

SEDIMENTOLOGIA E STRATIGRAFIA DELLE SUCCESSIONI RETICHE AL CONFINE FRA LOMBARDIA E TRENTO

MARCO STEFANI & ANDREA GOLFIERI*

Key-words: Rhaetic, Triassic, Italy, Southern Alps, Giudicarie Zone, Stratigraphy, Sedimentology, Sedimentary cyclicality, Tectonics.

Abstract. This paper deals with Rhaetic facies at the Lombardy-Trentino border, in the Giudicarie Region. This area is characterized by important facies changes crossing strike slip faults. Two coeval sections, showing remarkable facies differences, are examined in detail, in order to describe the transition between the Rhaetic Lombardy Basin and the peritidal Trento Platform. The western section shows clear lombardian features and includes two marly formations: the Argillite di Riva di Solto and the Calcare di Zu. They are characterized by asymmetric marl-limestone cycles, developed on a metric scale, and show a shallowing upward evolution, from poorly oxygenated fairly deep environments to tidal flats. The upper portion of this section is referred as a new unit, the Tremalzo limestone, that is characterized commonly by a clear peritidal bathymetric cyclicality. The wholly carbonate eastern section is considered entirely Tremalzo limestone. It shows a similar evolution, but it was deposited in shallower environments on the western margin of the Trento Platform. Both sections are mud-dominated, but storm waves and tidal currents at times produced lenticular grainy beds. A detailed sedimentological analysis shows that these facies were deposited in a ramp system, the dynamics of which were mainly controlled by eustatic fluctuations and climatic cycles.

1. Introduzione.

Al confine fra le provincie di Brescia e di Trento si trovano numerosi affioramenti retici, che non sono stati finora oggetto di alcuno studio sedimentologico. Essi mostrano alcune fra le migliori sezioni retiche delle Giudicarie e forniscono dati importanti per una più precisa comprensione di questa area chiave delle Alpi Meridionali. Nel Triassico superiore l'area giudicariense costituiva una fascia di transizione fra il Bacino Retico Lombardo, relativamente profondo e ricco di fanghi terrigeni, e la piattaforma carbonatica peritidale trentina (Fig. 1). In questo lavoro ci concentreremo sull'analisi di facies di due sezioni particolarmente significative per illustrare il passaggio fra le successioni lombarde e quelle trentine. La sezione più occidentale affiora nell'area di Tremalzo e mostra chiare affinità con le coeve successioni bacinali lombarde. Essa presenta una complessa

* Istituto di Geologia dell'Università degli Studi di Ferrara, Corso Ercole I d'Este 32, 44100 Ferrara.

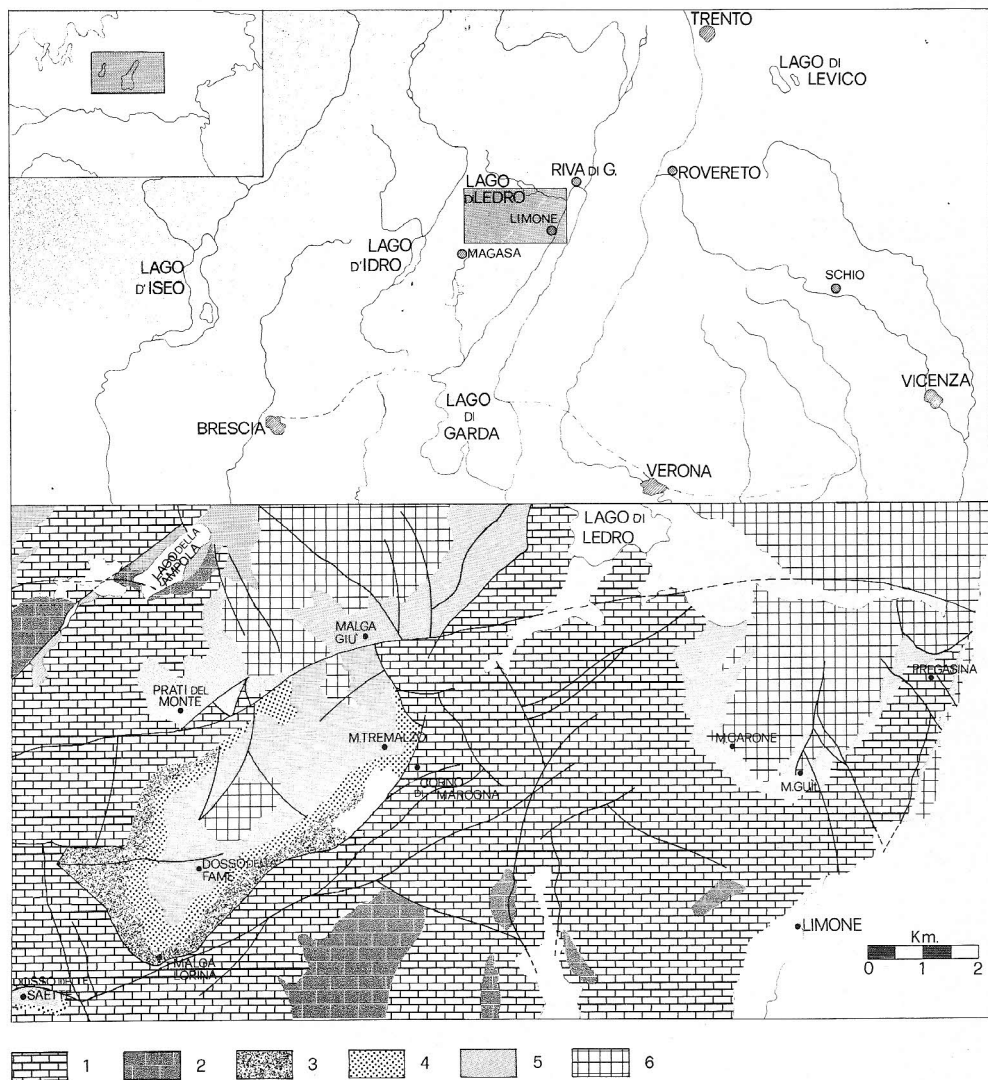


Fig. 1 - Schema geologico e collocazione geografica dell'area studiata, al margine del Bacino Retico Lombardo (rappresentato in grigio). Lo schema si basa sulla "Carta Geologica delle Prealpi Bresciane a S dell'Adamello" (Ist. Geol. Univ. Pavia, 1972) modificata sulla base di nostri rilevamenti inediti. Legenda: 1) Dolomia Principale. 2) Gruppo dell'Aralalta. 3) Argillite di Riva di Solto. 4) Calcare di Zu. 5) Calcare di Tremalzo. 6) Corna.

