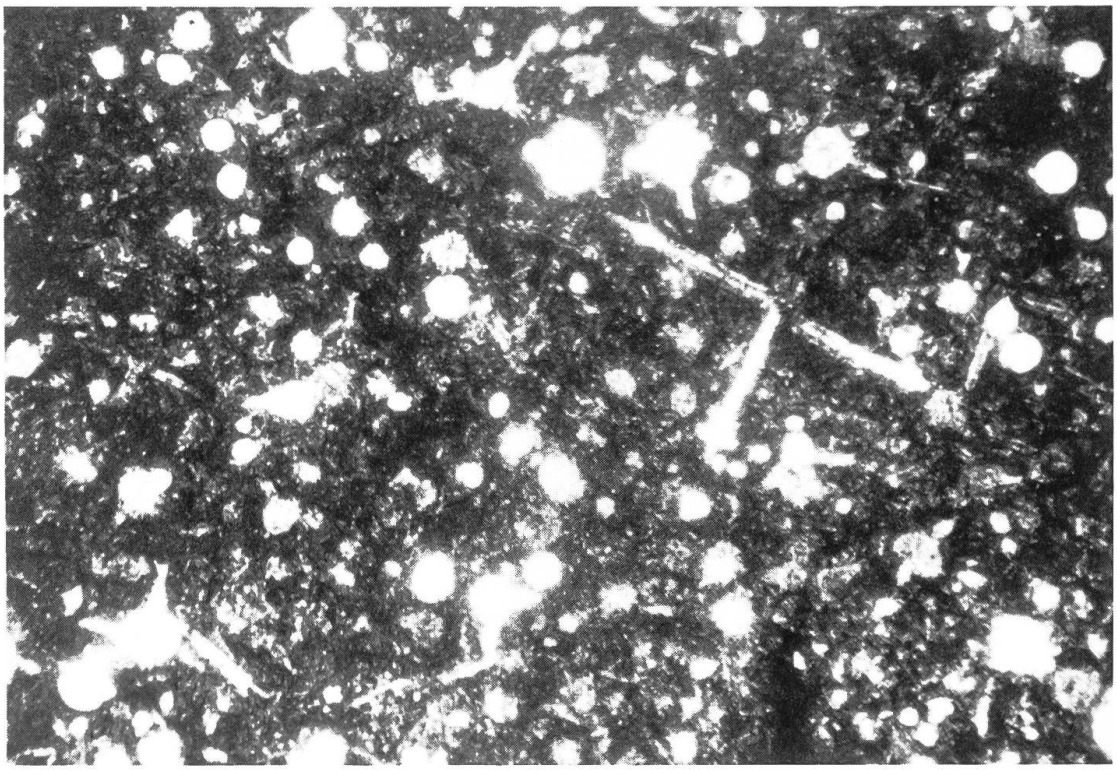
3. un riempimento di sedimento interno, costituito da lutite che alle volte imballa piccoli intraclasti di argilla bruno-rossiccia, grossi intraclasti angolari di argillite a Radiolari e/o singoli Radiolari completamente calcitizzati.
Nella maggior parte dei casi, la distribuzione dei minerali di vena rispetto al riempimento centrale è notevolmente simmetrica. Quando il sedimento interno è assente le opposte "palizzate" di calcedonio sono spesso a diretto contatto, ma se una cavità centrale si mantiene aperta, può essere colmata da megaquarzo tardivo (DS 205, DS 216). Nel campione DS 213 si osservano piccole "sheet-cracks" assai serrate, lunghe meno di 2 cm e disposte "en echelon". Nel campione DS 214l l' iniezione di argilla ricca di intraclasti e Radiolari calcitizzati interessa un nodulo selcioso intensamente scomposto e brecciato al contorno. La massima apertura osservata (DS 204) è di 4 mm.
ILe "sheet-cracks" sono sicuramente le prime vene a svilupparsi nella roccia: esse sono infatti invariabilmente intersecate e rigettate dalle vene tardive di calcite e di meghaquarzo, per lo più perpendicolari alla stratificazione. Più controversa è la successione dei processi di riempimento. A chi considera le "sheet-cracks" strutture assai precoci, che interesserebbero i noduli selciosi già parzialmente solidificati quando la maggior parte dell'argilla circostante è ancora inconsolidata e capace di iniettarsi nella frattura, si contrappone chi sostiene un modello di fratturazione più tardiva, seguita dalla precipitazione chimica dei minerali di vena prima, e da un'infiltrazione di schegge di sedimento già litificato successivamente.
Il secondo modello male si accorda con le nostre osservazioni, dato che nella maggior parte dei casi il sedimento interno è costituito da un fango omogeneo all' interno del quale gli intraclasti angolosi sono molto rari, non mostrando mai un vero e proprio aspetto brecciato. A nostro parere, le evidenze disponibili inducono ad adottare, per queste fratture, il seguente modello genetico:
1. apertura della frattura (ciò implica che la porzione di roccia interessata sia già sufficientemente coerente);
2. iniezione di argilla a Radiolari e intraclasti da porzioni ancora inconsolidate del sedimento circostante;
3. progressiva divaricazione dell' interfaccia frattura/sedimento interno (per allargamento della frattura o per espulsione d' acqua dal sedimento interno) con precipitazione chimica dei minerali di vena (microquarzo non fibroso e calcedonio); parte della silice necessaria potrebbe essere messa a disposizione dai Radiolari contenuti nel sedimento interno, completamente calcitizzati. Il fatto che molte delle "sheet-cracks" osservate siano prive di sedimenti interni può essere spiegato ipotizzando che quelle fratture non si siano propagate sino a raggiungere argille inconsolidate capaci di iniettarvisi.

Bioturbazione. La presenza di bioturbazioni nelle selci e nei carbonati associati è stata segnalata in letteratura (MCBRIDE & FOLK, 1979; fig. 10) ed è testimoniata nei nostri campioni da indizi tessiturali quali grandi plaghe amorfe di lutite, che attraversano le laminazioni preesistenti e alle volte contengono Radiolari decisamente più piccoli di quelli circostanti (DS 219, DS 224) oppure totalmente calcitizzati (DS 214, DS 218), cavità colmate da calcedonio (DS 219, DS 228) o arricchimenti in ossidi (DS 218, DS 229). La bioturbazione, assai comune negli strati di colore rosso o rosato, tende ad essere più rara negli strati di colore biancastro e verdino (Tab. 1); la sua diffusione contribuisce a rendere le strutture sedimentarie primarie, in particolare la laminazione, di non sempre facile riconoscimento.

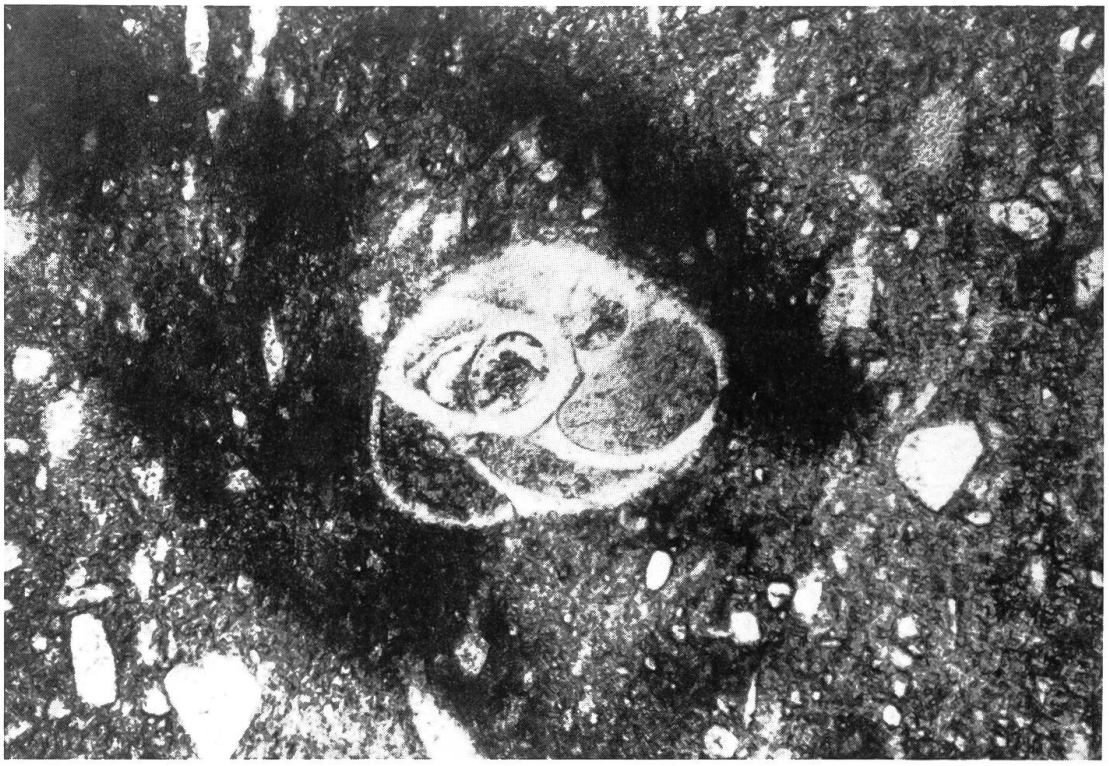
Petrografia delle selci nodulari e dei calcari associati.

> "... parmi sarebbe interessante, per lo studio della origine dei noduli selciosi, di verificare, se la quasi totale assenza di radiolarie nei calcari con noduli selciosi (...), si ripete in tutti i casi nei quali si verifichi questo stato di cose e se per converso mancano i noduli selciosi in quei calcari, i quali contengono uniformemente distribuiti questi organismi."
> C.F. PARONA, 1890

L'analisi semiquantitativa delle sezioni sottili ricavate dai campioni della Cava Molinelli, i risultati della quale sono rappresentati schematicamente in Tabella 1, ci permette di illustra-



Fot. 7 Calcare a Radiolari nel quale l' osservazione di numerosi Radiolari spinosi è favorita dal sezionamento parallelo alla stratificazione. Radiolariti nodulari calcaree, DS 219, 30x, 1N.

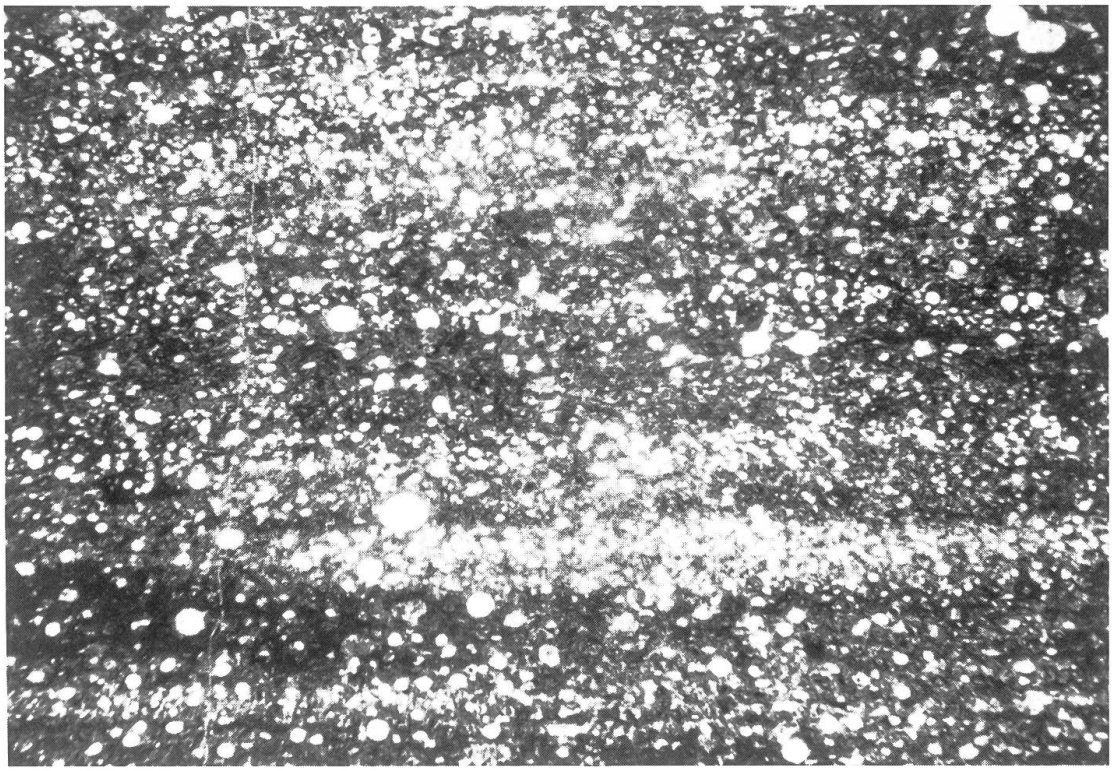


Fot. 8 Foraminifero bentonico trocospirale in calcare marnoso silicizzato. Radiolariti nodulari calcaree, DS 208, 75x, 1N.

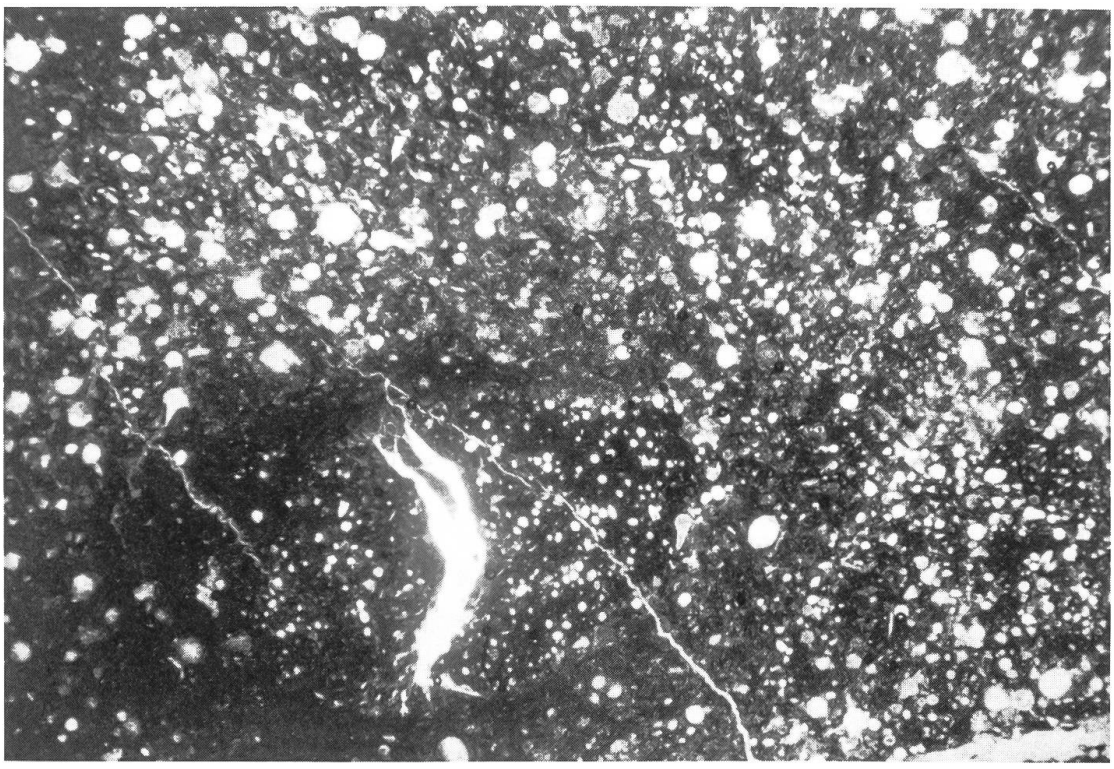
re i parametri composizionali delle tre litofacies prima descritte, cioè: strati di selce, noduli selciosi in strati calcarei e marnosi, strati calcarei e marnosi privi di noduli. I costituenti essenziali di queste tre litofacies sono gli stessi; le differenze tra litofacies sono in larga parte determinate dalle variazioni dei rapporti di abbondanza relativa fra i costituenti.
I costituenti essenziali sono i *Radiolari* (Fot. 7), presenti in una grande varietà di stili di conservazione e con svariate modalità di riempimento della capsula centrale (nella descrizione degli stili di conservazione abbiamo fatto riferimento ai bozzetti di FOLK & MCBRIDE, 1978; fig. 26); il *microquarzo* interstiziale, costituito da un fitto mosaico anedrale di cristalli di quarzo ad estinzione ondulata, le cui dimensioni variano da 5 a 15 μm in funzione della densità di nucleazione; la *micrite*, solitamente ricristallizzata in microsparite; l' *argilla*, spesso ematitica e di colore rosso-bruniccio.
I costituenti accessori sono i *bioclasti*, per lo più calcarei, gli *intraclasti argillosi*, gli *extraclasti* quarzoso-micacei.
I bioclasti calcarei sono rappresentati da Bivalvi pelagici (Fot. 15), Aptici di Ammoniti, Foraminiferi bentonici uniseriali e trocospirali (Fot. 8), "organismi filamentosi" sensu PASQUARÉ (1965; pagg. 186÷191 e tav. 8, fig. 2). Questi ultimi consistono in monocristalli di calcite a forma di bastoncino dentellato, spesso percorsi per tutta la loro lunghezza da un esile nerbo sottolineato da punteggiature di minerali opachi. La lunghezza massima misurata è di 2.2 mm (DS 231), ma in genere si attesta su valori molto minori (200÷500 μm); la sezione trasversale misura da 15 a 35 μm, pertanto il rapporto tra le due dimensioni è attorno a 10. E' probabile che questi resti scheletrici siano da interpretare come ossicoli di *Saccocoma* (WINTERER & BOSELLINI, 1981; pag. 405), un organismo classificato in passato come un Crinoide pelagico, oggi considerato un *Incertae sedis*.
Lo studio dei bioclasti calcarei è di particolare interesse nel Rosso ad Aptici, dove sia gli Aptici, sia gli organismi filamentosi calcarei, sono presenti in litozone ben individuate. Molto subordinati quantitativamente i bioclasti non calcarei (spicole silicee e resti chitino-fosfatici, questi ultimi limitati al campione basale DS 200).
Gli intraclasti argillosi, marcatamente appiattiti e deformati al contatto con i Radiolari adiacenti, sono costituiti da argilla ematitica di colore rosso-bruniccio. Le loro dimensioni sono generalmente confrontabili con quelle dei Radiolari; in alcuni casi è evidente che l' addensamento massimo di intraclasti argillosi si incontra all' interno delle lamine a Radiolari più grossolani (DS 228); in Tab. 1 si nota una buona correlazione tra presenza di intraclasti e di laminazioni. Queste tre evidenze permettono di interpretare le lamine a Radiolari come il prodotto di deposizione da parte di correnti che trasportavano in sospensione intraclasti argillosi e Radiolari idraulicamente equivalenti. L' equivalenza idraulica di Radiolari e intraclasti argillosi è stata interpretata da FOLK & MCBRIDE (1978) come una prova del fatto che almeno parte dei Radiolari si deponesse con la capsula centrale già colmata da quarzo o argilla.
Gli extraclasti quarzoso-micacei sono costituiti da quarzo monocristallino della granulometria del silt "grossolano" fino alla sabbia fine; da pagliuzze di fillosilicati (muscovite, clorite, raramente biotite); da rarissimi, minuti aggregati di miche bianche o di quarzo più miche bianche, interpretabili come frammenti di rocce filladiche grazie all' isoorientazione dei fillosilicati (DS 200, DS 215).