evoluzione "shallowing upward" da ambienti bacinali soggetti ad un forte apporto terrigeno fino a condizioni peritidali. Nella parte inferiore argillosa della sezione si possono facilmente riconoscere le due formazioni tipiche del Retico lombardo: l'Argillite di Riva di Solto e il Calcare di Zu (Gnaccolini, 1965). La porzione carbonatica superiore, inclusa

nel Calcare di Zu dai rilevatori della pregevole Carta Geologica delle Prealpi Bresciane (Rossetti, 1966; Cassinis, 1971), è stata qui riferita ad una nuova unità litostratigrafica: il "calcare di Tremalzo". Ad est del Monte di Tremalzo si trovano gli affioramenti retici dell'area del Monte Guil, che mostrano facies quasi esclusivamente carbonatiche. Tutte le sezioni studiate sono caratterizzate da una evidente ciclicità sedimentaria, che suggerisce una complessa interazione fra meccanismi sedimentari autociclici locali e fluttuazioni allocicliche esterne.

Come noto esistono notevoli problemi nella definizione cronostratigrafica del piano Retico, per cui noi useremo questo termine in un senso prevalentemente litostratigrafico.

2. Area di Tremalzo.

L'Argillite di Riva di Sotto.

La potenza di questa formazione è qui di circa 200 m, ma non è possibile misurarne con certezza lo spessore dato che non ne affiora la base (Fig. 6) (1). Questa è invece osservabile poco più di 2 km a ovest, nei pressi dell'Alpo di Bondone, ove la base argillosa della successione retica si sovrappone con un contatto netto al Calcare di Zorzino, tipica formazione del Norico lombardo. Questa sezione è spessa varie decine di metri, ma superiormente è troncata dalla superficie topografica. Nell'area di Tremalzo la parte più antica dell'Argillite affiora nelle vicinanze di Malga Lorina (Fig. 1) e nella omonima valle. Gli altri tronconi sono stati misurati lungo la strada fra la Valle di San Michele e il Passo di Tremalzo. La porzione inferiore di questa sezione si è sedimentata in un ambiente molto calmo e scarsamente ossigenato, probabilmente al di sotto della picnoclina e certo al di sotto delle onde di tempesta. Salendo nella parte alta della formazione l'ossigenazione migliora progressivamente ed incomincia a farsi sentire l'azione distale delle tempeste.

a) La parte più bassa è formata da poche decine di metri di argilliti nere, ricche in carbonio organico e solfuri metallici, prive di faune bentoniche e talora contenenti scaglie di Pesci o frustoli carboniosi.

b) Queste argilliti passano superiormente ad un pacco, spesso circa 32 m, di calcari micritici, talora privi di bioturbazioni, simili al sottostante Calcare di Zorzino (Casati, 1964). Questo livello calcareo è stato citato fin dal 1878 dal Lepsius come "Plattenkalk des Rhaet" (Lepsius citato in Rossetti, 1966) ed è presente anche nell'area dell'Alpo di Bondone.

c) Salendo stratigraficamente si passa quindi ad una spessa successione (113 m) di cicli plurimetrici argilloso-micritici. Questi cicli asimmetrici caratterizzano sia la parte superiore dell'Argillite di Riva di Sotto, sia il sovrastante Calcare di Zu. Essi sono for-

1) La legenda generale delle sezioni stratigrafiche è rappresentata in Fig. 5.

mati da qualche decina di coppie argilloso-calcaree, che sono fortemente terrigene nella porzione inferiore, si arricchiscono progressivamente in micrite verso l'alto, fino a raggiungere composizioni decisamente carbonatiche e; ripassano poi bruscamente ad argilliti, alla base del ciclo successivo. L'alterazione subaerea evidenzia alternanze litologiche nella parte centrale di ciascun ciclo, ma le analisi chimiche mostrano chiare fluttuazioni calcimetriche lungo il loro intero spessore (Fig. 3). Lo studio delle modificazioni diagenetiche ha dimostrato l'origine fondamentalmente primaria di queste alternanze (Masetti et al., 1989).

Lungo tutta l'Argillite si intercalano livelli bioturbati a piccoli burrows o rari *Zoophycos* e subordinati livelli finemente pianlaminati, probabilmente depositi in condizioni anossiche, sempre più rari verso l'alto. Le faune sono dominate da piccoli Lamelli-branchi e molti livelli marnosi sono zeppi di Bactrilli; su alcune superfici di strato si osservano probabili impronte di Meduse. Nella parte medio-alta dell'unità si diffondono concentrazioni di piccoli Lamelli-branchi prodotte dall'azione "distale" delle tempeste (Aigner, 1985) in un ambiente relativamente profondo.

Al tetto dell'Argillite il progressivo incremento del contenuto calcareo medio e l'aumentata importanza delle tempestiti segnano il passaggio sfumato al Calcare di Zu.

Calcare di Zu (157 m) (Fig. 7).

La parte inferiore della sezione è stata misurata lungo la strada fra la Valle di San Michele ed il Passo di Tremalzo, la porzione rimanente lungo i versanti sud ed est del Monte di Tremalzo. In questa formazione il progressivo aumento dell'azione delle onde

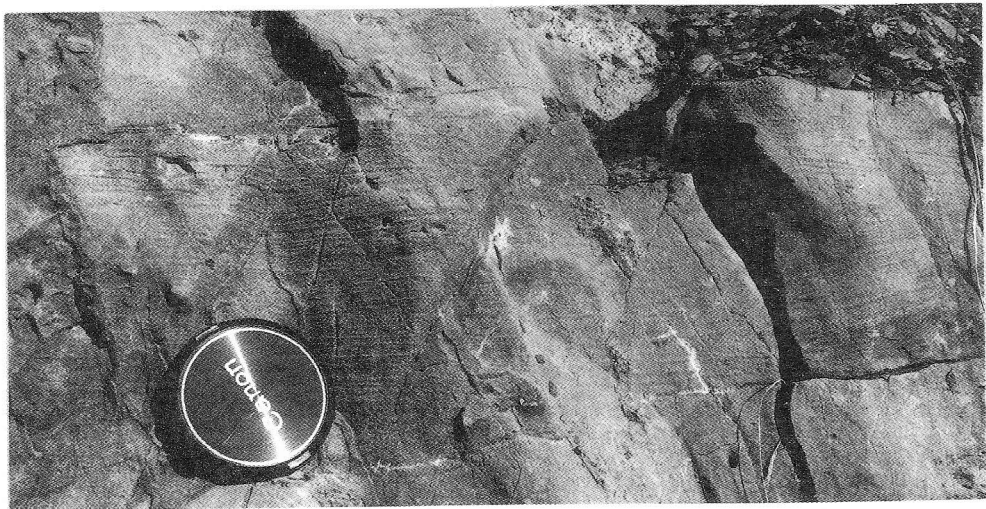


Fig. 2 - Lamine trattive in packstone peloidale al tetto di un ciclo asimmetrico. Porzione inferiore del Calcare di Zu lungo la strada fra il Passo di Tremalzo e la Valle di San Michele.

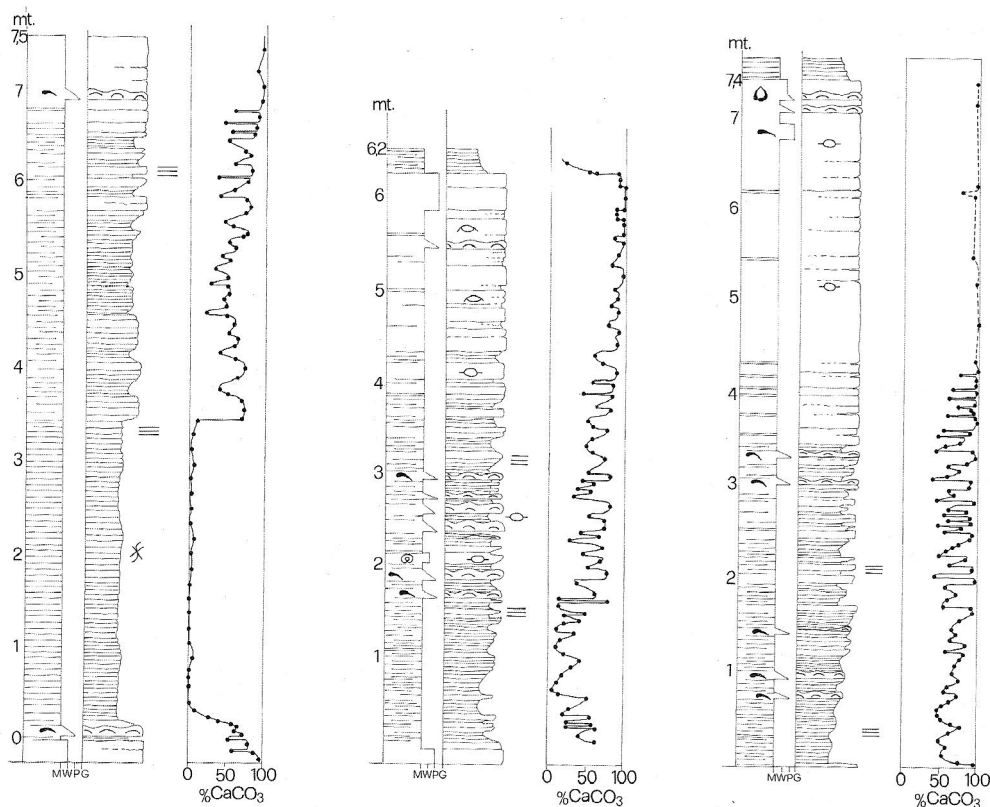


Fig. 3 - Tre cicli asimmetrici nel Calcare di Zu lungo la strada fra il Passo di Tremalzo e Vesio, accompagnati dai relativi diagrammi calcimetrici.

e delle correnti testimonia una graduale diminuzione di profondità. Questa evoluzione è stata accompagnata da un aumento dell'ossigenazione e da un incremento della diversità faunistica e del contenuto in carbonato. La parte superiore della formazione si è deposita in acque sottili, sotto la marcata azione delle tempeste.

a) La parte inferiore, per uno spessore di circa 60 metri, presenta cicli asimmetrici simili a quelli della formazione sottostante, ma maggiormente calcarei. Nella parte alta del ciclo vi sono talora lamine trattive unidirezionali, frequenti nei "packstones" bioclastico-peloidali, ma osservabili anche in "mudstones" totalmente micritici, a causa della distruzione diagenetica degli originari peloidi (Fig. 2). Frequentemente si osservano delle tempestiti bioclastiche gradate e fini laminazioni da onda. L'analisi di queste strutture indica un'evoluzione "shallowing upward" dei singoli cicli asimmetrici marnoso-calcarei

b) Nella porzione medio-alta del Calcare di Zu si passa a litotipi prevalentemente calcarei (28 m). Molti livelli sono formati da tempestiti, generalmente più prossimali di

quelle sottostanti, come indicano la base erosiva con "gutter" e più rari "groove casts" e l'aumentato spessore e granulometria dei singoli episodi (Broglia Loriga et al., 1983; Aigner, 1985).

c) Nella parte superiore del Calcare di Zu (68 m) torna ad essere evidente la ciclicità marnoso-calcareo. La Fig. 3 illustra in dettaglio tre di tali cicli accompagnati dal relativo diagramma calcimetrico.

Le icniti nel Calcare di Zu sono dominate da strutture suborizzontali, riferibili alla facies *Cruziana* (1). Nelle tempestite si osservano bioturbazioni subverticali. Spesso dei fodichnia introducono lumachelle nelle marne contigue, talora con gallerie di più di 20 cm di diametro.