Strati di selce. Sono costituiti da Radiolari (40±12% del volume della roccia), microquarzo (30±11%), argilla (30±7%) e solo rare tracce di micrite. La selezione è moderata (σ = 0.9±0.3). Le capsule centrali dei Radiolari sono colmate da microquarzo (75±18% dei casi), calcedonio (15±15%) e argilla ematitica rosso-bruniccia (10±4%). Il diametro del Radiolare più grosso osservato in ogni sezione è mediamente di 370±130 μm; il rapporto di ellitticità è molto basso, variando da 1 a 1.08.

Noduli selciosi in strati calcarei e marnosi. Per questa facies composita illustriamo separatamente la composizione dei noduli e dei calcari o delle marne che li incassano. I Radiolari rappresentano il 40±15% del volume dei noduli, solo il 25±10 dell' incassante; il microquarzo rappresenta il 40±20% del volume dei noduli, solo il 10±10 dell' incassante. E' invece del tutto simile il contenuto di argilla, che rappresenta il 15±12% del volume della roccia



Fot. 9 Lamine a Radiolari in calcare marnoso. Radiolariti nodulari calcaree, DS 214l, 15x, 1N.



Fot. 10 Bioturbazione in calcare siliceo, rappresentata da una plaga a Radiolari nettamente più piccoli di quelli circostanti, con al centro una cavità colmata da calcedonio. Radiolariti nodulari calcaree, DS 219, 15x, 1N.

sia nelle selci, sia in calcari e marne. Il massimo della variabilità interessa la micrite, che rappresenta solo il 5±5% del volume dei noduli, ma ben il 50±15 dell' incassante. La selezione è da moderata a scarsa per i noduli (σ = 1.0±0.5), da scarsa a molto scarsa per i calcari e le marne incassanti (σ = 1.8±0.6). La natura dei riempimenti delle capsule centrali dei Radiolari non varia in modo apprezzabile tra noduli e lutiti incassanti; i riempimenti sono costituiti da microquarzo (77.5±10% dei casi), calcedonio (12.5±12.5%) e argilla (10±5%, 7.5±4% quella ematitica rosso-bruniccia). Rari riempimenti in megaquarzo sono segnalati in Radiolari contenuti nei calcari e nei calcari marnosi. Il diametro del Radiolare più grosso osservato in ogni sezione è mediamente di 360±150 μm; il rapporto di ellitticità è basso per i Radiolari contenuti nei noduli, (1÷1.10), più alto per i Radiolari delle lutiti incassanti (1.10±0.07).

Strati calcarei e marnosi privi di noduli. I costituenti essenziali, in ordine decrescente di abbondanza, sono la micrite, (40±20% del volume della roccia), i Radiolari (30±20%, ma con minimi di abbondanza fino a 0% nel Rosso ad Aptici), l' argilla (25±15%) e il microquarzo (5±5%). Il microquarzo è talvolta localizzato laddove un elevato addensamento di Radiolari ha fatto sì che i loro gusci cominciassero a saldarsi, originando un grumo spugnoso di silice (DAVIES & SUPKO, 1973) che rappresenta concettualmente un nodulo "mancato" (DS 228; Fot. 11). Dal campione DS 227 in poi gli organismi filamentosi tendono a diventare una frazione volumetricamente importante; sono i bioclasti di gran lunga prevalenti nel campione DS 231. La selezione è generalmente scarsa (σ = 1.3±0.7), peggiore di quella che caratterizza le selci, ma comunque migliore di quella dei calcari e delle marne associate ai noduli selciosi. Le capsule centrali dei Radiolari sono riempite da microquarzo (75±10% dei casi), calcedonio (20±10%), argilla (5±2%, 4±2% quella ematitica di colore rosso-bruniccio) e assai subordinatamente da megaquarzo (tracce). Il diametro del Radiolare più grande osservato in ogni sezione è mediamente di 290±130 μm, minore di quanto osservato nelle altre litofacies; il rapporto di ellitticità va da 1 a 1.25 ed è complessivamente più alto di quello riscontrato nelle altre litofacies.

Discussione. I dati composizionali sulle tre litofacies distinte, per quanto approssimativi (a causa delle modalità di acquisizione semiquantitativa dei dati analitici e della loro successiva elaborazione statistica), permettono di riconoscere alcune tendenze d' insieme aventi carattere sistematico. Il passaggio da strati selciosi a calcari e marne con noduli selciosi a calcari e marne prive di noduli, al più blandamente silicizzate, è contrassegnato da:

1. un generale peggioramento della selezione, connesso alla decrescente abbondanza di Radiolari (coefficiente di correlazione fra contenuto in Radiolari e deviazione standard σ della distribuzione granulometrica = -0.61, livello di significatività << 0.1%);
2. una diminuzione nelle dimensioni massime dei Radiolari, interpretabile come il riflesso di una deposizione in condizioni di minore energia;
3. un marcato aumento del rapporto di ellitticità dei Radiolari, che indica una loro minore resistenza alla diagenesi da carico e/o alle deformazioni tettoniche in assenza di una significativa silicizzazione dello strato che li ospita.

L' abbondanza della silice, e lo spessore degli strati e dei noduli nei quali la silice si concentra, sono parametri da mettere in diretta relazione con l' abbondanza dei Radiolari; i noduli si sviluppano laddove è massimo l' addensamento di questi organismi. Ciò si deve sia alla quantità di silice resa disponibile ai fluidi diagenetici dalla destabilizzazione precoce dell' opale che costituisce i gusci dei Radiolari, sia alla maggiore permeabilità della sabbia a Radiolari rispetto alla lutite circostante. Indizi sedimentologici già commentati (laminazioni aventi significato composizionale; "tappeti" a Radiolari con le capsule centrali colmate da riempimenti geopetali incoerenti), oltre a quanto osservato sull' equivalenza idraulica fra intraclasti argillosi e Radiolari, indicano in modo piuttosto convincente che la deposizione delle melme a Radiolari, anche in queste unità, avvenne grazie all' azione di correnti trattive e non per semplice accumulo gravitativo dei gusci.

SPIEGAZIONE DELLE ABBREVIAZIONI UTILIZZATE IN TABELLA 1

CAMP - Sigle dei campioni (v. testo e sezione stratigrafica in appendice).
FACIES - ccn = calcare con noduli di selce; ccss = calcare con selce stratiforme; cmcn = calcare marnoso con noduli di selce; cmcss = calcare marnoso con selce stratiforme; cmsn = calcare marnoso senza noduli; csn = calcare senza noduli; mccn = marna calcarea con noduli di selce; mcn = marna con noduli di selce; mcsn = marna calcarea senza noduli; mcss = marna con selce stratiforme; msn = marna senza noduli; nic = nodulo di selce in calcare; nicm = nodulo di selce in calcare marnoso; nim = nodulo di selce in marna; ss = strato selcioso.
Colore - g-verde = grigio-verdino; b-rosato = bianco-rosato; r-verde = da rossiccio a verdino.
Strat - metri dalla base della sezione (v. sezione stratigrafica in appendice).
s nod - spessore dello strato o del nodulo selcioso (in cm).
Max ø - diametro del Radiolare più grosso osservato nella sezione sottile (in μm).
Srt - selezione del sedimento; EP = estremamente scarsa ("extremely poor"); VP = molto scarsa ("very poor"); P = scarsa ("poor"); M = moderata ("moderate").
Grad - presenza (X) o assenza di gradazione.
Lamin - presenza (X) o assenza di laminazioni.
Btb - presenza (X) o assenza di bioturbazione.
dr/d - rapporto tra le dimensioni medie dei Radiolari (dr) e degli altri costituenti clastici del sedimento (d).
RAD - abbondanza percentuale di Radiolari.
μQZ - abbondanza percentuale di microquarzo interstiziale.
ARG - abbondanza percentuale di argilla.
MICR - abbondanza percentuale di micrite o microsparite.
EM - presenza (X) o assenza di ematite.
Biocl - bioclasti oltre ai Radiolari; rc-f = resti chitino-fosfatici; s = spicolae; lp = Lamellibranchi pelagici; f = Foraminiferi bentonici; o = Ostracodi; e = Echinodermi; A = Aptici; "f" = organismi filamentosi sensu PASQUARÉ, 1965.
"Chips" - presenza (X) o assenza di intraclasti argillosi appiattiti ("clay chips").
Extr - extraclasti; Qz = quarzo monocristallino; Mu = muscovite; Chl = clorite; Bt = biotite; Mrf = frammento di roccia metamorfica.
Conservazione - graduatoria degli stili di conservazione dei Radiolari, dal più abbondante (il primo) al più raro (l' ultimo); i trattini delimitano raggruppamenti ad ex-aequo. Le lettere dalla a alla f corrispondono agli stili di conservazione descritti da FOLK & MCBRIDE, 1978 - fig. 26.
μqz - abbondanza percentuale di Radiolari aventi la capsula centrale colmata da microquarzo.
clcdn - abbondanza percentuale di Radiolari aventi la capsula centrale colmata da calcedonio; tr. = tracce.
arg (r) - abbondanza percentuale di Radiolari aventi la capsula centrale colmata da argilla; la percentuale di argilla ematitica rossiccia è indicata tra parentesi quando essa non rappresenti la totalità dell' argilla.
Mqz - abbondanza percentuale di Radiolari aventi la capsula centrale colmata da megaquarzo ad estinzione ondulata; tr. = tracce.
r = rapporto di ellitticità medio dei Radiolari.
rad calc = stima sull' abbondanza di Radiolari calcitizzati e sull' entità della calcitizzazione; p = pochi, a = alcuni, > = la maggioranza; c = completamente, ip = in parte.
ricr = entità della ricristallizzazione della selce; deb = debole; ava = avanzata; f(arg) = in funzione del contenuto d' argilla.
vene = natura mineralogica dei riempimenti di vena; c = calcite; Cd = calcedonio; μ = microquarzo; a = sedimento interno lutitico; M = megaquarzo; s = selce.

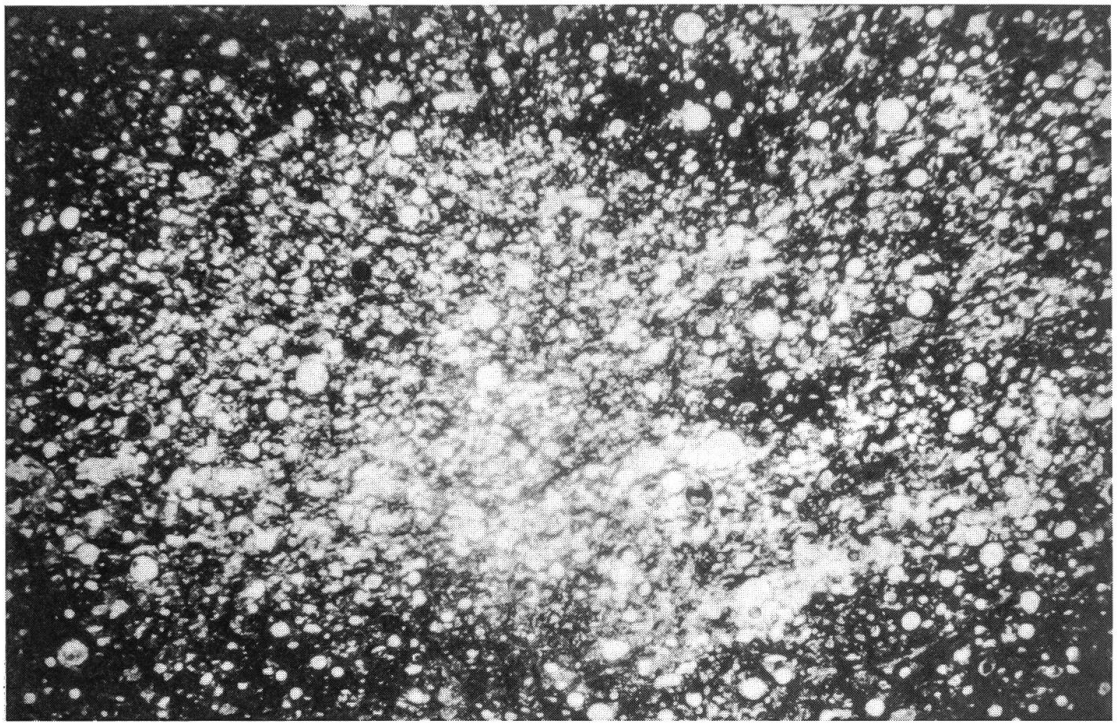
CAMP	FACIES	Colore	Strat	# nod	Max #	Srt	Grad	Lamin	Btb	dr/d	RAD	µQZ	ARG	MICR	EM	Biocl	"Chips"	Extr	Conservazione	µqz	clcdn	arg (r)	Mqz	r	rad calc	ricr	vene
DS 236	ccn	bianco	11.31	3	265	VP				>1	20	20	5	55		"f", s		-	ecda	78	20	2	0	1.2	pip	-	c, M
DS 236	nic	rosato	11.31	3	265	P				-	40	60	0	0		-		-	ecda	78	20	2	0	1	-	ava	c, M
DS 235	cmsn	g-verde	11.20	0	310	M/P			X	≈ 1	40	5	15	40		"f"		-	eda-cf	82	15	2	1	1.1	pc, aip	-	µ,Cd,c
DS 234	cmsn	rosso	11.16	0	500	P/VP			X	≈ 1	40	2	18	40	X	lp, "f"		Qz	edfc	85	10	5	0	1.3	aip	-	c
DS 232	mccn	rosso	10.99	4	270	M/P		X		≈ 1	50	2	30	18		lp, "f"	X	-	e-df-ac	79	15	5	1	1.1	>ip	-	µ,c
DS 231	msn	rosso	10.93	0	-	P		X		-	0	0	40	60		lp,"f",e	siltosil	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
DS 230	msn	rosso	10.77	0	245	M/P	X	X	X	< 1	20	2	39	39		lp,"f",A	X	-	e-cd-a	70	25	5	0	1.05	ac, >ip	-	c
DS 229	mcsn	rosso	10.48	0	265	M/P			X	≈ 1	55	1	32	12	X	lp,"f",A		Qz	ed-ac-f	65	30	5	0	1.1	pc, >ip	-	µ
DS 228	msn	rosso	10.25	0	370	M/VP		X	X	≈ 1	40	2	40	18		lp,"f",A	X	-	e-cdf	60	35	5	0	1	pc, aip	-	c
DS 227	cmsn	rosso	10.09	0	285	M			X	< 1	40	2	18	40		lp,"f"		-	e-ad-f	75	20	5	0	> 1	pc, aip	-	-
DS 226	csn	rosato	8.96	0	440	M	X	X	X	≈ 1	50	5	5	40	X	lp,A	X	Chl	ed-cf-a	85	8	7	tr.	1.05	aip	-	µ,Cd,c
DS 225	ccn	rosato	8.83	2	340	P/VP	X	X	X	≤ 1	35	10	0	55	X	lp, A	X	Qz	edacf	75	20	4	1	1.1	pc, >ip	-	s, c
DS 224	ccn	rossiccio	7.97	8	370	P		X	X	≤ 1	50	1	1	48		lp, A	X	Mu	e-cd-bf	75	15	9 (8)	1	1	pc, aip	-	µ
DS 223	csn	rosso	7.45	0	185	EP		X		≈ 1	2	0	8	90	X	lp,f,e,o	X	-	-	0	0	0	0	1.4	tutti	-	c
DS 222	ccss	rosso	7.26	7	460	P/VP		X	X	≈ 1	30	5	5	60		-	X	Qz	e-cd-fa	65	25	10 (8)	0	1	ac, aip	-	µ,Cd,c,M
DS 222	ss	rosso	7.26	7	460	M/P		X	X	≈ 1	60	20	20	0	X	-	X	Qz	e-cd-fa	65	25	10 (8)	0	1	-	deb	µ,Cd,c,M
DS 221	cmcn	rosato	7.05	4	445	P		X	X	≈ 1	20	2	20	58	X	s,e	X	-	ecd-af	80	15	5	tr.	1.15	ac,aip	-	µ,Cd,c,M
DS 221	nicm	rosso	7.05	4	445	M/P		X	X	≈ 1	40	25	35	0		-	X	-	ecd-af	80	15	5	tr.	1	-	deb	µ,Cd,c,M
DS 220	ss	rosso	6.47	8	560	M/P		X	X	≈ 1	25	35	35	5	X	-	X	-	ed-bc-f	85	10	5	0	1.01	-	deb	c
DS 219	ccss	rosso	4.86	6.5	540	P	-	-	X	≈ 1	35	0	10	55	X	s		-	e-cdf-ab	75	20	5	0	-	pc, aip	-	c
DS 219	ss	rosso	4.86	6.5	355	M/P		X	X	≈ 1	50	20	30	0	X	-	X	Chl	bed-cf	75	10	15 (14)	0	1	-	ava	µ,Cd,c,s,a
DS 218	mcn	rosato	4.72	1.5	285	P			X	-	20	2	39	39	X	-		-	edc-ab-f	70	20	10	0	1.05	ac, >ip	-	µ,c
DS 218	nim	rosso	4.72	1.5	285	M/P			X	-	60	19	19	2	X	-		-	edc-ab-f	70	20	10	0	1	-	deb	µ,c
DS 217	ss	rosso	3.88	8.5	285	M/VP		X	X	≈ 1	50	18	30	2	X	lp, s	X	-	e-cdf-ba	85	tr.	15	tr.	1	-	f(arg)	µ,c,s
DS 216	mcss	verde	2.95	4	350	P	X		X	< 1	35	40	20	5	X	-		-	ed-ab	40	45	15	0	1	pip	-	Cd,c,M
DS 216	ss	rosso	2.95	4	350	M	X		X	< 1	40	40	20	0	X	lp		-	ed-ab	35	50	15 (12)	0	1	-	ava	Cd,c,M
DS 215	mcn	rosa	2.69	21	485	VP	X	X	X	≈ 1	30	2	34	34	X	f	X	fillade	e-cdf-ab	85	10	5	0	1.2	pc, aip	-	µ,Cd,c
DS 215	nim	rosso	2.69	21	485	M	X	X	X	≈ 1	30	45	20	5		-	X	fillade	e-cdf-ab	85	10	5	0	1.05	-	ava	µ,Cd,c
DS 214 I	cmcn	r-verde	2.64	3.5	310	P/VP		X	X	≤ 1	28	2	15	55	X	s, o?	X	-	e-cdf-ba	80	8	12 (11)	0	1.02	ac, aip	-	µ,c,s
DS 214 I	nicm	r-verde	2.64	3.5	310	M/P		X	X	≤ 1	55	25	15	5	X	-	X	-	e-cdf-ba	80	8	12 (11)	0	1	-	ava	µ,c,s
DS 214	cmcn	r-verde	2.64	3.5	320	VP		X	X	≈ 1	28	2	15	55		-	X	Qz,Chl	ed-af-c	85	10	5	0	1.1	pc, aip	-	a,c,s
DS 214	nicm	r-verde	2.64	3.5	320	M		X	X	≈ 1	50	10	10	30	X	-	X	Qz,Chl	ed-af-c	85	10	5	0	1.1	-	ava	a,c,s
DS 213	cmsn	bianco	2.60	0	265	P	X	X		≈ 1	35	10	20	35	X	lp, o??	X	Qz,Mu,Bt	e-acd-bf	83	15	2	0	1.15	pc, pip	-	Cd,c
DS 212	ss	rosso	2.55	6	480	P		X	X	≈ 1	30	50	18	2	X	-	X	-	ed-abcf	70	20	10 (9)	0	1.05	-	ava	Cd,c
DS 211	ccn	g-verde	2.45	2	340	VP	X	X		-	20	3	2	75	X	-	X	Mu	ebd	75	10	15 (7)	0	1.1	aip	-	c
DS 211	nic	rosso	2.45	2	340	P	X	X		-	40	35	15	10	X	-	X	Mu	ebd	75	10	15 (7)	0	1.1	-	ava	c
DS 210	cmcss	g-verde	2.32	10	165	P/VP	X	X		≈ 1	5	5	20	70		-	X	-	eb-cf	90	tr.	10 (9)	0	1.15	>c	-	c
DS 210	ss	r-verde	2.32	10	165	M	X	X		≈ 1	30	35	35	0		-	X	-	eb-cf	90	tr.	10 (9)	0	1.15	-	f(arg)	c
DS 209	ccn	rosso	2.21	1.5	310	P	X			-	5	40	5	40		-		-	eb-acd	40	60	0	0	1.1	pc, aip	-	c
DS 209	nic	r-verde	2.21	1.5	310	M	X			-	35	55	5	5		-		-	eb-acd	40	60	0	0	1	-	ava	c
DS 208	cmcn	b-rosato	2.17	1.5	180	VP	X	X	X	< 1	5	5	20	70	X	lp,f	X	Chl	eba-cf	90	0	10	0	1	>c	-	c
DS 208	nicm	rosato	2.17	1.5	180	VP	X	X	X	< 1	10	30	40	20	X	lp,f	X	Chl	eba-cf	90	0	10	0	1	-	deb	c
DS 207	ccss	rosso	2.11	8	285	VP	X	X	X	≈ 1	20	2	5	73		-	X	Qz	e-ad-cf	85	10	5	0	1	ac, aip	-	c
DS 207	ss	rosso	2.11	8	285	M/P	X	X	X	≈ 1	40	25	34	1	X	-	X	Qz	e-ad-cf	85	10	5	0	1	-	ava	c
DS 206	ccn	rosso	1.90	11.5	245	P/VP		X		≥ 1	30	10	10	50	X	s	X	-	eba-cdf	80	5	15 (3)	0	1.15	ac, aip	-	c
DS 206	nic	rosso	1.90	11.5	245	P/VP		X		≥ 1	10	87	1	2	X	s	X	-	eba-cdf	80	5	15 (3)	0	1.15	-	ava	c
DS 205	csn	rosato	1.68	0	285	P		X	X	≈ 1	35	2	13	50		lp,s	X	-	ea-cf-db	75	20	5 (4)	0	1.05	pc, aip	-	µ,Cd,c,M,s
DS 204	mcn	rosato	1.64	2	405	EP	X	X		< 1	25	5	40	30	X	s	X	-	e-ad-fc	80	5	15	0	1.1	ac, aip	-	µ,Cd,c,a
DS 204	nim	rosso	1.64	2	405	P	X	X		< 1	30	40	20	10	X	s	X	-	e-ad-fc	80	5	15	0	1.1	-	ava	µ,Cd,c,a
DS203	ccn	rosato	1.58	2.5	590	M	X	X		≈ 1	32	10	5	53		s	X	Mu,Chl	e-bcd-af	85	5	10	0	1.05	ac,>ip	-	c
DS203	nic	rosso	1.58	2.5	590	M	X	X		≈ 1	50	40	5	5		s	X	Mu,Chl	e-bcd-af	85	5	10	0	1	-	deb	c
DS 202	cmcn	g-verde	1.51	2	265	VP	-	-	-	-	5	5	20	70		-		-	edcf	85	5	10	0	1.1	>c, aip	-	Cd,c
DS 202	nicm	rosso	1.51	2	265	P	-	-	-	-	40	25	35	0	X	-		-	edcf	85	5	10	0	1	-	ava	Cd,c
DS 201	ccn	rosato	1.26	4	250	P/VP	X	X	X	≈ 1	20	5	5	70		s	X	Mu,Chl	e-bcd-af	85	5	10 (8)	0	1.15	pc, aip	-	c
DS 201	nic	rosso	1.26	4	250	M	X	X	X	≈ 1	50	30	18	2		s	X	Mu,Chl	e-bcd-af	85	5	10 (8)	0	1.15	-	ava	c
DS 201 b	cmcn	rosato	1.24	4	720	P/VP	X	X	X	≈ 1	20	5	20	55		-	X	-	eb-ad-cf	75	5	20 (15)	0	1.2	ac, aip	-	c
DS 201 b	nicm	rosso	1.24	4	720	M/P	X	X	X	≈ 1	40	40	15	5	X	-	X	-	eb-ad-cf	75	5	20 (15)	0	1.01	-	ava	c
DS 200	mccn	rosso	1.00	3.5	415	P		X	X	≈ 1	40	0	30	30		rc-f	X	Qz,Mu,Mrf	a-cdf	88	10	2 (1)	0	1.15	pc, aip	-	c