Il contenuto paleontologico è molto più vario che nella sottostante Argillite, e comprende grandi Lamellibranchi endo ed epibionti, Brachiopodi, Gasteropodi ed Echinodermi. Le associazioni faunistiche variano però fortemente fra strato e strato. Nella parte alta della formazione si diffondono dei Coralli ramificati, che costruiscono "bafflestones" a matrice bioclastico-peloidale, passanti lateralmente a "rudstones" o "floatstones" (Embry & Klován, 1971). Questi Coralli formano biostrome di spessore metrico che si chiudono lateralmente entro qualche centinaio di metri. Esse sono impostate su livelli da tempesta e tappate da marne o tagliate da rudstones da mareggiata. In alcuni livelli sono presenti anche grossi Lamellibranchi endobionti di tipo *Conchodon*.

Calcare di Tremalzo (275 m).

Introduciamo qui questa nuova unità litostratigrafica al fine di inquadrare i carbonati di mare sottile, che costituiscono buona parte dei depositi "Retici" della provincia di Brescia e delle Valli Giudicarie. Questa formazione è suddivisibile in tre membri e presenta caratteri di transizione fra i depositi marnosi lombardi e le coeve facies dolomitiche trentine.

Gli affioramenti dell'area di Tremalzo (Fig. 1) potrebbero rappresentare la sezione-tipo di questa unità, ma ulteriori studi sulla stratigrafia retica della Lombardia orientale appaiono utili prima di una sua precisa formalizzazione. La sezione di riferimento, comprendente i membri inferiore e medio, è stata rilevata lungo lo spigolo SE del Monte di Tremalzo. La parte basale del membro superiore è stata invece rilevata sul versante occidentale di questo, mentre la parte medio-superiore è stata misurata lungo il canalino a nord del Dosso della Fame.

Il calcare di Tremalzo si è sedimentato su di una piattaforma carbonatica prevalentemente fangosa, ma spesso interessata da violenti uragani ed intersecata da canali di marea. Nella parte medio-inferiore continua l'evoluzione verso condizioni sempre meno profonde. Si passa da facies totalmente subtidali ad episodi inter-sopratidali sempre più sviluppati, che culminano con prolungate emersioni al tetto del membro medio. Nel

membro superiore si ha quindi un moderato riapprofondimento ambientale.

a) **Membro inferiore (81 m) (Fig. 8).** La base viene posta ove i calcari prevalgono definitivamente sui livelli marnosi. Questi litotipi calcarei creano pareti subverticali, interrotte da cenge erbose in corrispondenza di livelli leggermente marnosi. Depositi in ambienti interamente subtidali, questo membro è prevalentemente costituito da calcari biomicritici peloidali alternati a tempestiti lumachelliche. Spesso eventi più recenti hanno eroso precedenti strati da tempesta, originando strati composti "cannibalizzati". A vari livelli si osservano calcareniti oolitiche a cementi marini fibrosi, con lamine trattive unidirezionali, talora bisensoriali. Questi corpi lumachellici ed oolitici appaiono tabulari alla scala dell'affioramento, ma si chiudono lateralmente entro qualche centinaio di metri e sono debolmente convessi verso l'alto. Le bioturbazioni sono analoghe a quelle presenti nella parte più alta del Calcare di Zu. In alcuni livelli spiccano grossi Bivalvi di tipo *Conchodon* e più rari rudstones a Coralli.

b) **Membro medio (71 m) (Fig. 8).** La base dell'unità viene posta al comparire delle prime dolomie intersopratidali; il suo tetto è segnato da un netto riapprofondimento

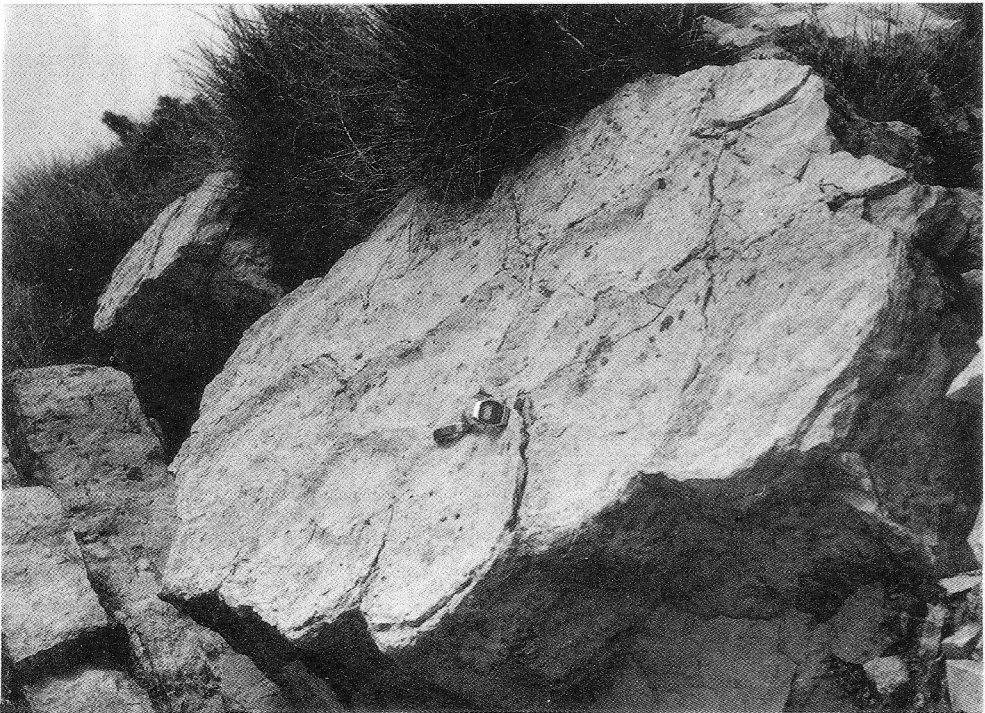


Fig. 4 - Poligoni da esposizione subaerea nel membro medio del calcare di Tremalzo. Spigolo sud-orientale del monte omonimo.

ambientale e dalla nuova diffusione di calcareniti oolitiche. Questo membro è quasi esclusivamente carbonatico e origina ripide pareti stratificate. Il tetto di questa unità è posto pochi metri al di sopra del culmine di tali pareti.

Il membro medio comprende una quindicina di cicli peritidali "shallowing upward", con livelli intersopratidali dolomitici giallastri a stromatoliti piane ed "LLH". Nella parte superiore di ciascun livello stromatolitico si sviluppano (Fig. 4) "teepees", "bird's eyes" e "sheat cracks", con riempimenti geopetali di sedimenti interni e cementi vadosi. A tetto dei cicli vi sono talora tasche e veli di argille residuali rosso-verdastre, alla base delle brecciole trasgressive a clasti dolomitici piatti, derivanti dal rimaneggiamento del sottostante livello sopratidale.

In base ai caratteri della loro porzione subtidale si possono distinguere cicli peritidali a bassa ed alta energia idrodinamica (James, 1984), analogamente a quanto osservato nelle successioni retiche delle Dolomiti di Brenta (Masetti et al., 1988). Nei cicli a bassa energia prevalgono nettamente le rocce micritiche amalgamate dalla bioturbazione; sporadicamente vi si osservano strutture da onda. Le più rare porzioni subtidali ad alta energia sono costituite da "grainstones" o "packstones" bioclastici, più raramente oolitici, a laminazioni tidali, con superfici multiple di riattivazione. Questi livelli calcarenitici presentano base erosiva, una evoluzione "fining upward" e si chiudono lateralmente in poche decine di metri. I cicli peritidali sia a bassa che ad alta energia sono raggruppati in sequenze di 4 o 5 cicli, sempre meno profondi verso l'alto e culminanti con prolungate esposizioni subaeree.

Nel membro medio si possono distinguere tre litozone: I) Nei venti metri inferiori sono ancora presenti pochi livelli marnosi intercalati a micriti e lumachelle. II) Più in alto cessa completamente l'influenza terrigena, mentre le tempestiti si fanno più rare e distali. Le faune si impoveriscono, ma si diffondono grossi Lamellibranchi di tipo *Conchodon*. III) La parte più alta è formata da dolomie sottilmente stratificate depostesi prevalentemente in condizioni intersopratidali e tagliate da livelli paleocarsici.

c) Membro superiore (125 m) (Fig. 9). La parte inferiore di questo membro registra un certo approfondimento ambientale, accompagnato dalla ricomparsa di qualche livello marnoso. Morfologicamente esso determina pareti calcaree interrotte da cenge, intagliate sia nei livelli marnosi che nelle dolomie intersopratidali.

Nella porzione basale si notano due superfici di non deposizione e di litificazione sottomarina, evidenziate da "borings" riempiti da concrezioni metalliche o marne e da lumachelle fratturate e fosfatizzate. Le associazioni litologiche e faunistiche presenti sono particolarmente varie. Prevalgono ancora le rocce micritiche alternate a tempestiti o ad ooliti con laminazioni a lisca di pesce. Alcuni "cosets" presentano superiormente "formsets" drappeggiati da micriti, legati ad un rapido calo dell'energia idrodinamica. Si distinguono una decina di livelli sopratidali, che si possono sovrapporre direttamente a depositi francamente subtidali, quali marne a Bactrilli o "packstones" a *Rhizocorallium*. Il contenuto icnologico è vario: prevalgono bioturbazioni di tipo *Thalassinoides*, o grandi burrows decimetrici poco organizzati, mentre in alcuni strati marnosi sono presenti bioturbazioni di tipo *Zoophycos*.

Il tetto del calcare di Tremalzo è posto alla scomparsa definitiva degli strati argillosi e di chiari livelli interspratidali.

La Corna.

Con questo termine tradizionale si indica la formazione carbonatica al tetto della sequenza retica. Essa comprende una parte inferiore calcarea, che crea ripide pareti stratificate, ed una porzione superiore dolomitica, che origina irregolari spuntoni rocciosi, conosciuti localmente come "corne". Ove sono ancora riconoscibili i caratteri primari, questa formazione dimostra di essersi deposta in ambienti subtidali di debole profondità, spesso interessati da veloci correnti tidali. La porzione calcarea è dominata da rocce micritiche a peloidi e bioclasti. Nella parte inferiore sono ancora comuni le lumachelle da tempesta, mentre verso l'alto si diffondono dei "packstone-grainstones" oolitici a strutture tidali. Spesso queste calcareniti riempiono dei canali che si chiudono lateralmente alla scala dell'affioramento. Sono diffusi Lamellibranchi di tipo *Conchodon* e frammenti di Coralli in sedimenti sia fangosi che calcarenitici. Superiormente la dolomitizzazione si fa sempre più intensa fino a distruggere completamente ogni tessitura e struttura originaria. Questa dolomitizzazione tardo-diagenetica non ha mai interessato i sottostanti depositi retici per la presenza di marne che costituivano soglie di bassa permeabilità.

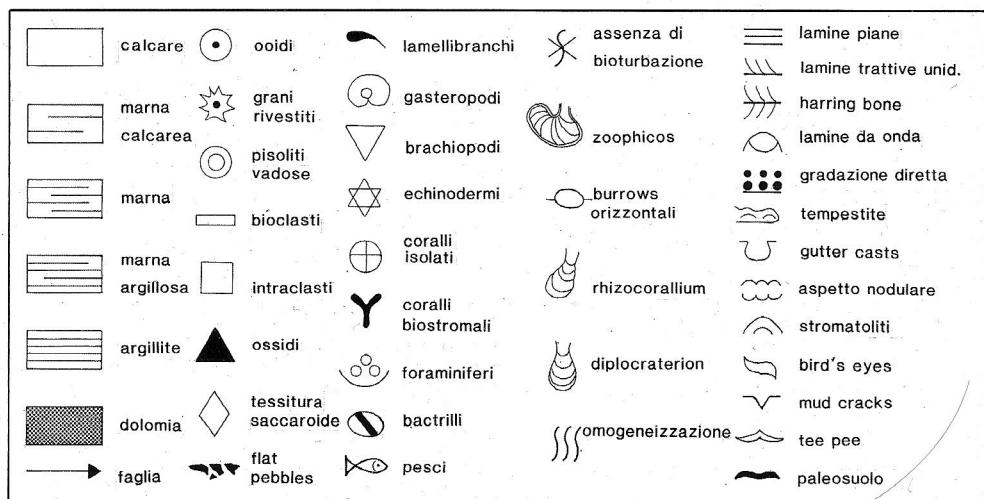


Fig. 5 - Legenda delle sezioni stratigrafiche.