Tab. 1 Risultati dell'analisi semiquantitativa delle sezioni sottili ottenute dai campioni della Cava Molinelli. Per le abbreviazioni utilizzate, v. spiegazione.

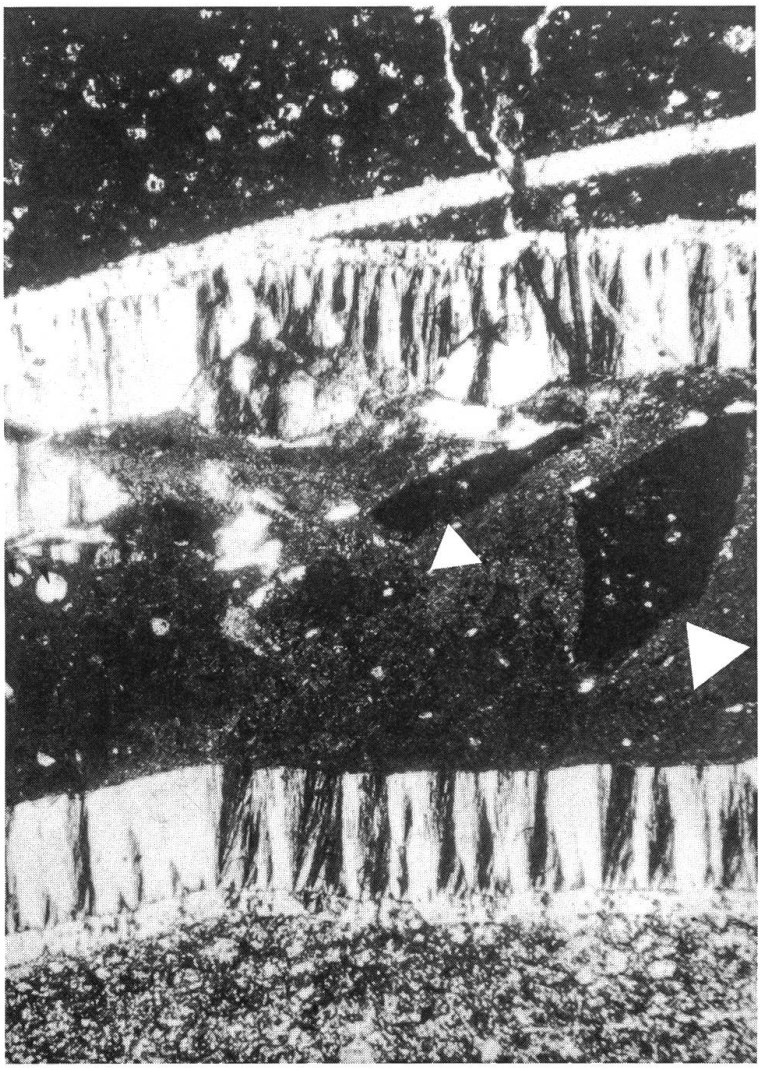
Biostratigrafia

Il passaggio da Radiolariti lastroidi a Radiolariti nodulari nel Bacino Lombardo è stato datato attorno al limite Calloviano/Oxfordiano (BAUMGARTNER, 1987) in base alle Associazioni Unitarie a Radiolari. I nostri dati sono in disaccordo con questa valutazione; infatti la nannoflora rinvenuta negli interstrati calcarei delle Radiolariti nodulari calcaree in località Selva, una decina di metri sopra il limite con le Radiolariti lastroidi (campione SD 93), comprende comuni *Lotharingius hauffii* e *Lotharingius contractus* (v. paragrafo di biostratigrafia a Nannofossili calcarei), che indicano un' età non più recente del Batoniano (probabilmente Batoniano in questo caso, considerata la posizione stratigrafica). La stessa associazione è stata osservata in altri campioni (SD 89, SD 91, SD 92) prelevati sia dai piccoli affioramenti delle Radiolariti nodulari calcaree lungo la strada che conduce alla Dogana, sia dalla lama tettonica di Radiolariti esposta nella Cava Coste (campioni SD 85 e SD 86). In particolare, il campione SD 92 contiene un unico esemplare di *Hexalithus magharenisis* la cui distribuzione stratigrafica è ristretta all' intervallo Aaleniano-Bajociano. E' quindi possibile che alla base delle Radiolariti nodulari calcaree vada attribuita un'età addirittura Bajociana superiore.
Il contatto netto osservato tra Radiolariti lastroidi e Radiolariti nodulari calcaree fa sì che la facies delle Radiolariti nodulari in senso stretto ("knobby facies" di Winterer & Bosellini, 1981) non sia rappresentata nell' area in esame. Ciò potrebbe essere dovuto o ad una lacuna stratigrafica in corrispondenza delle "knobby radiolarites" tipiche (in tal caso le Radiolariti nodulari calcaree rappresenterebbero già la base del Rosso ad Aptici), oppure, più semplicemente, ad una locale peculiarità di facies delle "knobby radiolarites". E' infatti noto che le radiolariti nodulari si originano dalle trasformazioni diagenetiche di una ooze mista, siliceo-calcarea, in cui la proporzione relativa silice/carbonato di calcio potrebbe essere di 4/1 (Winterer & Bosellini, 1981; BAUMGARTNER, 1987); nella "knobby facies" tipica l' entità della dissoluzione dei carbonati e della silicizzazione diagenetica sarebbe tale da non lasciare traccia della frazione calcarea originariamente compresa nella ooze. Tuttavia, se una minore dissoluzione e una silicizzazione meno pervasiva avessero permesso alla frazione carbonatica originaria di conservarsi, con ogni probabilità si sarebbero prodotte delle alternanze di selci nodulari e calcari incassanti analoghe a quelle osservate nelle Radiolariti nodulari calcaree di Ligornetto, che in questo potrebbero rappresentare un equivalente laterale delle "knobby radiolarites" tipiche.

L' età Batoniana determinata per il passaggio da Radiolariti lastroidi a Radiolariti nodulari calcaree ci induce a propendere decisamente per la seconda delle due interpretazioni ipotizzate sopra, e a riconoscere nelle Radiolariti nodulari calcaree un equivalente laterale delle "knobby radiolarites".
La parte alta delle Radiolariti nodulari calcaree e i primi metri del Rosso ad Aptici sono caratterizzati da associazioni a Nannofossili calcarei poco significative stratigraficamente, che indicano età genericamente Calloviano-Kimmeridgiane. La transizione dalle Radiolariti al Rosso ad Aptici nel Bacino Lombardo è stata datata da BAUMGARTNER (1987) all' Oxfordiano.
I dati semiquantitativi illustrati in Tab. 1 permettono di individuare una litozona caratterizzata dalla presenza di piccoli Aptici (corrispondente ai livelli 62÷79 della sezione della cava, per uno spessore di 2.8 m), ed una litozona contrassegnata dalla presenza e poi dall' abbondanza di organismi filamentosi (livelli 73÷89, per uno spessore minimo di 2.5 m). Le due litozone si sovrappongono in parte, originando una "litozona di distribuzione concomitante", corrispondente ai livelli 73÷79 e spessa 0.85 m. E' probabile che queste litozone siano utili per correlazioni locali, ma raccomandiamo di non utilizzarle al di fuori del dominio paleogeografico di pertinenza (nella fattispecie, l' alto di Lugano).
Sul lato occidentale della Cava Coste, in marne rosate del Rosso ad Aptici, è stato rinvenuto un esemplare di *Lamellaptychus* (determinazione di C. Gnoli); la massima diffusione di questo genere è segnalata da Pasquaré (1965) nella parte medio-alta della formazione.
La documentazione biostratigrafica migliora nella parte alta del Rosso ad Aptici, ben data-



Fot. 11 Nodulo "mancato" in marna silicea. Rosso ad Aptici, DS 228, 12x, 1N.



Fot. 12 Vena orizzontale ("sheet crack") costituita da microquarzo (all' esterno), calcedonio fibroso "a palizzata" e sedimento interno lutitico contenente intraclasti angolosi di argillite a Radiolari (triangoli bianchi) e Radiolari completamente calcitizzati (freccine nere). La vena, i cui riempimenti sono cresciuti simmetricamente, si sviluppa all'interfaccia fra nodulo selcioso (in basso) e marna silicea incassante (in alto). Radiolariti nodulari calcaree, DS 204, 20x, 2N

ta al Titoniano superiore (campione SD 81 sul lato orientale della Cava Molinelli; campione SD 98 dai calcari variegati bianco-rosati alla Cava Pre Murin).

Spessori

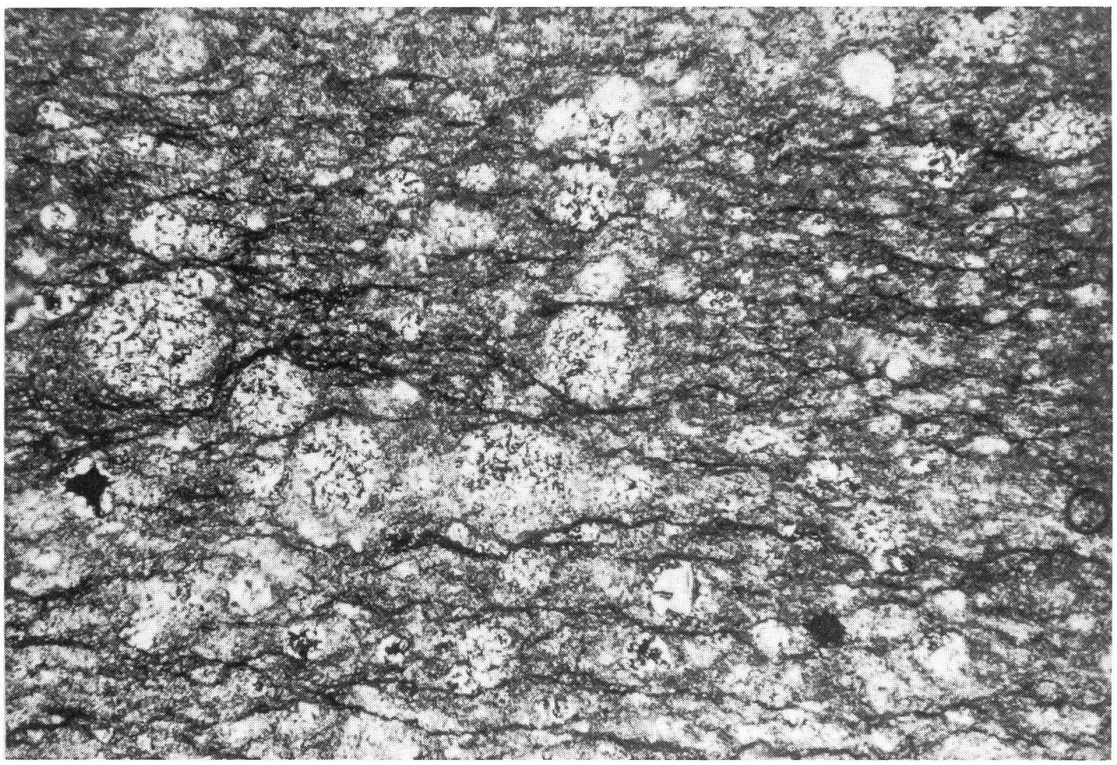
Gli spessori delle due unità sono di difficile valutazione, dal momento che non esiste in alcun affioramento una sezione continua da base a tetto. L' affioramento della contrada Selva suggerisce uno spessore maggiore di 10 m per le Radiolariti nodulari calcaree, ma la stima sale ad almeno 15 m se si tiene conto del fatto che i 5 m circa pertinenti a questa unità in Cava Molinelli presentano nannoflore sistematicamente più giovani.
In nessuno affioramento è possibile osservare uno spezzone di Rosso ad Aptici più spesso di 4.5÷5 m. Tuttavia, se si ammette che la successione stratigrafica sul lato occidentale della Cava Molinelli sia in continuità con il piccolo affioramento sul lato orientale (che contiene Nannofossili di età Titoniana), uno spessore di almeno 12 m può essere stimato per questa formazione. Alla piccola Cava di Pre Murin, gli strati di calcare marnoso rosato attribuibili al Rosso ad Aptici sono spessi soltanto 3.1 m.

Paleoambienti

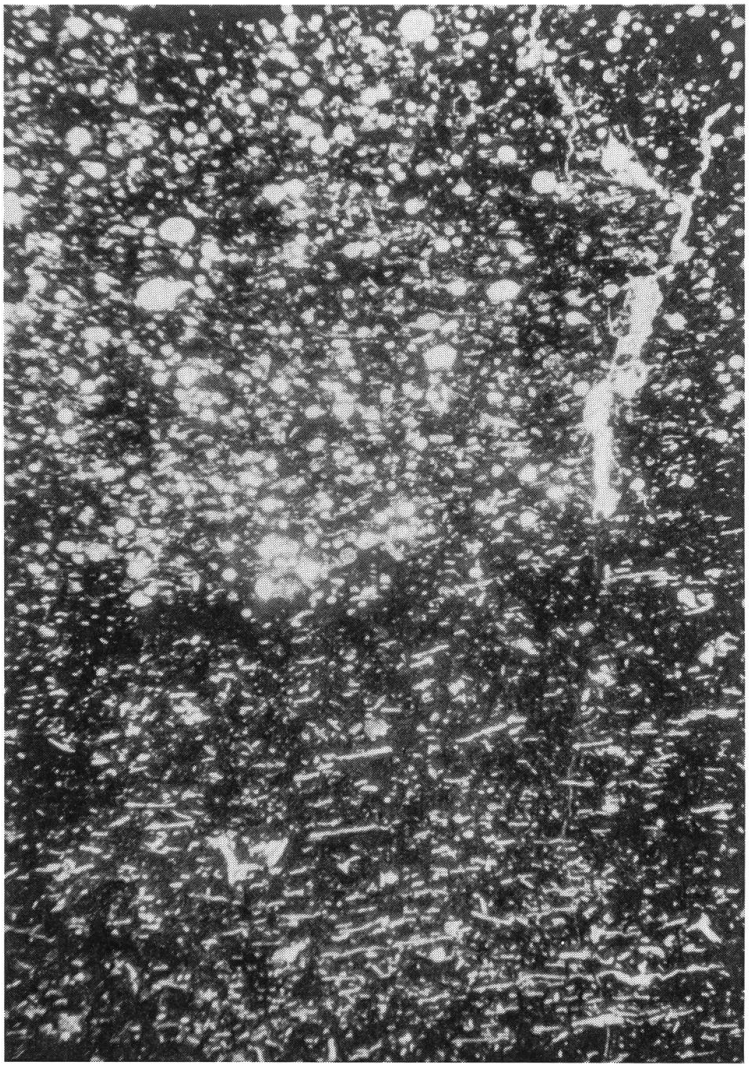
L' interpretazione paleoambientale e paleobatimetrica delle Radiolariti nodulari calcaree e del Rosso ad Aptici non si discosta sostanzialmente da quella proposta per le Radiolariti lastroidi, benché molti Autori (es. WINTERER & BOSELLINI, 1981) abbiano interpretato la crescente abbondanza di carbonato come il risultato di un progressivo approfondimento della CCD; in particolare il Rosso ad Aptici, contenente Aptici calcitici ma privo di Ammoniti aragonitiche, si sarebbe deposto a profondità comprese tra le profondità di compensazione della calcite (CCD) e dell' aragonite (ACD). L' approfondimento relativo delle superfici di compensazione dei carbonati tende ad essere ascritto ad una progressiva saturazione in carbonato delle acque oceaniche durante il Malm; certamente non ad un sollevamento del substrato, la cui subsidenza termica di post-rift fu anzi poco o nulla compensata dagli esigui spessori di sedimenti del Dogger. E' quindi possibile che le unità delle Radiolariti nodulari calcaree e del Rosso ad Aptici si siano deposte a profondità ancora maggiori di quelle, già considerevoli, alle quali si deposero le Radiolariti lastroidi.

Formazione della Maiolica

Unità di notevolissima distribuzione areale alla scala del Sudalpino, è esposta soltanto nel settore orientale dell' area rilevata, nella piccola cava in località Pre Murin e nei limitati affioramenti immediatamente circostanti. Qui la Maiolica si presenta nella sua classica facies di calcilutite color nocciola chiaro, biancastra all' alterazione, con frattura concoide e sparsi noduli selciosi di colore grigio, giallastro all' alterazione. La stratificazione è distinta e planare, lo spessore degli strati va dai 20 ai 40 cm; sono diffuse e tipicamente vistose le stiloliti.
L' unico campione analizzato in sezione sottile (DS 254) proviene dal primo strato di Maiolica affiorante alla Cava Pre Murin; tale strato poggia direttamente sui calcari marnosi variegati bianco-rosati che segnano la transizione con il sottostante Rosso ad Aptici. La roccia può essere classificata come un mudstone bioclastico a Tintinnidi e Radiolari, questi ultimi completamente calcitizzati (Fot. 16).
Delle unità cartografate, la Maiolica occupa la posizione stratigrafica più alta ed il suo tetto non è mai osservabile; ciò rende impossibile una qualsiasi valutazione accurata del suo spessore, probabilmente maggiore di 30 m se si ammette che l' affioramento della Cava Pre Murin sia in continuità con quello situato lungo il rio immediatamente più a Sud. Alle gole della Breggia la Maiolica raggiunge i 130 m di spessore (WEISSERT, 1981), nono-



Fot. 13 Microstiloliti incipienti modellate sui Radiolari durante la compattazione diagenetica; questa disposizione indica una maggiore resistenza alla dissoluzione da parte dei Radiolari rispetto alla matrice. Radiolariti nodulari calcaree, DS 215, 46.5x, 2N.

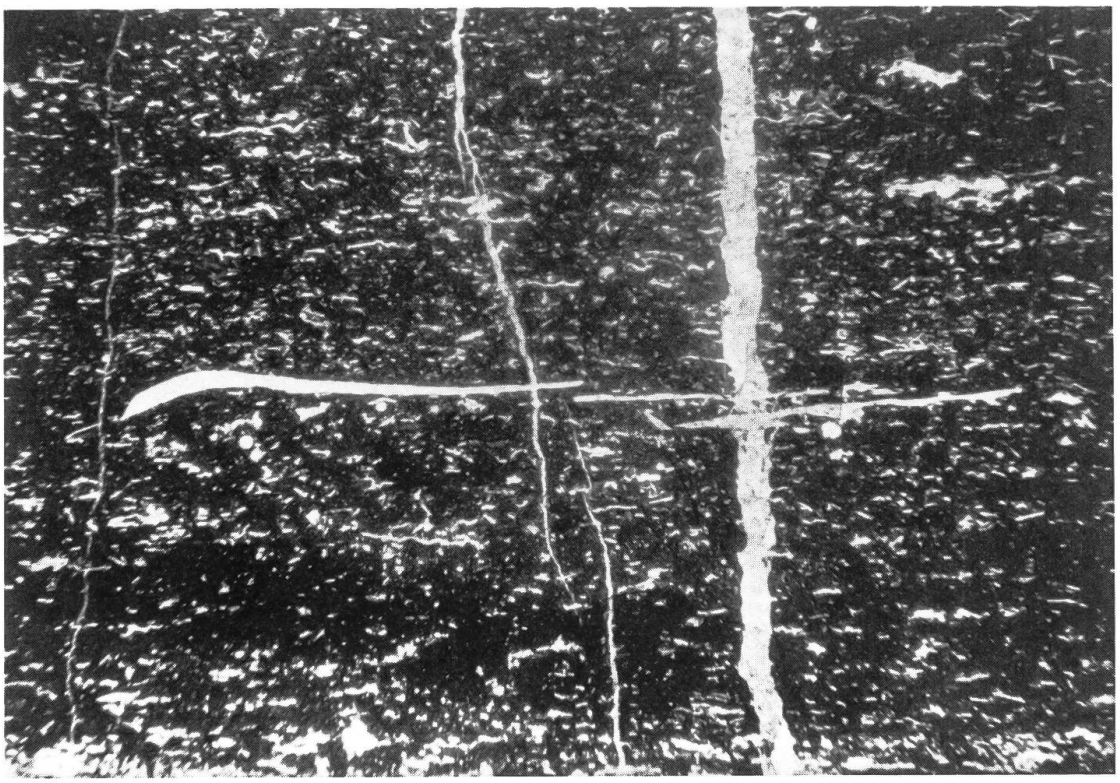


Fot. 14 Due lamine, quella sottostante interamente costituita da frammenti filamentosi calcarei, quella soprastante interamente da Radiolari. Rosso ad Aptici, DS 230, 12x, 2N.

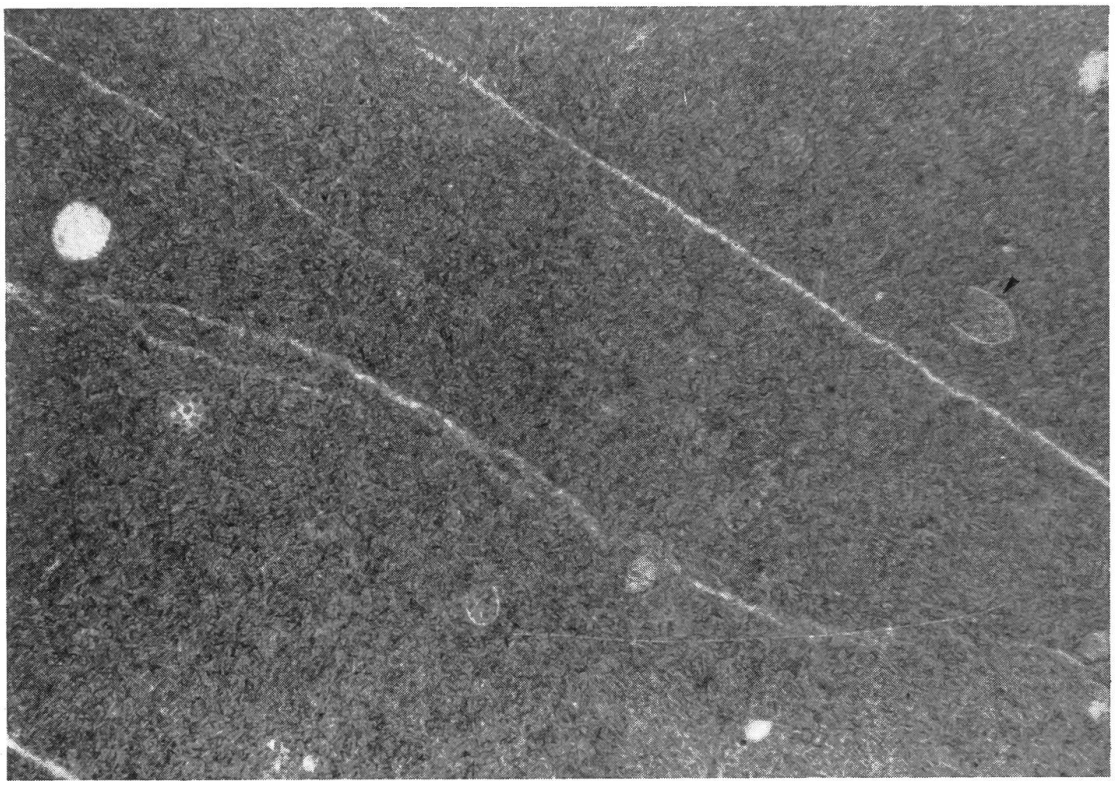
stante una lacuna stratigrafica al contatto con la soprastante Scaglia (ARTHUR & PREMOLI SILVA, 1982).
L' associazione a Calpionellidi di grosse dimensioni appartenenti alla specie *Calpionella alpina* (lunghezza della lorica anche maggiore di 100 µm; Fot. 16) e a nannoconidi (campione SD 99) indica un' età tardo-Titoniana (Zona A di REMANE, 1985; pag. 559). Anche questa unità si ritiene deposta in ambienti batiali profondi (ARTHUR & PREMOLI SILVA, 1982).

BIOSTRATIGRAFIA A NANNOFOSSILI CALCAREI

Lo studio dei Nannofossili calcarei è stato condotto su 53 campioni di cui 34 provengono dalla sezione di dettaglio della Cava Molinelli (Fig. 4) mentre 19 sono stati prevelati da affioramenti sparsi. I risultati ottenuti sono illustrati in Tab. 2 dove vengono riportate le stime delle abbondanze delle nannoflore e il loro stato di conservazione, come pure le abbondanze relative dei singoli taxa. In Appendice sono elencate le specie riconosciute e gli Autori che le hanno istituite ed eventualmente emendate.
Tutti i campioni investigati contengono nannoflore con grado di conservazione da moderato a scarso; evidenze di dissoluzione sono state rinscontrate in tutti i campioni ed i livelli di calcari silicizzati sono fortemente depauperati di Nannofossili calcarei. Le associazioni sono dominate dal genere *Watznaueria* e cioè da forme particolarmente resistenti alla dissoluzione ma non molto diagnostiche da un punto di vista biostratigrafico nel Giurassico medio-superiore al di sopra del Bajociano, intervallo caratterizzato da un rapido tasso evolutivo di questo genere e dunque dalla comparsa di molte specie (COBIANCHI et al., 1992). In Tab. 3 sono illustrate le distribuzioni stratigrafiche delle specie ritrovate nei campioni analizzati e che sono servite per la suddivisione cronostratigrafica della sezione di Cava Molinelli e degli affioramenti sparsi campionati nell'area circostante. Per la bio-cronostratigrafia dei Nannofossili calcarei nel Giurassico medio-superiore si fa riferimento ai lavori di PERCH-NIELSEN (1985), BOWN et al. (1988), BRALOWER et al. (1989), ERBA (1990), GAETANI & ERBA (1990), COBIANCHI (1992) COBIANCHI et al (1992) e REALE et al. (1992).
Le associazioni a Nannofossili calcarei dei campioni prelevati nella Cava Molinelli contengono abbondantissimi esemplari di piccole dimensioni di *Watznaueria manivitae* (qui denominati "small" *W. manivitae*), comune-abbondante *W. manivitae* e *W. barnesae*, comune-frequente *Cyclagelosphaera margerelii*, frequente *W. britannica*, rari *W. communis* e *Diazomatolithus lehmanii*. Queste nannoflore sono poco significative da un punto di vista biostratigrafico, in quanto indicano un'età compresa tra il Bajociano ed il Kimmeridgiano sommitale. Il tetto di questo intervallo tempo è basato sull'assenza di specie che si ritrovano comunemente in unità tetidee di età Kimmeridgiana sommitale o più recenti. Una migliore risoluzione biostratigrafica è ostacolata dalla scarsa conservazione delle nannoflore, poiché le specie significative per la biozonazione del Giurassico medio-superiore sono generalmente molto sensibili alla dissoluzione e raramente si conservano nei litotipi caratteristici della Tetide giurassica.
La nannoflora riscontrata nel campione SD 92 è attribuibile al Bajociano per la presenza concomitante di *W. britannica*, *W. communis*, *W. manivitae*, *Lotharingius hauffii*, *L. contractus* e di un esemplare di *Hexalithus magharensis*; infatti la distribuzione conosciuta di quest'ultimo taxon non supera il Bajociano sommitale. Se la distribuzione di *H. magharensis* verrà estesa in futuro ad intervalli più recenti, l'associazione del campione SD 92 indicherà comunque un'età Bajociano-Batoniano per la presenza di *L. hauffii* e *L. contractus*.
Le nannoflore dei campioni SD 93, SD 85 e SD 86, SD 89, SD 91 e SD 92 indicano l'intervallo Bajociano-Batoniano. I campioni SD 96 - SD 93 sono stati raccolti dall' affioramento in località Selva; solo il campione SD 93 contiene Nannofossili calcarei indicanti il Bajociano-Batoniano mentre gli altri tre campioni non contengono associazioni diagnostiche. Anche nei campioni SD 87 e SD 84 le associazioni sono genericamnte riferibili all'intervallo



Fot. 15 Lamellibranchi pelagici "embricati" in marna calcarea laminata. Rosso ad Aptici, DS 230, 12x, 1N.



Fot. 16 Radiolari e Tintinnidi (tra cui *Calpionella alpina*, indicata dalla freccina nera) in calcilutite. Base della Formazione della Maiolica, DS 254, 63x, 1N.

Bajociano-Kimmeridgiano superiore. Il campione SD 82 contiene, insieme a *Watznaueria* dominante, *Conusphaera mexicana minor* e *C. mexicana mexicana* che indicano un'età almeno Titoniana basale. Le associazioni più recenti provengono dai campioni SD 81, SD 98 e SD 99; la presenza di *C. mexicana mexicana*, *Polycostella beckmannii* e *P. senaria* nei campioni SD 81 e SD 98 permettono di datare la parte superiore del Rosso ad Aptici al Titoniano superiore, mentre il Campione SD 99 dalla base della Maiolica é di età Titoniano sommitale in quanto sono presenti comuni nannoconidi rappresentati da *Nannoconus globulus minor*, *N. steinmannii minor*, *N. colomii* e *Nannoconus* spp.

Tab. 2 Distribuzione dei Nannofossili calcarei nella sezione della Cava Molinelli e in alcuni affioramenti campionati nell'area studiata. L'abbondanza delle nannoflore è stata stimata come segue: A = abbondante (almeno 10 esemplari in 1 campo di microscopio); C = comune (5-10 esemplari in 1 campo di microscopio), F = frequente (2-5 esemplari in 1 campo di microscopio), R = rara (circa 1 esemplare in 1 campo di microscopio), RR = molto rara (1 esemplare ogni 5 - 10 campi di microscopio). L' abbondanza relativa dei singoli taxa è stata codificata come segue: AA = molto abbondante (più di 5 esemplari in 1 campo di microscopio), A = abbondante (1-5 esemplari in 1 campo di microscopio), C = comune (1 esemplare in 2-10 campi di microscopio), F = frequente (1 esemplare in 10-100 campi di microscopio), R = raro (1 esemplare in più di 100 campi di miscroscopio). Il grado di conservazione è stato valutato tenendo conto di dissoluzione e ricristallizzazione come segue: M = moderato (parziale dissoluzione e/o ricristallizzazione ma i caratteri diagnostici sono ancora conservati), P = povero (dissoluzione e/o ricristallizzazione hanno fortemente alterato i caratteri diagnostici; alcune specie non sono più identificabili).

	Campione	Abbondanza	Conservazione	*Watznaueria barnesae*	"small" *Watznaueria manivitae*	*Watznaueria communis*	*Cyclagelosphaera margerelii*	*Watznaueria manivitae*	*Watznaueria britannica*	*Diazomatolithus lehmanii*	*Watznaueria* spp.	*Lotharingius hauffii*	*Triscutum* spp.	*Lotharingius contractus*	*Lotharingius sp.*	*Crepidolithus crassus*	*Discorhabdus striatus*	*Hexalithus magharensis*	*Conusphaera mexicana minor*	*Conusphaera mexicana mexicana*	*Polycostella beckmannii*	*Polycostella senaria*	*Braarudosphaera regularis*	*Nannoconus globulus minor*	*Nannoconus* spp.	*Nannoconus steinmannii minor*	*Nannoconus colomii*	*Markalius circumradiatus*	ETA'
	SD 99	A	M	A	F	R	C		R	R										F			R	R	C	C	R	R	TITONIANO SUPERIORE
	SD 98	A	M	A	A	R	R	R	R											AA									
	SD 81	A	M	R	F	R	R		R	R									R	A	C	R							
	SD 83	C	P	A	A	F	F	F	R																				TITONIANO INFERIORE
	SD 82	C	P	A	A	C	F		F										R	R									
	SD 84	A	PM	F	A	R	R	A	R	R																			BAJOCIANO - KIMMERIDGIANO
	SD 87	F	P	F	F	R	R	F	RF																				
Sezione della Cava Molinelli	SD 80	C	P	F	C	R	R	C	R																				
	SD 79	C	P	F	C	R	R	C																					
	SD 77	C	P	F	C	R	R	C	R																				
	SD 75	C	PM	C	AA	R	F	C	R																				
	SD 73	C	PM	C	AA	R	R	C	R																				
	SD 70	C	PM	C	AA	R	R	F																					
	SD 67	C	PM	C	AA	R	F	C	R																				
	SD 65	CA	PM	C	AA	R	F	CA	R	R																			
	SD 63	A	PM	C	AA	R	F	CA	R	R																			
	SD 60	A	PM	C	AA	R	C	A	F	R																			
	SD 57	A	PM	C	AA	R	C	A	F	R																			
	SD 55	CA	PM	C	A	R	C	A	R	R																			
	SD 53	CA	PM	C	A	R	C	A	R	R																			
	SD 50	A	P	A	AA	R	A	CA	R	R																			
	SD 47	A	P	A	AA	R	A	C	R	R																			
	SD 45	A	MP	A	AA	R	A	C	R	R																			
	SD 43	CA	MP	A	AA	R	C	R	R	R																			
	SD 40	CA	P	A	A	R	C	R	R	R																			
	SD 37	CA	MP	A	A	R	A	R	R																				
	SD 35	CA	MP	A	A	R	A	R	R																				
	SD 100	A	M	C	AA	R	C	FC	R																				
	SD 30	A	M	A	A	F	A	F	F																				
	SD 101	C	MP	C	A	F	C	F	F	R																			
	SD 25	A	PM	A	A	F	C	A	F	R																			
	SD 23	A	PM	A	A	F	C	A	F	F																			
	SD 20	A	P	A	A	F	C	A	F	F																			
	SD 17	A	P	A	A	F	C	C	F	F																			
	SD 15	A	P	C	A	F	A	F	F	F																			
	SD 13	A	P	C	C	F	C	F	F	F																			
	SD 10	C	MP	F	C	R	F	F	R	F																			
	SD 7	CA	MP	F	C	R	F	F	R	F																			
	SD 5	CA	MP	F	C	R	F	F	R	F																			
	SD 3	CA	MP	F	C	R	F	F	R	F																			
	SD 1	C	MP	F	C	R	C	F	R	F																			
	SD 88	CA	P		A	R	R	A	R																				
	SD 90	C	P		A	R	R	F	F		F																		
	SD 97	A	P		A	R	R	C	R																				
	SD 86	A	M		A	C	C	R	F			C	R	R		R	R												BAJOCIANO - BATONIANO
	SD 85	CA	P		F	F	R	R	F		C	C	R																
	SD 89	A	MP		A	C	F	F	F	R	F	C		R															
	SD 91	F	P		A	F	C	R	F		F	F		R															
Selva	SD 93	C	P		A	C	C	R	F	R		F		R	R														
	SD 94	RR	P					R			R																		
	SD 95	A	P		A						C																		
	SD 96	C	P		C	R		R		R	C																		
	SD 92	A	MP		A	C	F	F	F		F	R		R				R											BAJOCIANO

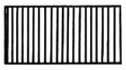
Tab. 3 Distribuzione stratigrafica delle specie osservate nel presente studio.