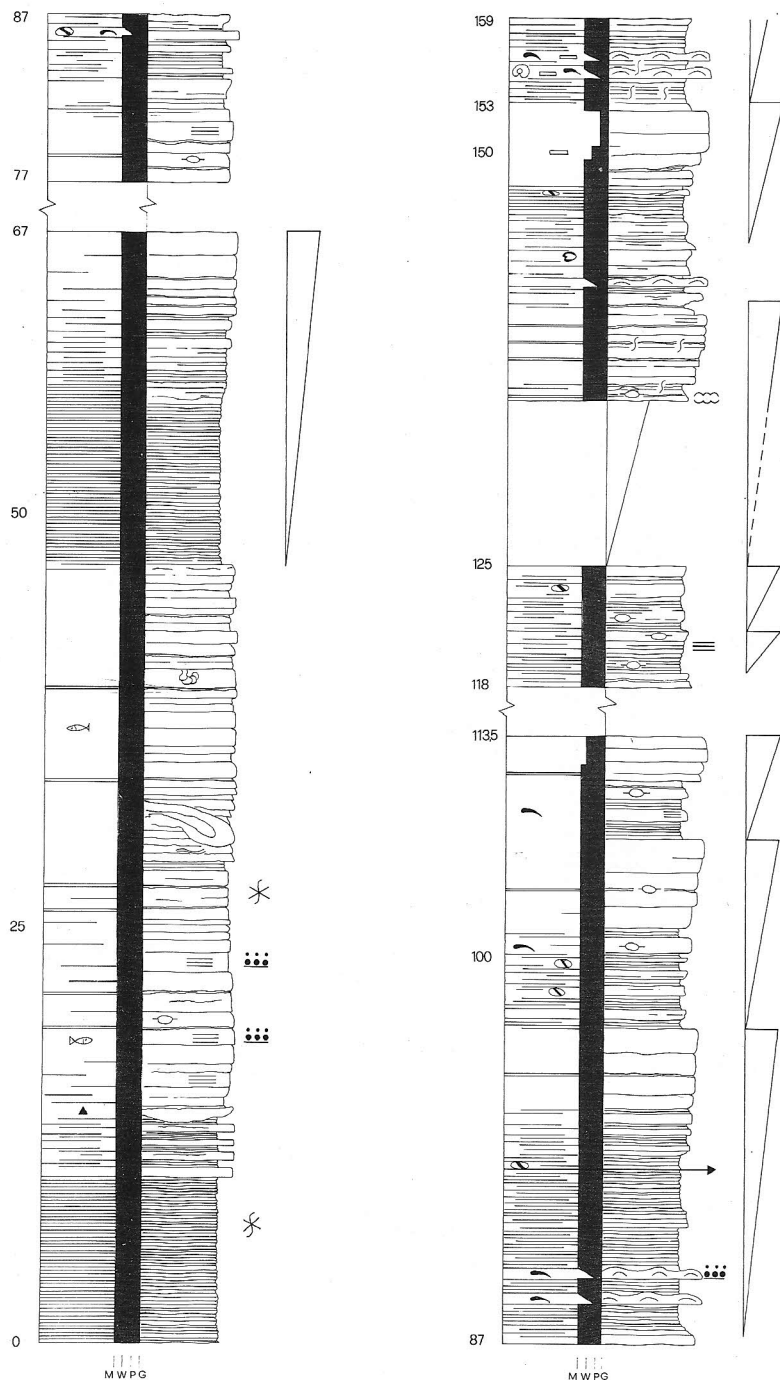


Fig. 6 - L'Argillite di Riva di Sotto in Tremalzo. La colonna a sinistra indica la tessitura media e i tipi prevalenti di grani: M) mudstone, W) wackestone, P) packstone, G) grainstone. I triangoli individuano i singoli cicli argilloso-calcarei asimmetrici.

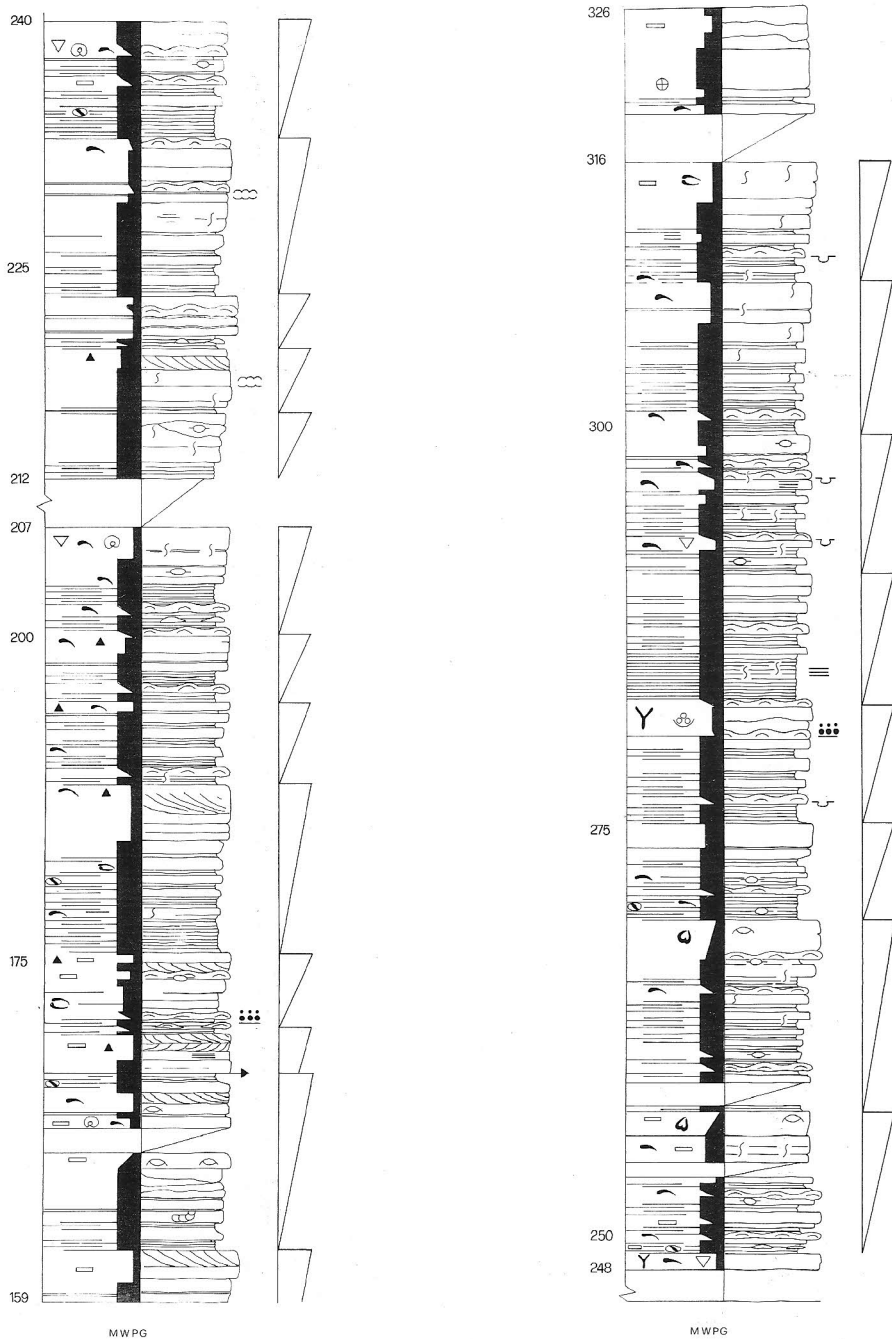


Fig. 7 - Il Calcare di Zu a Tremalzo. Si noti il progressivo aumento del contenuto calcareo medio e la diffusione di tempestiti e laminazioni trattive unidirezionali.

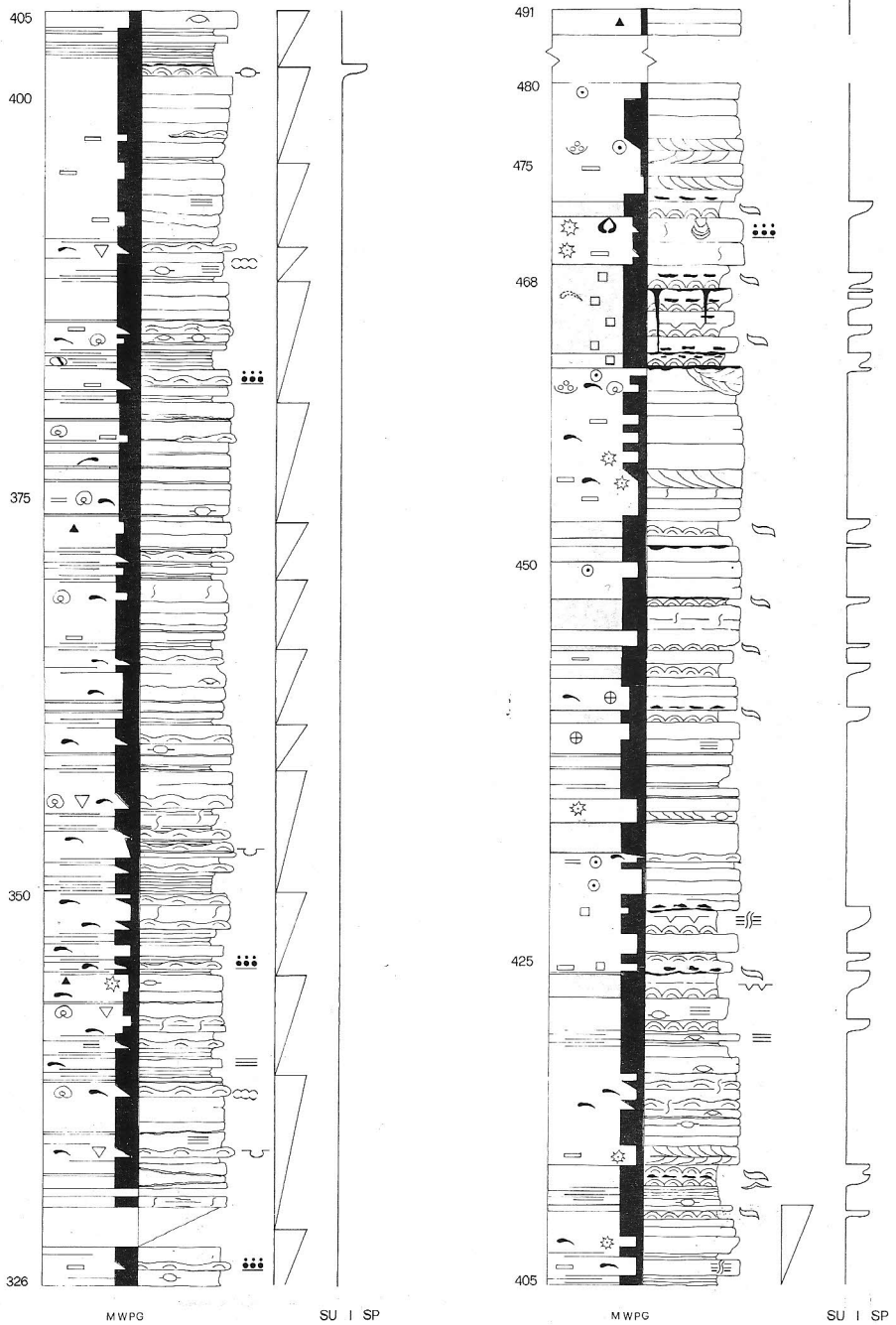


Fig. 8 - Il membro inferiore e medio del calcare di Tremalzo in Tremalzo. La curva batimetrica evidenzia la ciclicità peritidale. Notare l'evoluzione "shallowing upward" culminante in un livello paleocarsico. SU) subtidale, I) intertidale, SP) sopratidale.