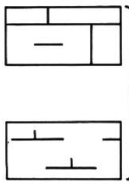
DESCRIZIONE DELLA SEZIONE STRATIGRAFICA DI DETTAGLIO DELLA CAVA MOLINELLI.

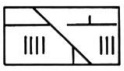
La sezione stratigrafica della Cava Molinelli è stata descritta, misurata e campionata per sezioni sottili, "smear slides" e paleomagnetismo, nel Settembre 1993. Il punto d' inizio sezione ha coordinate - 119.520 e 717.125 sulla carta topografica in scala 1:10000 "Ligornetto", Sezione N° 203a del Piano corografico Ticino; il punto di fine sezione ha coordinate - 119.540 e 717.140.
I dati di seguito riportati rivestono particolare importanza in quanto gli imminenti lavori di colmata della cava, che ripristineranno il pendio naturale permettendovi la coltura della vite, impediranno l' osservazione diretta della sezione già a partire dalla fine del '94.
I livelli descritti, numerati da 0 a 90, corrispondono a quelli rappresentati graficamente in Fig. 3a-i. Nella descrizione si farà frequente uso delle seguenti abbreviazioni:

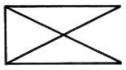
tm = spessore medio
Cs = campione per "smear slide"
Ct = campione per sezione sottile
Cp = campione per paleomagnetismo
H = strato o lamina reattivi all' HCl 5%.

LEGENDA
dei simboli utilizzati nella colonnina
della sezione stratigrafica


SELCE


LUTITI (CALCARI, CALCARI MARNOSI, MARNE CALCAREE, MARNE)


CALCARI E MARNE CON DIFFUSA SILICIZZAZIONE


COPERTURA

REAZIONE ALL' HCl 5% netta
debole

LAMINE PIANOPARALLELE VAGHE

CALCITE SPATICA

OSSIDI DI Fe-Mn

MACCHIE DI RIDUZIONE ●

RADIOLARI VISIBILI AD OCCHIO NUDO *

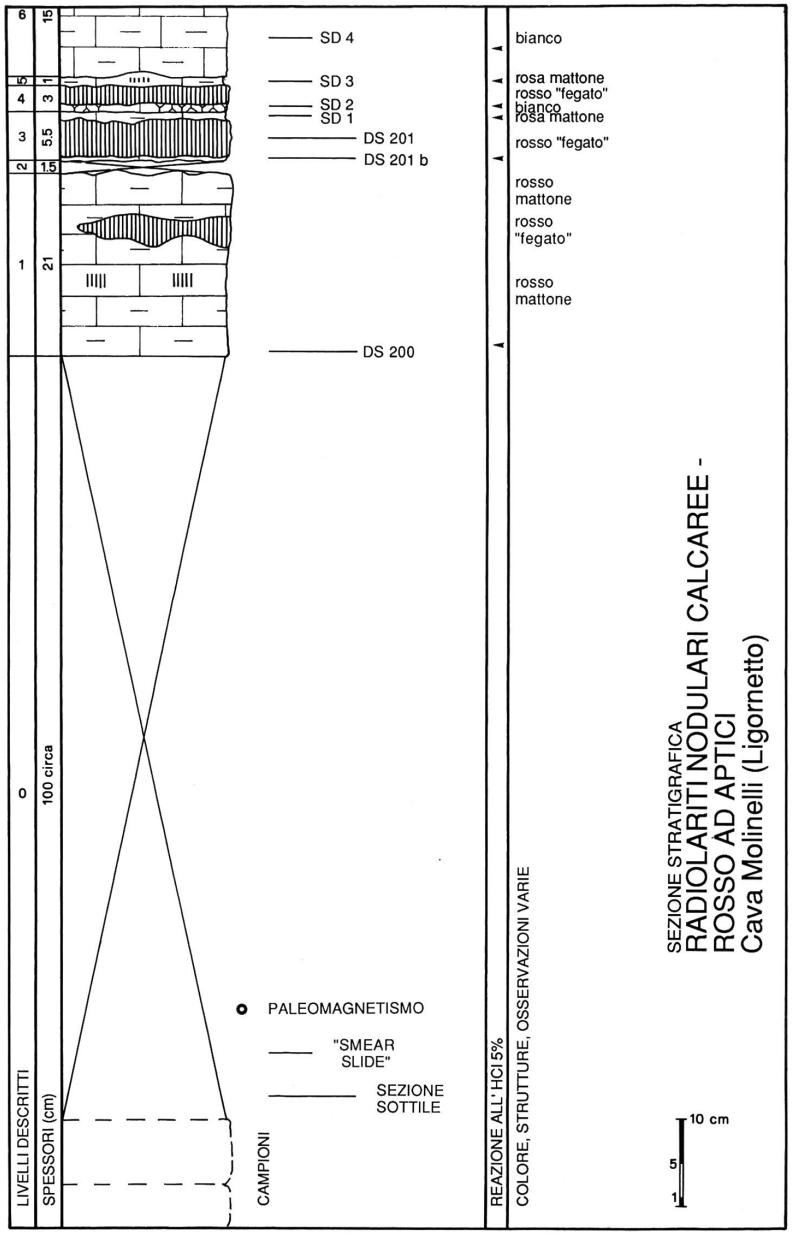
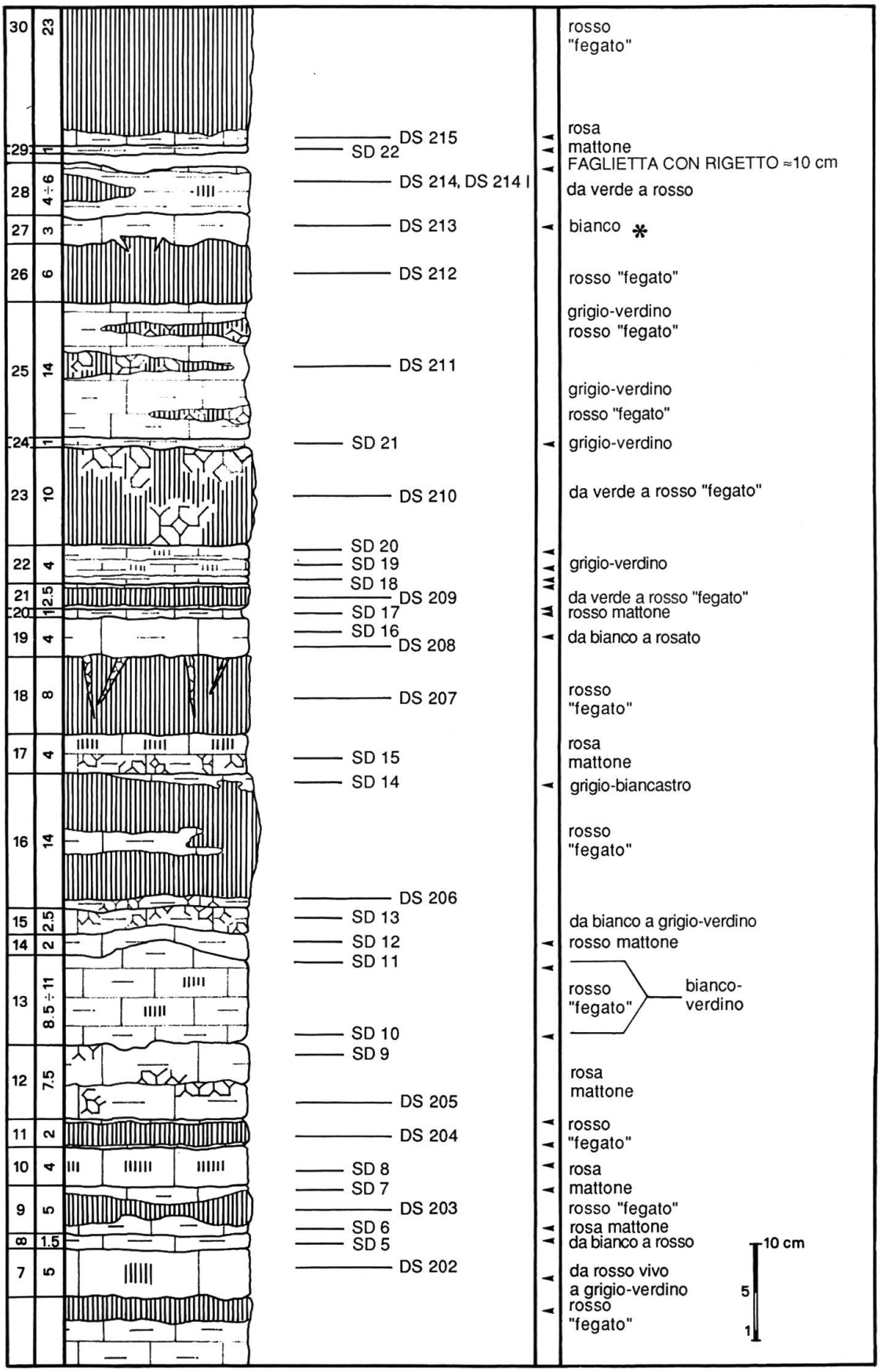
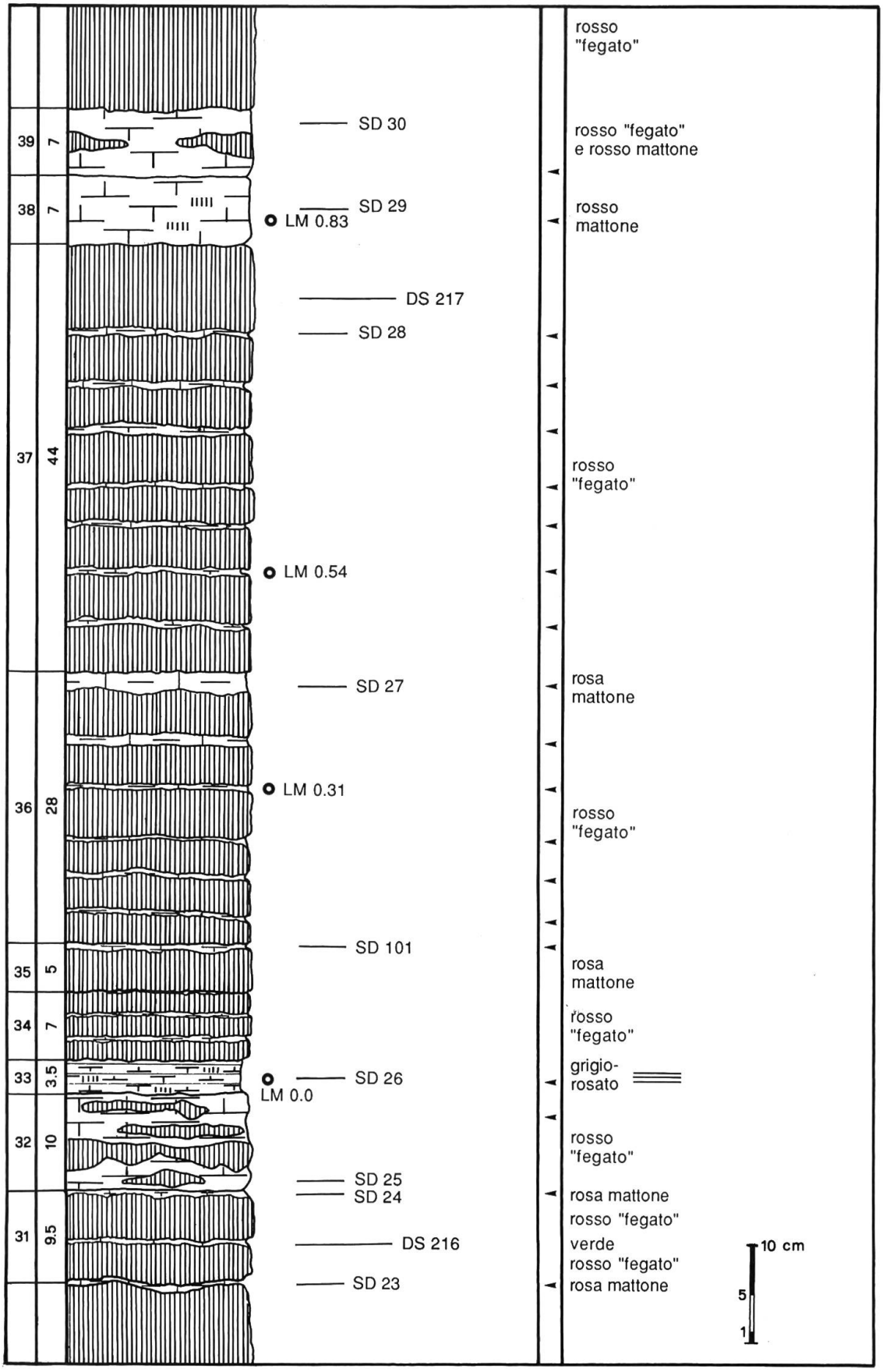
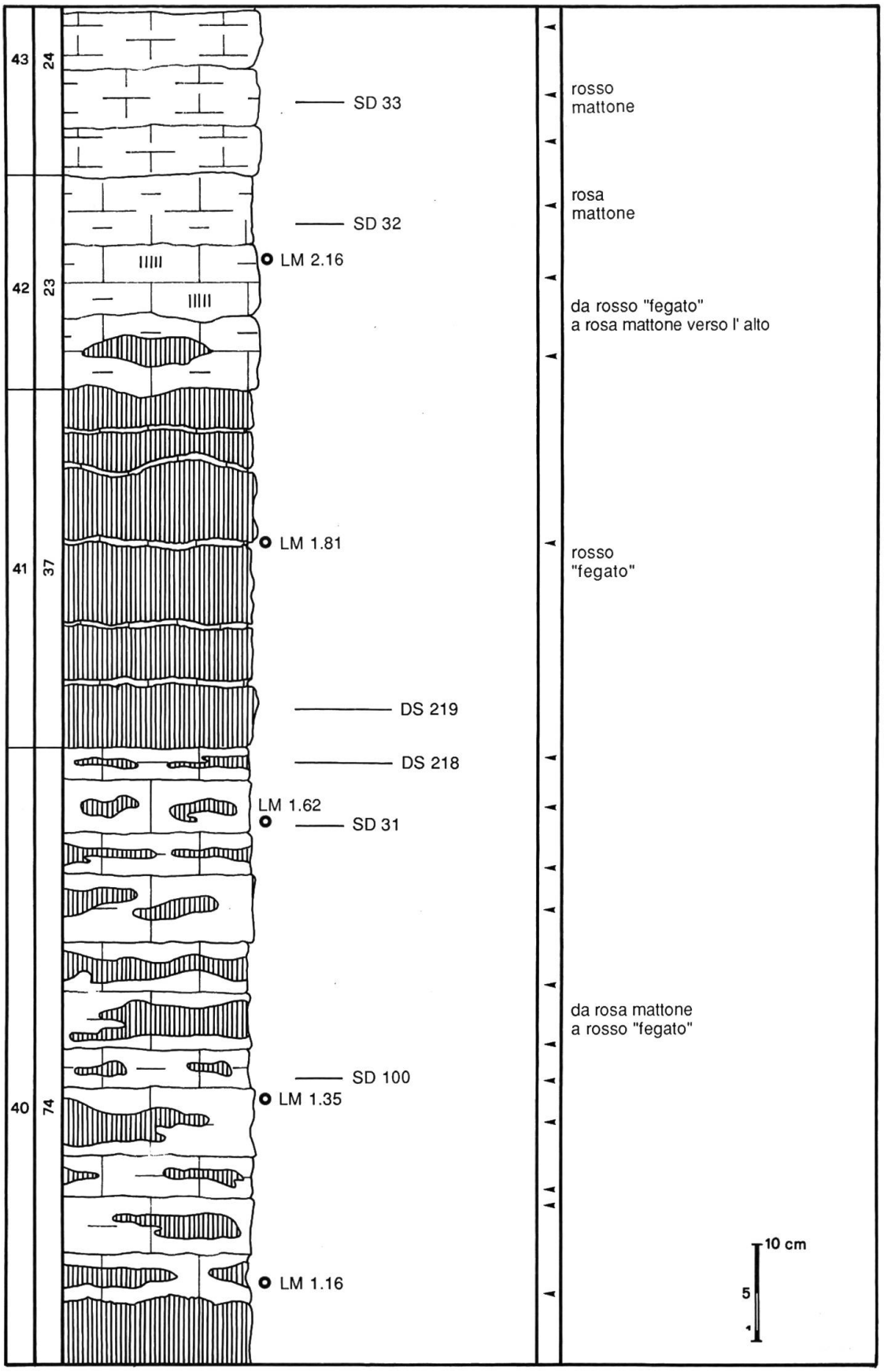
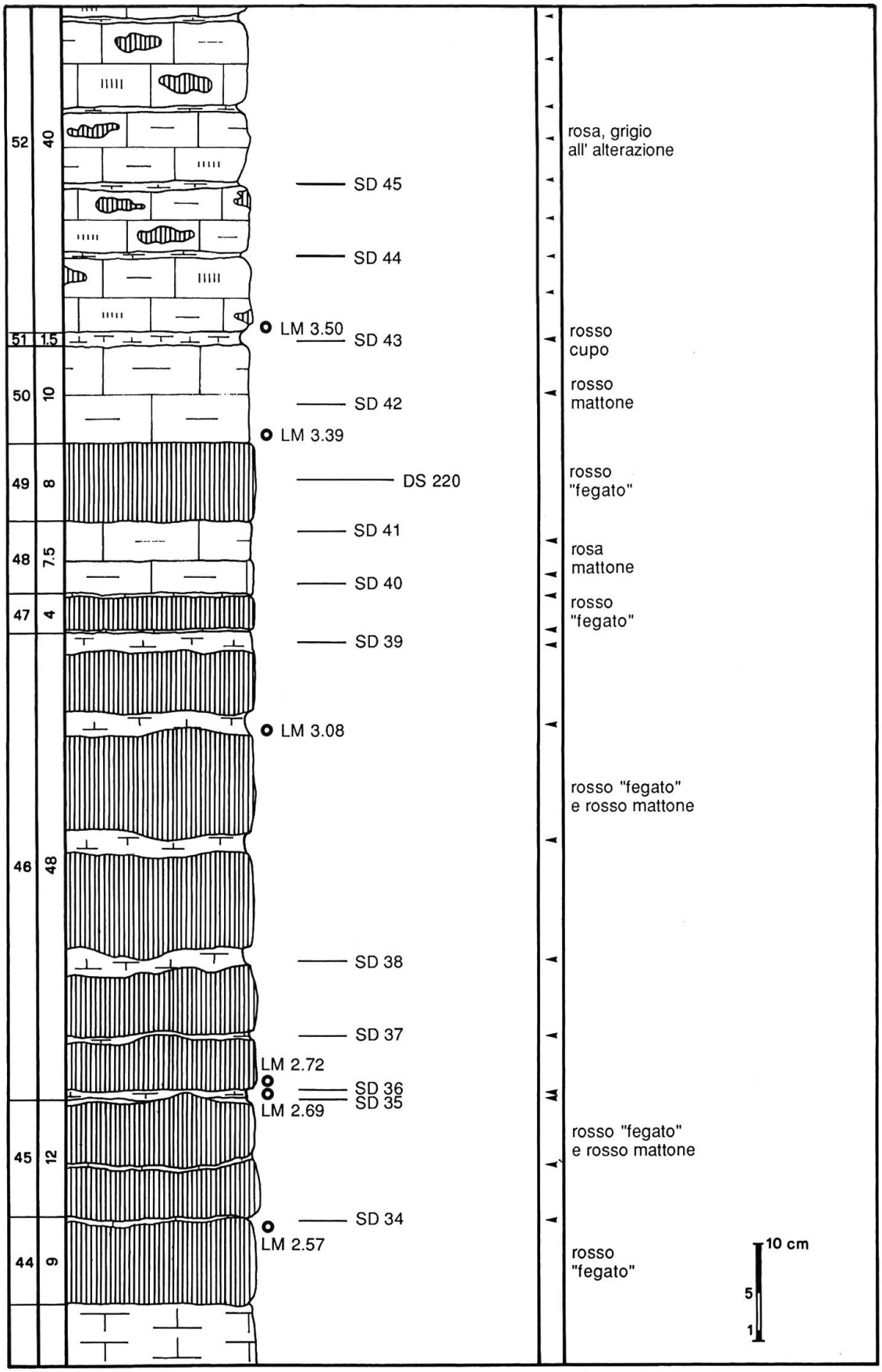


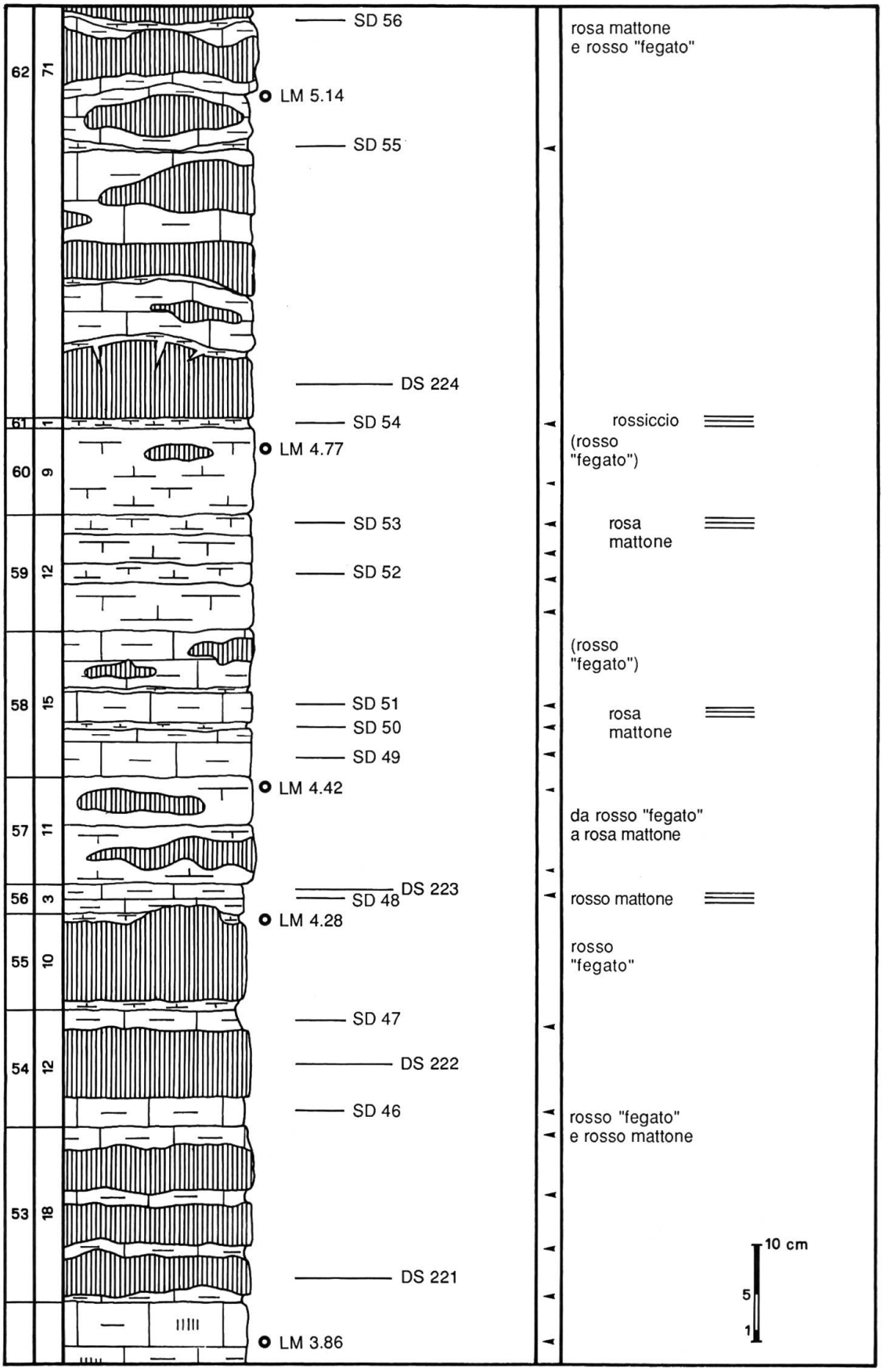
Fig. 4 Sezione stratigrafica nell'ex-Cava Molinelli.

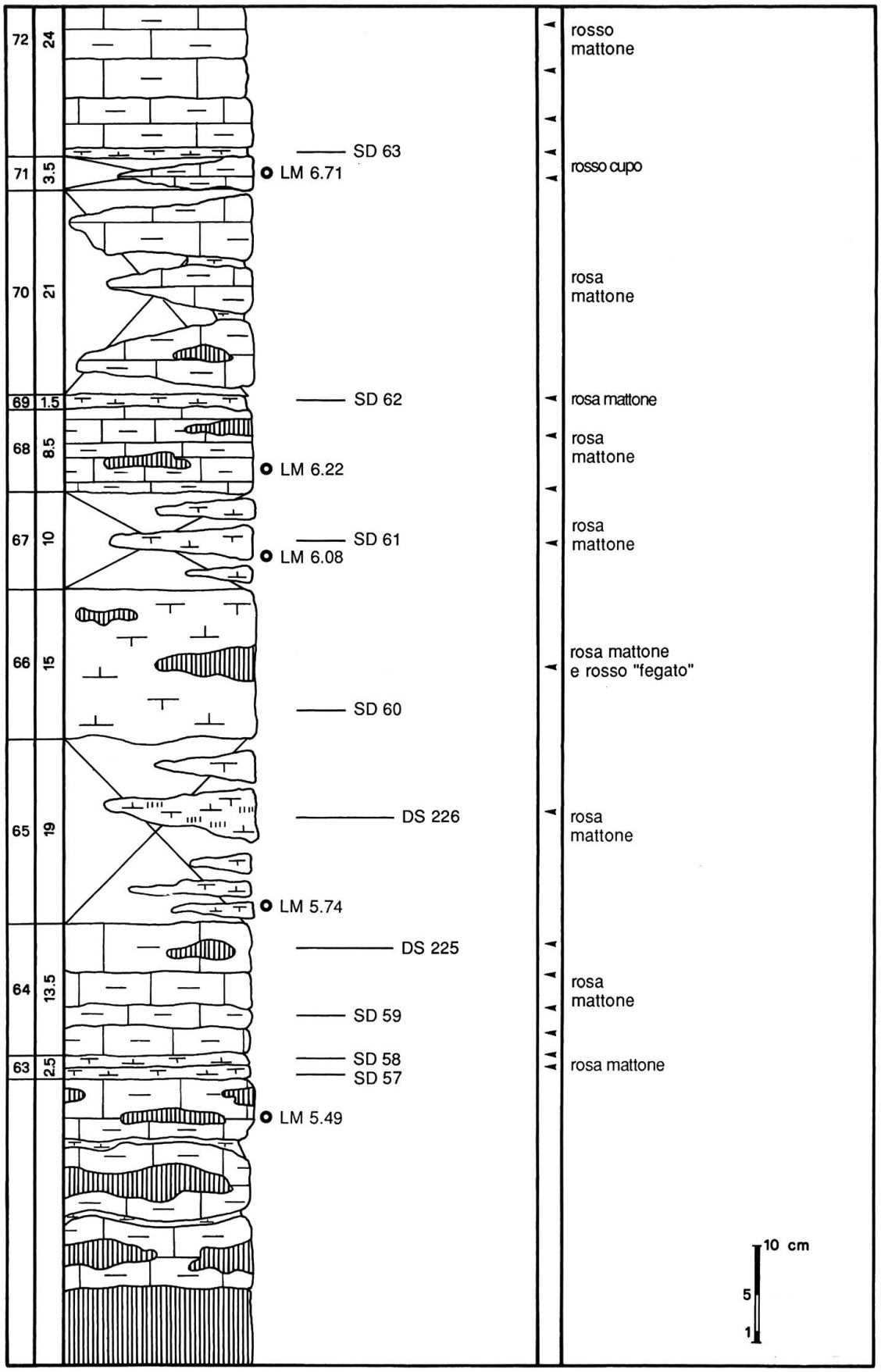

30
23
rosso "fegato"
DS 215
29
1
SD 22
rosa mattone
FAGLIETTA CON RIGETTO ≈10 cm
28
4÷6
DS 214, DS 214 I
da verde a rosso
27
3
DS 213
bianco *
26
6
DS 212
rosso "fegato"
25
14
DS 211
grigio-verdino
rosso "fegato"
grigio-verdino
rosso "fegato"
24
1
SD 21
grigio-verdino
23
10
DS 210
da verde a rosso "fegato"
22
4
SD 20
SD 19
SD 18
grigio-verdino
21
12.5
DS 209
da verde a rosso "fegato"
20
SD 17
rosso mattone
19
4
SD 16
DS 208
da bianco a rosato
18
8
DS 207
rosso "fegato"
17
4
SD 15
rosa mattone
16
14
SD 14
grigio-biancastro
rosso "fegato"
DS 206
15
2.5
SD 13
da bianco a grigio-verdino
14
2
SD 12
rosso mattone
13
8.5÷11
SD 11
rosso "fegato"
bianco-verdino
SD 10
12
7.5
SD 9
rosa mattone
DS 205
11
2
DS 204
rosso "fegato"
10
4
SD 8
rosa
9
5
SD 7
mattone
DS 203
rosso "fegato"
8
1.5
SD 6
SD 5
rosa mattone
da bianco a rosso
7
5
DS 202
da rosso vivo a grigio-verdino
rosso "fegato"
10 cm
5
1

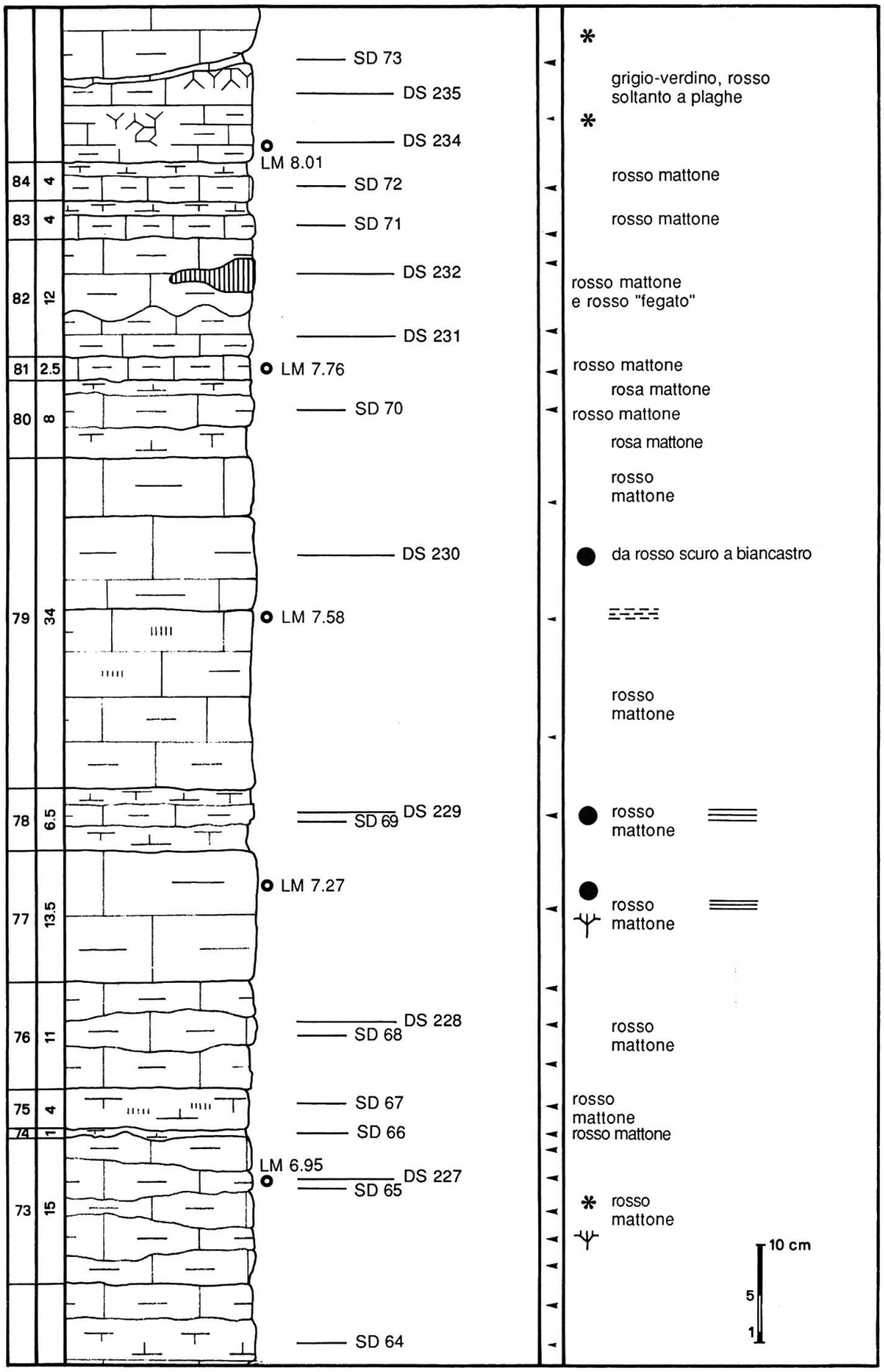

39
7
38
7
37
44
36
28
35
5
34
7
33
3.5
32
10
31
9.5
SD 30
SD 29
LM 0.83
DS 217
SD 28
LM 0.54
SD 27
LM 0.31
SD 101
SD 26
LM 0.0
SD 25
SD 24
DS 216
SD 23
rosso "fegato"
rosso "fegato" e rosso mattone
rosso mattone
rosso "fegato"
rosa mattone
rosso "fegato"
rosa mattone
rosso "fegato"
grigio-rosato
rosso "fegato"
rosa mattone
rosso "fegato"
verde
rosso "fegato"
rosa mattone
10 cm
5
1

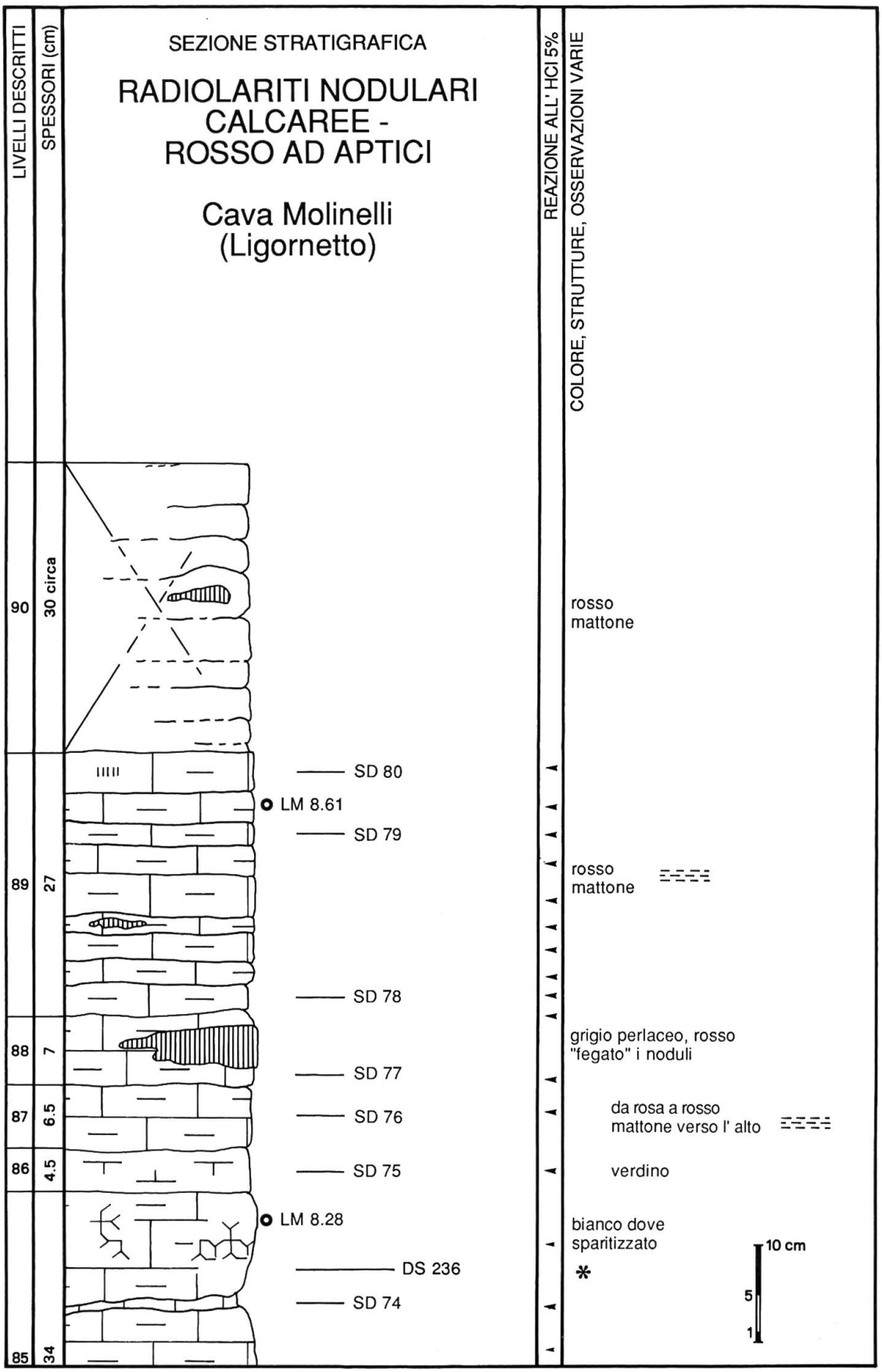

43
24
42
23
41
37
40
74
SD 33
SD 32
LM 2.16
LM 1.81
DS 219
DS 218
LM 1.62
SD 31
SD 100
LM 1.35
LM 1.16
rosso
mattone
rosa
mattone
da rosso "fegato"
a rosa mattone verso l' alto
rosso
"fegato"
da rosa mattone
a rosso "fegato"
10 cm
5


52
40
51
1.5
50
10
49
8
48
7.5
47
4
46
48
45
12
44
9
SD 45
SD 44
LM 3.50
SD 43
SD 42
LM 3.39
DS 220
SD 41
SD 40
SD 39
LM 3.08
SD 38
SD 37
LM 2.72
SD 36
SD 35
LM 2.69
SD 34
LM 2.57
rosa, grigio
all' alterazione
rosso
cupo
rosso
mattone
rosso
"fegato"
rosa
mattone
rosso
"fegato"
rosso "fegato"
e rosso mattone
rosso "fegato"
e rosso mattone
rosso
"fegato"
10 cm
5
1


62
71
61
1
60
9
59
12
58
15
57
11
56
3
55
10
54
12
53
18
SD 56
LM 5.14
SD 55
DS 224
SD 54
LM 4.77
SD 53
SD 52
SD 51
SD 50
SD 49
LM 4.42
DS 223
SD 48
LM 4.28
SD 47
DS 222
SD 46
DS 221
LM 3.86
rosa mattone
e rosso "fegato"
rossiccio
(rosso
"fegato")
rosa
mattone
(rosso
"fegato")
rosa
mattone
da rosso "fegato"
a rosa mattone
rosso mattone
rosso
"fegato"
rosso "fegato"
e rosso mattone
10 cm
5
1


72
24
71
3.5
70
21
69
1.5
68
8.5
67
10
66
15
65
19
64
13.5
63
2.5
SD 63
LM 6.71
SD 62
LM 6.22
SD 61
LM 6.08
SD 60
DS 226
LM 5.74
DS 225
SD 59
SD 58
SD 57
LM 5.49
rosso
mattone
rosso cupo
rosa
mattone
rosa mattone
rosa
mattone
rosa
mattone
rosa mattone
e rosso "fegato"
rosa
mattone
rosa
mattone
rosa mattone
10 cm
5
1


SD 73
DS 235
DS 234
LM 8.01
SD 72
SD 71
DS 232
DS 231
LM 7.76
SD 70
DS 230
LM 7.58
DS 229
SD 69
LM 7.27
DS 228
SD 68
SD 67
SD 66
LM 6.95
DS 227
SD 65
SD 64
84 4
83 4
82 12
81 2.5
80 8
79 34
78 6.5
77 13.5
76 11
75 4
74 1
73 15
grigio-verdino, rosso soltanto a plaghe
rosso mattone
rosso mattone
rosso mattone e rosso "fegato"
rosso mattone
rosa mattone
rosso mattone
rosa mattone
rosso mattone
da rosso scuro a biancastro
rosso mattone
rosso mattone
rosso mattone
rosso mattone
rosso mattone
rosso mattone
rosso mattone
10 cm
5
1


LIVELLI DESCRITTI
SPESSORI (cm)
SEZIONE STRATIGRAFICA
RADIOLARITI NODULARI CALCAREE - ROSSO AD APTICI
Cava Molinelli (Ligornetto)
REAZIONE ALL' HCl 5%
COLORE, STRUTTURE, OSSERVAZIONI VARIE
90
30 circa
89
27
88
7
87
6.5
86
4.5
85
34
SD 80
LM 8.61
SD 79
SD 78
SD 77
SD 76
SD 75
LM 8.28
DS 236
SD 74
rosso mattone
rosso mattone
grigio perlaceo, rosso "fegato" i noduli
da rosa a rosso mattone verso l' alto
verdino
bianco dove sparitizzato
*
10 cm
5
1

La sezione è descritta dal basso stratigrafico verso l' alto.

0) Copertura con edera e rovi. Circa 1 m sotto si intravvedono due strati non raggiungibili.

1) Strato di calcare marnoso rosso, grigio-rosato all' alterazione, H. Sottili plaghe di colore più chiaro indicano una locale silicizzazione. Noduli di selce rossa a 5 cm dal tetto, gibboso per effetto dell' inarcamento prodotto dai noduli. Ct DS 200 alla base. Spessore = 21 cm. Giacitura alla base della sezione: 165° N, con 43° di inclinazione.

2) Giunto occupato da una radice lungo strato. Spessore = 1.5 cm.

3) Selce nodulare rossa rilegata alla base da pochi mm di calcare marnoso rosa a luoghi silicizzato, H, e al tetto da 1 cm di calcare debolmente marnoso H, bianco alla frattura fresca. Ct DS 201 b alla base. Ct DS 201 a centro strato. Cs SD 1 al tetto. Spessore = 5.5 cm.

4) Interstrato di calcare micritico poco marnoso, alquanto ricristallizzato (H), seguito da 2 cm di selce nodulare rossa. Cs SD 2 alla base. Spessore = 3 cm.

5) Interstrato di calcare marnoso a luoghi silicizzato, comunque H. Cs SD 3. Spessore = 1 cm.

6) Strato gibboso di calcari bianchi debolmente marnosi. Gli ultimi 2 cm sono silicizzati ma comunque H. Cs SD 4. Spessore = 15 cm.

7) Strato di calcare marnoso da rosso vivo a grigio-verdino, a luoghi silicizzato (comunque H). Ct DS 202. Spessore = 5 cm.

8) Straterello di calcare marnoso da bianco a rosso, H. Cs SD 5. Spessore = 1.5 cm.

9) Strato di calcare debolmente marnoso rosato, H, con nodulo di selce rossa. Cs SD 6 dal calcare alla base. Ct DS 203 dal nodulo. Cs SD 7 dal calcare al tetto.

10) Strato di calcare marnoso rosa scuro, silicizzato (comunque H). Cs SD 8. Spessore = 4 cm.

11) Selce nodulare rossa, appena H soltanto dove molto scura, rilegata da veli millimetrici di marna calcarea rosata a base e tetto. Ct DS 204. Spessore = 2 cm.

12) Due strati, delimitati da superfici assai irregolari, di calcare marnoso rosato alquanto ricristallizzato in sparite. Ct DS 205 alla base. Cs SD 9 al tetto. Spessore = 7.5 cm.

13) Calcare bianco con spalmature verdine, H, con settori di colore rosso scuro, silicizzati e molto meno reattivi. Cs SD 10 alla base, Cs SD 11 al tetto. Spessore = 8.5÷11 cm.
14) Straterello di calcare marnoso rosso, H. Cs SD 12. Spessore = 2 cm.

15) Straterello di calcare bianco sparitizzato, con plaghe marnose di colore grigio-verdino. Cs SD 13. Spessore = 2.5 cm.

16) Selce nodulare rossa, poco o nulla reattiva, alternata a livelli discontinui di calcare marnoso grigio-biancastro. Alla base è presente un livello sparitizzato. Ct DS 206 alla base, Cs SD 14 al tetto. Spessore = 14 cm.

17) Strato di calcare marnoso rosato silicizzato, ricristallizzato in sparite. Cs SD 15. Spessore = 4 cm.

18) Selce nodulare rossa con vene di calcite. Ct DS 207. Spessore = 8 cm.

19) Strato di calcare marnoso H, da bianco a rosato, a luoghi silicizzato e nodulare. Ct DS 208, Cs SD 16. Spessore = 4 cm.

20) Interstrato marnoso rosso, H. Cs SD 17. Spessore = 1 cm.

21) Selce nodulare grigio-verdina, rossa a plaghe, rilegata a base e tetto da veli millimetrici di calcare marnoso silicizzato, comunque H. Ct DS 209. Spessore = 2.5 cm.

22) Tre straterelli di marna calcarea grigio-verdina H, a vario grado di silicizzazione. Cs SD 18, SD 19 e SD 20 da base a tetto. Spessore = 4 cm.

23) Selce nodulare di colore grigio-verdastro, rosso cupo a plaghe, sparitizzata apparentemente per più di metà del volume. Ct DS 210. Spessore = 10 cm.

24) Interstrato di marna calcarea grigio-verdina, H. Cs SD 21. Spessore = 1 cm.

25) Strato di calcare grigio-verdino con noduli centimetrici di selce per lo più rossa, estremamente sparitizzati. Ct DS 211. Spessore = 14 cm.

26) Selce di colore rosso fegato, verdino lungo fratture, con al tetto inarcamenti e fratturazioni diagenetiche. Ct DS 212. Spessore = 6 cm.

27) Strato di calcare marnoso bianco, debolmente silicizzato ma comunque H, con Radiolari visibili a occhio nudo. Ct DS 213. Spessore = 3 cm.

28) Calcari marnosi verdini, poco o nulla reattivi all' HCl 5% e silicizzati in plaghe che assumono un colore rosso fegato. Ct DS 214, DS 214 I. Un giunto marnoso, indicato con la lettera M sul Ct DS 214, reagisce all' HCl 5% e se ne possono ricavare "smear slides". Spessore = 4÷6 cm.

- FRATTURA CON RIGETTO ≈ 10 cm -

29) Interstrato marnoso rosso. Cs SD 22. Spessore appena minore di 1 cm.

30) Selce nodulare rosso fegato, con alla base fino a 2 cm di marne rosate. Ct DS 215 alla base. Spessore = 23 cm.

31) Due noduli di selce rossa, separati da una lamina di marna argillosa silicizzata, verdina; alla base meno di 1 cm di marna rossa H, al tetto pochi mm di marna rossa H. Cs SD 23 dalla marna basale. Ct DS 216 dalla lamina verdina mediana. Cs SD 24 dalla marna al tetto. Spessore = 9.5 cm.

32) Selce rossa in svariati noduli fasciati da marne rosse H. Cs SD 25 alla base. Spessore = 10 cm.

33) Marne H da grigie a rosate, a luoghi silicizzate, in lamine poco più sottili di 1 cm. Cs SD 26. Cp LM 0.0. Spessore = 3.5 cm.

34) Tre straterelli (tm ≈ 2 cm) di selce nodulare rossa, separati da veli millimetrici di marna rosata. Spessore = 7 cm.

35) Selce nodulare rosa mattone non rilegata da marne se non al tetto. Cs SD 101 al tetto. Spessore = 5 cm.

36) Sei strati di selce nodulare rossa (tm = 4÷5 cm) separati da giunti marnosi H. Cp LM 0.31 dal terzultimo giunto marnoso. Cs SD 27 dall' ultimo interstrato marnoso, spesso fino a 2 cm. Spessore = 28 cm.

37) Otto strati di selce nodulare rossa (tm = 5÷6 cm) separati da interstrati marnosi H più sottili di 1 cm. Cp LM 0.54 dal giunto fra il 2° e il 3° strato. Cs SD 28 dal giunto fra il 7° e l' 8° strato. Ct DS 217 dall' ultimo strato, spesso fino a 9 cm. Spessore = 44 cm.

38) Strato di marna rossastra H, a luoghi debolmente silicizzata. Cp LM 0.83. Cs SD 29. Spessore = 7 cm.

39) Strato di marna rosata H, con noduli di selce rosso scuro a centro strato. Cs SD 30. Spessore = 7 cm.

40) Strato di selce nodulare rossa, mammellonare, potente fino a 17 cm, cui seguono 11 strati (tm ≈ 5 cm) di marna rosata H con noduli di selce rosso fegato che occupano dal 20 al 70% del volume dello strato. Cp LM 1.16 dal 1° strato marnoso; Cp LM 1.35 dal 4°. Cs SD 100 dal 5° strato marnoso. Cs SD 31 e Cp LM 1.62 dal 10° strato marnoso. Ct DS 218 dall' 11° strato marnoso. Spessore = 74 cm.

41) Sei strati di selce nodulare (tm ≈ 6 cm) con una frazione carbonatica nettamente subordinata rispetto al livello sottostante; il 4° strato è vistosamente mammellonare. Subordi-

nati veli di calcare marnoso più sottili di 1 cm tra uno strato e l' altro. Ct DS 219 dallo strato basale. Cp LM 1.81 dal velo marnoso fra il 3° e il 4° strato. Spessore = 37 cm.

42) Tre strati (tm ≈ 8 cm) che segnano un graduale decremento della silice (noduli di selce sempre più rari), al punto che il 3° strato è una marna calcarea rosata. Tutte H le sempre più diffuse porzioni calcareo-marnose. Cp LM 2.16 dal 2° strato. Cs SD 32 dal 3° strato. Spessore = 23 cm.

43) Quattro strati (tm ≈ 6 cm) di calcare marnoso rosso a vario grado di silicizzazione, comunque H. Cs SD 33 dal 2° strato. Spessore = 24 cm.

44) Selce nodulare rosso fegato con meno di 1 cm di calcare marnoso rosso H al tetto. Cp LM 2.57 e Cs SD 34 al tetto. Spessore massimo = 9 cm.

45) Due strati (tm ≈ 6 cm) di selci nodulari rosse rilegate da calcare marnoso rosso. Cs SD 35 al tetto del 2° strato. Spessore = 12 cm.

46) Cinque strati di selce nodulare rossa (tm ≈ 9 cm) con importanti interstrati di calcare marnoso H (fino a 2 cm di spessore quello al tetto). Cp LM 2.69, Cs SD 36, Cp LM 2.72 alla base. Cs SD 37 dal giunto fra il 1° e il 2° strato, Cs SD 38 dal giunto fra il 2° e il 3°. Cp LM 3.08 dal penultimo giunto, Cs SD 39 dall' ultimo. Spessore = 48 cm.

47) Selce rosso fegato con veli calcareo-marnosi millimetrici, H, a base e tetto. Spessore = 4 cm.

48) Due strati di calcare marnoso H (tm = 3÷4 cm), di colore rosato. Cs SD 40 dal 1° strato, Cs SD 41 dal 2°. Spessore = 7.5 cm.

49) Strato abbastanza planare di selce rossa. Ct DS 220. Spessore = 8 cm.

50) Strato di calcare marnoso rosso poco silicizzato, H. Cp LM 3.39 alla base. Cs SD 42. Spessore = 10 cm.

51) Interstrato di marne rosse. Cs SD 43. Spessore = 1.5 cm.

52) Cinque strati (tm ≈ 8 cm) di marne calcaree rosa, grigiastre all' alterazione e variabilmente silicizzate (si osservano sparsi noduli di selce rosso fegato). Gli interstrati marnosi, più sottili di 1 cm, che separano i diversi strati sono sporchi di detrito colato lungo parete tranne quello tra il 1° e il 2° strato (Cs SD 44) e quello tra il 3° e il 4° (Cs SD 45). Cp LM 3.50 alla base, Cp LM 3.86 al tetto. Spessore = 40 cm.

53) Tre strati (tm ≈ 6 cm) di selce nodulare rossa fasciata da importanti veli di calcare debolmente marnoso (rapporto selce/calcare ≈ 3/2). Ct DS 221 dal 1° strato. Spessore = 18 cm.

54) Nodulo di selce rossa, spesso 7 cm, nettamente distinto da due straterelli calcarei di 3 e 2 cm di spessore a base e tetto. Cs SD 46 alla base. Ct DS 222 dal nodulo selcioso. Cs SD 47 al tetto. Spessore totale = 12 cm.

55) Selce nodulare rossa, mammellonare, con interstrati calcareo-marnosi spessi circa 1 cm a base e tetto. Cp LM 4.28 al tetto. Spessore = 10 cm.

56) Calcari debolmente marnosi rossi, H, in lamine millimetriche che suturano le irregolarità del mammellone selcioso sottostante, drappeggiandolo in "onlap" a piccola scala. Cs SD 48 a metà. Ct DS 223 al tetto. Spessore = 2÷3.5 cm.

57) Due strati (tm = 5÷6 cm) di calcare marnoso rosato, H soltanto alla frattura fresca, con grossi noduli di selce rosso fegato (rapporto selce/calcare ≈ 1). Cp LM 4.42 al tetto. Spessore = 11 cm.

58) Tre strati (tm ≈ 5 cm) di calcare marnoso rosato suddiviso da sottili giunti marnosi. Il 2° strato, il più sottile, presenta laminazione parallela; il 3°, il più spesso, ha sparsi noduli di selce rosso fegato. Cs SD 49 dal 1° strato; Cs SD 50 dal giunto fra il 1° e il 2° strato; Cs SD 51 dal 2° strato. Spessore = 15 cm.

59) Quattro strati di calcare marnoso rosato di spessore decrescente, da 5 a 2 cm (tm ≈ 3 cm). Il 4° strato presenta laminazione parallela. Cs SD 52 dal 2° strato, Cs SD 53 dal 4°. Spessore = 12 cm.

60) Strato di marna calcarea rosata, H soltanto alla frattura fresca, con rari noduli di selce rosso fegato. Cp LM 4.77 al tetto. Spessore = 9 cm.

61) Interstrato di calcare marnoso rossiccio con laminazione parallela. Cs SD 54. Spessore appena minore di 1 cm.

62) Dieci strati misti calcare marnoso rosato-selce (tm ≈ 7 cm), suddivisi da sottili interstrati calcareo-marnosi. Il primo strato presenta un vistoso mammellone spesso 8 cm che ha inarcato il calcare soprastante; gli altri strati presentano noduli di selce sparsi e sono per lo più marcatamente bernoccoluti. Ct DS 224 dallo strato mammellonare basale. Cs SD 55 dall' interstrato marnoso fra il 4° e il 5° strato. Cp LM 5.14 dal 5° strato. Cs SD 56 dall' interstrato marnoso fra il 6° e il 7° strato. Cp LM 5.49 dal 10° strato. Spessore = 71 cm.

63) Due interstrati planari (tm ≈ 1 cm) di calcare marnoso rosato H. Cs SD 57 dal 1°, Cs SD 58 dal 2°. Spessore = 2.5 cm.

64) Quattro strati di calcare rosato (tm = 3÷4 cm) con rari noduli di selce rossa solo nel 4° livello, il più spesso. Cs SD 59 dal 2° strato; Ct DS 225 dal 4°. Spessore = 13.5 cm.

65) Subaffioranti nel fitto muschio, cinque strati di calcare debolmente marnoso rosato (tm = 3÷4 cm), apparentemente assai poco silicizzato. Cp LM 5.74 alla base. Ct DS 226 dal 4° strato, il più spesso, pervasivamente anche se debolmente silicizzato. Spessore = 19 cm.

66) Strato di calcare marnoso rosato debolmente silicizzato, comunque H, con noduli di selce rossa. Cs SD 60 alla base. Spessore = 14÷16 cm.

67) Subaffioranti, tre strati di calcare marnoso rosato (tm = 3÷4 cm). Cp LM 6.08 e Cs SD 61 dal 2° strato. Spessore = 10 cm.

68) Strato di calcare marnoso rosato H con noduli di selce rossa (rapporto selce/calcare ≈ 1/3). Cp LM 6.22 nella parte bassa. Spessore massimo = 9 cm.

69) Interstrato marnoso rosato, H. Cs SD 62. Spessore = 1.5 cm.

70) Subaffioranti nel fitto muschio, tre strati di calcare marnoso rosato H (tm ≈ 6 cm) separati da interstrati marnosi centimetrici. Negli strati i noduli di selce sono rari o assenti. Spessore = 21 cm.

71) Calcare marnoso rosso subaffiorante nel muschio, H. Cp LM 6.71. Spessore = 3.5 cm.
72) Cinque strati di calcare marnoso rosso mattone, H (tm = 4÷5 cm). Cs SD 63 da un interstrato centimetrico alla base, SD 64 dal 4° strato. Spessore = 24 cm.

73) Cinque strati lenticolari e discontinui di calcare marnoso rosso mattone, H. Diffuse concentrazioni di ossidi di manganese lungo fratture; Radiolari visibili a occhio nudo nel 4° strato. Cs SD 65, Ct DS 227 e Cp LM 6.95 dal 4° strato. Spessore massimo = 16 cm.

74) Interstrato di marna rossa. Cs SD 66. Spessore = 1 cm.

75) Strato di marna rossa, a luoghi silicizzata, molto H alla frattura fresca. Cs SD 67. Spessore = 4 cm.

76) Tre strati di marna argillosa rosso mattone H; il 2° strato, ricco di Radiolari visibili a occhio nudo, appare più marcatamente nodulare. Cs SD 68 e Ct DS 228 dal 2° strato. Spessore = 11 cm.

77) Strato di marna rosso mattone, H, con evidente laminazione. Si osservano dendriti di manganese e macchie di riduzione circolari. Cp LM 7.27 nella parte alta. Spessore = 13.5 cm.

78) Marne argillose rosso mattone H, fogliettate in lamine millimetriche. Un unico straterello centrale H, spesso più di 1 cm, presenta macchie di riduzione circolari e fossiletti. Cs SD 69 e Ct DS 229 dallo straterello centrale. Spessore = 6.5 cm.
79) Tre strati abbastanza planari di marna rozzamente laminata (tm = 11÷12 cm), H anche

se spesso solo alla frattura fresca. Lo strato centrale, ricco di macchie di riduzione e fossiletti, presenta plaghe debolmente silicizzate (e comunque un po' H) di colore da rosso cupo a biancastro. Cp LM 7.58 al tetto del 1° strato, Ct DS 230 dal 2° strato. Spessore = 34 cm.

80) Marne rosate fogliettate che rilegano, con spessori di 3.5 cm alla base e di 2 cm al tetto, uno straterello discontinuo di calcare marnoso rosso H, spesso al massimo 3 cm. Cs SD 70 dallo straterello centrale. Spessore = 8 cm.

81) Marna rosso mattone, H. Cp LM 7.76. Spessore = 2.5 cm.

82) Due strati di marna rosso mattone H, quello inferiore spesso circa 3 cm, quello superiore - con noduli di selce rosso fegato - circa 9, separati da una superficie estremamente gibbosa e bernoccoluta. Ct DS 231 dallo strato inferiore (marna calcarea), Ct DS 232 da quello superiore (marna argillosa). Spessore = 12 cm.

83) Straterello spesso 2.5 cm di marna rosso mattone H, rilegato da 1.5 cm di marne fogliettate di colore rosso mattone. Cs SD 71 alla base. Spessore = 4 cm.

84) Ciclo identico al sottostante, con 2.5 cm di marna H rilegata da 1.5 cm di marne fogliettate. Cs SD 72 alla base. Spessore = 4 cm.

85) Tre strati irregolari e discontinui (tm ≈ 11 cm) di calcari marnosi grigio-verdini, bianchi dove più intensamente sparitizzati, rossi soltanto a plaghe, ricchi di Radiolari visibili a occhio nudo, H solo alla frattura fresca. I tre strati sono separati da due interstrati H di calcare marnoso. Cp LM 8.01, Ct DS 234 e Ct DS 235 dal 1° strato; Cs SD 73 dall' interstrato fra il 1° e il 2° strato; Cs SD 74 dall' interstrato fra il 2° e il 3° strato; Ct DS 236 e Cp LM 8.28 dal 3° strato. Spessore = 34 cm.

86) Marne calcaree verdine fogliettate, H. Cs SD 75. Spessore massimo = 5 cm.

87) Strato di calcare marnoso H rosato e poi rosso verso l' alto, con rozza laminazione. Cs SD 76. Spessore = 6.5 cm.

88) Strato di calcare marnoso nodulare H, grigio perlaceo, con noduli di selce rosso fegato fino a 13 cm di lunghezza per 4.5 cm di spessore che ne causano l' inarcamento. Cs SD 77. Spessore = 7 cm.

89) Nove strati (tm ≈ 3 cm) di calcare marnoso rosso mattone H, talora con rozze laminazioni. Il 4° strato presenta un piccolo nodulo di selce rosso scuro e ne è inarcato; l' 11° è debolmente silicizzato nella parte centrale. Cs SD 78 dal 1° strato; Cs SD 79 dal 9°; Cp LM 8.61 dal 10°; Cs SD 80 dall' 11°. Spessore = 27 cm.

90) Subaffiorano, non raggiungibili nella fitta vegetazione, calcari marnosi rosso mattone in strati sottili (tm ≈ 3 cm) e abbastanza planari, inarcati solo in corrispondenza dei rari noduli di selce. Spessore = 30 cm circa. Giacitura al tetto della sezione: 146° N, con 48° di inclinazione.

Spessore totale misurato: 12 m.

CENNI DI INTERPRETAZIONE STRUTTURALE

Nonostante la scarsa esposizione dei litotipi, gli affioramenti permettono nel loro insieme di individuare una blanda anticlinale che interessa tutto il settore rilevato, con i calcari grigi del Dogger al nucleo e la base della Maiolica sul fianco meridionale. La linea di cerniera dell' anticlinale ha un andamento WNW-ESE ed immerge debolmente verso Oriente; una vistosa ginocchiatura in prossimità della linea di cerniera è direttamente osservabile nell' ampio affioramento della Cava Coste, dove interessa gli strati del Rosso ad Aptici. La presenza di una piega anticlinale nel settore considerato è stata riconosciuta anche da KÄLIN & TRÜMPY (1977; tav. 7, profilo I).
La piega è dislocata da faglie più recenti a direzione per lo più NNE-SSW, pertanto per-

pendicolari alla linea di cerniera dell' anticlinale. Il tipo di rigetto di queste faglie è deducibile soltanto nell' affioramento della Cava Coste, dove si osservano:
a. una faglia normale con giacitura 270/60, che pone a contatto il Rosso ad Aptici al tetto con le Radiolariti nodulari calcaree al muro. Poiché strati di radiolarite nodulare più antichi di quelli esposti nella Cava Molinelli si trovano circa 3 m sopra la parte medio-alta del Rosso ad Aptici, individuata dalla diffusione di *Lamellaptychus*, si può stimare che il rigetto lungo il piano di faglia sia stato di almeno 10 m;
b. una faglia trascorrente con giacitura 280/68, che pone a contatto le Radiolariti nodulari calcaree al tetto con il Rosso ad Aptici al muro, ed è sottolineata da una breccia cataclastica alquanto alterata. Il tipo di rigetto trascorrente è testimoniato da strie suborizzontali e tettoglifi lungo il piano di faglia, dai quali non è stato però possibile dedurre il verso di movimento.
Natura ed entità dei rigetti sono di difficile valutazione nell' affioramento lungo strada, una quarantina di m a SE del punto quotato 440.7. Qui tre faglie assai ravvicinate laminano un affioramento costituito da calcari marnosi rosati ad abbondanti noduli di selce rossa, attribuibile alle Radiolariti nodulari calcaree.
In nessun affioramento sono stati osservati limiti tettonici fra le unità litostratigrafiche; questo lascia pensare che, in assenza di marcati contrasti di competenza, lo spezzone di successione considerato abbia risposto unitariamente al diastrofismo alpino.

CONCLUSIONI

L' indagine svolta consente di serbare testimonianza dell' affioramento della ex-Cava Molinelli, dove è ben esposto il limite transizionale tra Radiolariti e Rosso ad Aptici. Il fitto campionamento per sezioni sottili (analisi sedimentologiche e petrografiche), "smear slides" (biostratigrafia) e carote orientate (paleomagnetismo) fa sì che i caratteri essenziali di questo affioramento siano ben documentati nonostante i lavori di colmata della cava.
L' analisi biostratigrafica del Nannoplancton calcareo si è rivelata per ora poco proficua sui campioni della Cava Molinelli a causa della generale dissoluzione delle forme di maggior significato stratigrafico; migliori risultati potranno forse essere ottenuti grazie ad analisi quantitative mirate a determinare l' abbondanza delle forme più resistenti. Ben più interessanti e inattesi i dati ottenuti dall' analisi biostratigrafica degli affioramenti circostanti la cava, grazie ai quali:
- un' età Aaleniano sup. - Bajociana inf. è stata attribuita ai calcari grigi sottostanti le Radiolariti lastroidi, in contrasto con età sistematicamente più antiche (anisico-noriche o liassiche) indicate da Autori precedenti;
- è stato possibile datare la deposizione delle Radiolariti lastroidi al Bajociano inf. - Batoniano, e l' inizio della deposizione delle Radiolariti nodulari al Batoniano, in contrasto con le età sistematicamente più giovani indicate da BAUMGARTNER, 1987.
Il quadro risultante indica una deposizione certamente condensata (tutto il Giurassico Medio è rappresentato da 50÷100 m di sedimento, per un tasso di sedimentazione medio di 2÷4 m per milione d' anni), ma probabilmente non lacunosa come si è generalmente ritenuto finora. La costante presenza di interstrati calcarei nelle Radiolariti nodulari è interpretata come una locale peculiarità di facies.
L' analisi semiquantitativa delle sezioni sottili ottenute dai campioni della Cava Molinelli ha consentito di riconoscere un legame sistematico fra caratteri deposizionali primari (composizione e strutture deposizionali del sedimento) ed evoluzione diagenetica. Gli strati e i noduli di selce sono il prodotto della silicizzazione, probabilmente precoce, di originari addensamenti di Radiolari, prodottisi grazie all' azione delle correnti di fondo; i calcari più o meno marnosi privi di noduli si sono invece deposti in condizioni di minore energia e hanno sopportato maggiori deformazioni durante la diagenesi da seppellimento e/o il diastrofismo alpino in quanto meno litificati dei noduli selciosi. Le evidenze sedimentologiche raccolte sembrano avvalorare i modelli che riferiscono ad uno stadio diagenetico precoce l'

origine di strutture quali inarcamenti a duomo ("hemispherical mounds") e fratture subparallele alla stratificazione ("sheet-cracks").

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo il Museo Cantonale di Storia Naturale di Lugano (Dipartimento del Territorio del Cantone Ticino) per averci incaricato di questa indagine; i Sigg. B. Basler e R. Ferrari per averla finanziata. e la Banca Raiffeisen di Ligornetto per aver contribuito alla stampa delle illustrazioni a colori. Il Dr. M. Felber ha offerto sostegno e consiglio durante tutto lo svolgimento del lavoro; il Segretariato del Comune di Ligornetto ha gentilmente reso disponibili stralci di Atti Municipali. Ringraziamo inoltre il Prof. M. Gnaccolini per la lettura critica del manoscritto; il Dr. D. Castradori e il Dr. E. Garzanti per gli utili suggerimenti; il Prof. R.L. Folk e il Dr. A. Piffaretti e famiglia per la cortesia dimostrata; G. Chiodi per la realizzazione delle tavole fotografiche. Contributo MURST 60% (N. Fantini Sestini).

BIBLIOGRAFIA

Baumgartner P.O., 1984 - A Middle Jurassic-Early Cretaceous low-latitude radiolarian zonation based on Unitary Associations and age of the Tethyan radiolarites. Ecl. geol. Helv. 77(3): 729-837.

Baumgartner P.O., 1987 - Age and genesis of Tethyan Jurassic Radiolarites. Ecl. geol. Helv. 80(3): 831-879.

Bernoulli D. & Jenkyns H.C., 1974 - Alpine, Mediterranean, and central Atlantic Mesozoic facies in relation to the early evolution of the Tethys. S.E.P.M. Spec. Publ. 19: 129-160.

Bernoulli D., 1964 - Zur geologie des Monte Generoso. Materiali per la Carta Geologica Svizzera, Commissione Geologica Svizzera: pp 134.

Bown P. R., Cooper M. K. E. & Lord A. R., 1988 - A calcareous nannofossil biozonation scheme for early to mid Mesozoic. Newsl. Stratigr., 20:91-114.

Bralower T. J., Monechi S., and Thierstein H. R., 1989 - Calcareous nannofossil zonation of the Jurassic-Cretaceous boundary interval and correlation with the geomagnetic polarity timescale. Mar. Micropaleont., 14:153-235.

Cobianchi M., 1992 - Sinemurian-Early Bajocian calcareous nannofossil biostratigraphy of the Lombardy basin (Southern Calcareous Alps; Northern Italy). Atti Ticinensi Scienze Terra, 35: 61-106.

Cobianchi M., Erba E. & Pirini Radrizzani C., 1992 - Evolutionary trends of calcareous nannofossil genera *Lotharingius* and *Watznaueria* during the Early and Middle Jurassic. Mem. Sci. Geol., 43:19-25.

Commissione Geologica Svizzera, 1955 - Carta Geologica Generale della Svizzera in scala 1:200000: Foglio 7 "Ticino".

Davies T.A. & Supko P.R., 1973 - Oceanic sediments and their diagenesis: some examples from Deep-Sea Drilling. Jour. Sed. Petr. 43(2): 381-390.

Erba E., 1990 - Calcareous nannofossil biostratigraphy of some Bajocian sections from the Digne area (SE France). Mem. Descr. Carta Geologica Italia, 60: 237-256.

Folk R.L. & McBride E.F., 1978 - Radiolarites and their relation to subjacent "oceanic crust" in Liguria, Italy. Jour. Sed. Petr. 48(4): 1069-1102.

Gaetani M. & Erba E., 1990 - Il Bacino Lombardo: un sistema paleoalto/fossa in un margine continentale passivo durante il Giurassico. In: La geologia italiana degli anni '90. Guida alle escursioni del 75° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana.

Gaetani M., 1975 - Jurassic stratigraphy of the Southern Alps: a review. In: Squyres C.H. (Ed.) - Geology of Italy. The Earth Sciences society of the Lybian Arab Republic on the occasion of the fifteenth annual field conference: 377-402.

Kälin O. & Trümpy D.M., 1977 - Sedimentation und Paläotektonik in den westlichen Südalpen: Zur triasisch-jurassischen Geschichte des Monte Nudo-Beckens. Ecl. geol. Helv. 70(2): 295-350.
McBride E.F. & Folk R.L., 1979 - Features and origin of Italian Jurassic Radiolarites deposited on continental crust. Jour. Sed. Petr. 49(3): 837-868.
Parona C.F., 1890 - Radiolarie nei noduli selciosi del calcare Giurese di Cittiglio presso Laveno. Boll. Soc. Geol. It. 9: 132-175.
Pasquaré G., 1965 - Il Giurassico Superiore nelle Prealpi Lombarde. Mem. Riv. It. Pal. Strat. 11: 1-228.
Perch-Nielsen K. , 1985 - Mesozoic calcareous nannofossils. In Bolli, H. M., Saunders, J. B., and Perch-Nielsen, K. (Eds.), Plankton Stratigraphy, Cambridge Earth Science Series, Cambridge: 329-426.
Reale V., Baldanza A., Monechi S. & Mattioli E., 1992 - calcareous nannofossil biostratigraphic events from the Early-Middle Jurassic sequences of the Umbria-Marche area (central Italy). Mem. Sci. Geol., V. 43: 41-75.
Remane J., 1985 - Calpionellids. In: Bolli H.M, Saunders J.B., and Perch-Nielsen K. (Eds.) - Plankton stratigraphy. Cambridge University Press, Cambridge, 1985: 1032 pag.
Renz O., 1920 - Beiträge zur Kenntnis der Juraformation im Gebiet des Monte Generoso (Kanton Tessin). Ecl. geol. Helv. 15(5): 523-584.
Winterer E.L. & Bosellini A., 1981 - Subsidence and Sedimentation on Jurassic Passive Continental Margin, Southern Alps, Italy. A.A.P.G. Bull. 65: 394-421.

APPENDICE

Sono qui riportate in ordine alfabetico le specie di Nannofossili calcarei riconosciute nei campioni analizzati, con indicazioni degli Autori che hanno istituito la specie ed eventualmente hanno apportato emendamenti.

Braarudosphaera regularis Black, 1973
Conusphaera mexicana mexicana (Trejo,1969) Bralower et al., 1989
Conusphaera mexicana minor (Trejo,1969) Bralower in Bralower et al., 1989
Crepidolithus crassus (Deflandre, 1954) Noël, 1965
Cyclagelosphaera margerelii Noël, 1965
Diazomatolithus lehmanii Noël, 1965
Discorhabdus striatus Moshkovitz & Ehrlich, 1976
Hexalithus magharensis Moshkovitz & Ehrlich, 1976
Lotharingius hauffii Grün & Zweili in Grün et al., 1974
Lotharingius contractus Bown & Cooper, 1989
Markalius circumradiatus (Stover, 1966) Perch-Nielsen, 1968
Nannoconus colomii (De Lapparent, 1931) Kamptner, 1938
Nannoconus globulus minor (Brönnimann, 1955) Bralower in Bralower et al., 1989
Nannoconus steinmannii minor (Kamptner, 1931) Deres & Acheriteguy, 1980
Polycostella beckmannii Thierstein, 1971
Polycostella senaria Thierstein, 1971
Triscutum Dockerill, 1987 spp.
Watznaueria barnesae (Black in Black and Barnes, 1959) Perch-Nielsen, 1968
Watznaueria britannica (Stradner, 1963) Reinhardt, 1964
Watznaueria communis Reinhardt, 1964
Watznaueria manivitae Bukry, 1973

Manoscritto ricevuto il: 15.4.1994
Ultime bozze restituite il: 1.6.1994