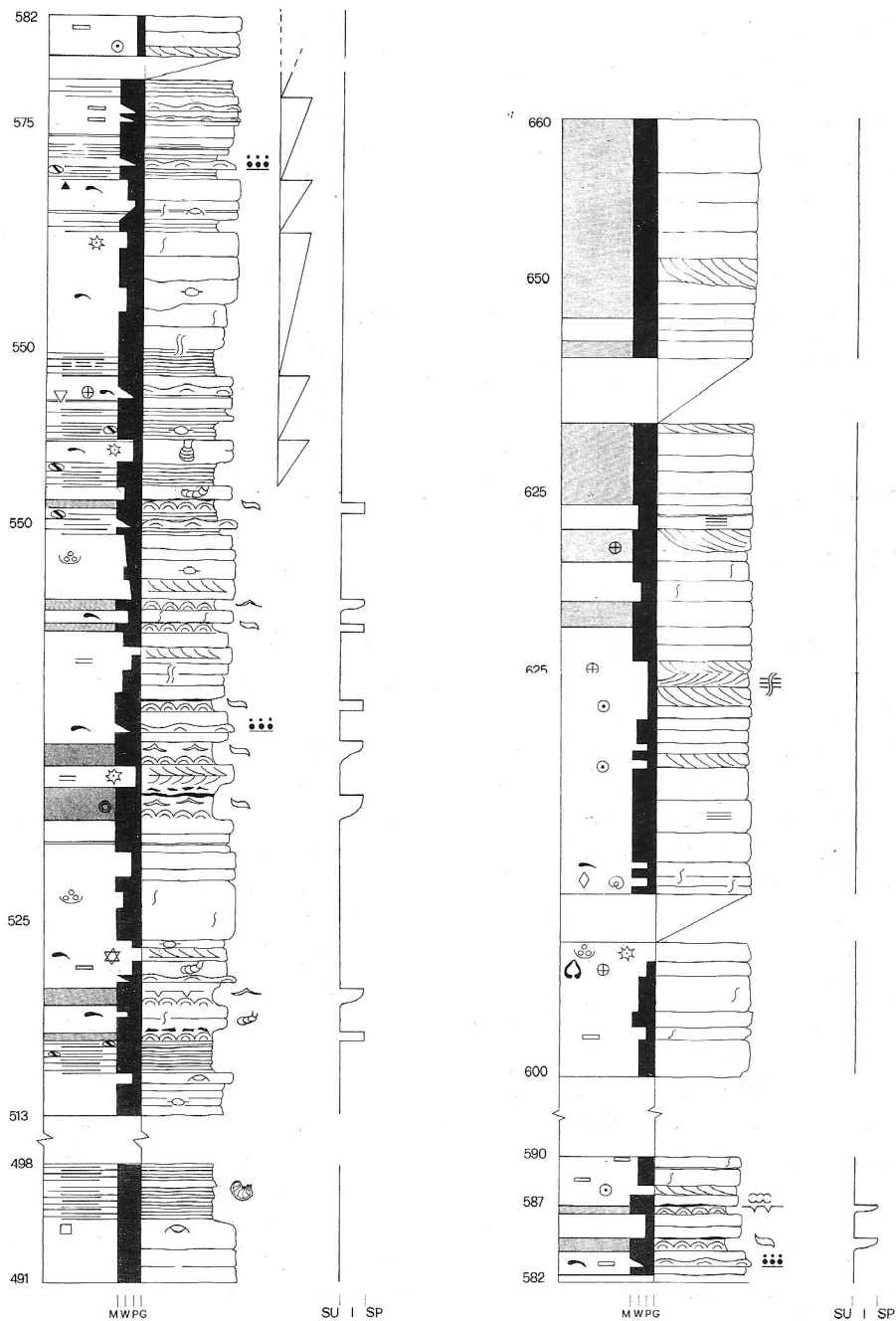


Fig. 9 - Il membro superiore del calcare di Tremalzo in Tremalzo. Ove scompaiono i livelli intersopratidali e le marne si passa alla formazione della Corna.

3. Area del Monte Guil.

A meno di 5 km a est del Monte di Tremalzo affiorano carbonati retici dell'area del Monte Guil. La successione retica è qui povera di livelli argillosi ed è localmente scollata al tetto della Dolomia Principale, senza che probabilmente si sia prodotta una significativa elisione tettonica.

Brecce al tetto della Dolomia Principale.

Nella porzione sommitale della Dolomia Principale peritidale, a contatto con i sovrastanti depositi "retici", vi sono corpi brecciati ad andamento subverticale, di qualche metro di ampiezza, probabilmente prodotti dalla fratturazione penecontemporanea in situ. I frammenti con strutture intersopratidali mostrano sempre spigoli vivi, mentre quelli subtidali mostrano talora un comportamento più plastico, legato ad una imperfetta litificazione. La matrice è prevalentemente calcarea, talora leggermente marnosa, e mostra vistose laminazioni, in parte prodotte dalla iniezione di fanghi in pressione negli spazi fra i clasti.

Il calcare di Tremalzo (285 m).

La sezione è stata rilevata in vari spezzoni lungo i sentieri fra i passi della Rocchetta e Guil e fra questo e la Bocca dei Fortini. I tre membri di questa formazione presentano una evoluzione del tutto analoga a quella osservata più ad occidente.

a) Il membro inferiore (114 m) (Fig. 11) è formato da mudstones micritici o packstones peloidali, alternati a calcareniti ricche di bioclasti, di grani rivestiti od ematizzati e, raramente, ooidi. Le strutture sedimentarie primarie sono frequentemente distrutte dalla bioturbazione; talora si osservano però lamine piane, ondulate o incrociate a basso angolo, associate a ripples simmetrici da onda, o rampicanti con elevato angolo di "climbing". Più raramente sono osservabili strati di tipo "hummocky" (Harms et al., 1975) o "swalley" (Leckie & Walker, 1982). Le bioturbazioni sono dominate da fodichnia suborizzontali, talora troncati da tempesti. Il contenuto paleontologico è vario e simile a quello del Calcare di Zu di Tremalzo. Nella parte alta di questo membro si diffondono "grainstones" ad ooidi e pacchi di dolomie.

b) Membro medio (53 m) (Fig. 11). È esclusivamente carbonatico ed origina pareti stratificate subverticali in netta evidenza morfologica. Esso presenta sequenze di facies peritidali "shallowing upward", molto simili a quelle del Monte di Tremalzo, ma con livelli intersopratidali più sviluppati (Fig. 10). Nella parte alta vi sono anche qui orizzonti paleocarsici. Le unità subtidali, nei pressi di Roccolo di Membra, sono dominate da calcari micritici o dolomie fini. Nel versante meridionale del Monte di Carone, 1500 m più a nord-ovest, la porzione subtidale degli stessi cicli appare più granulare (riquadro in Fig. 12). Il contenuto paleontologico è abbastanza scarso; si notano tuttavia grossi Lamelli-branchi, Gasteropodi e qualche Corallo isolato. Al tetto del membro medio si ripassa ad una unità totalmente subtidale.

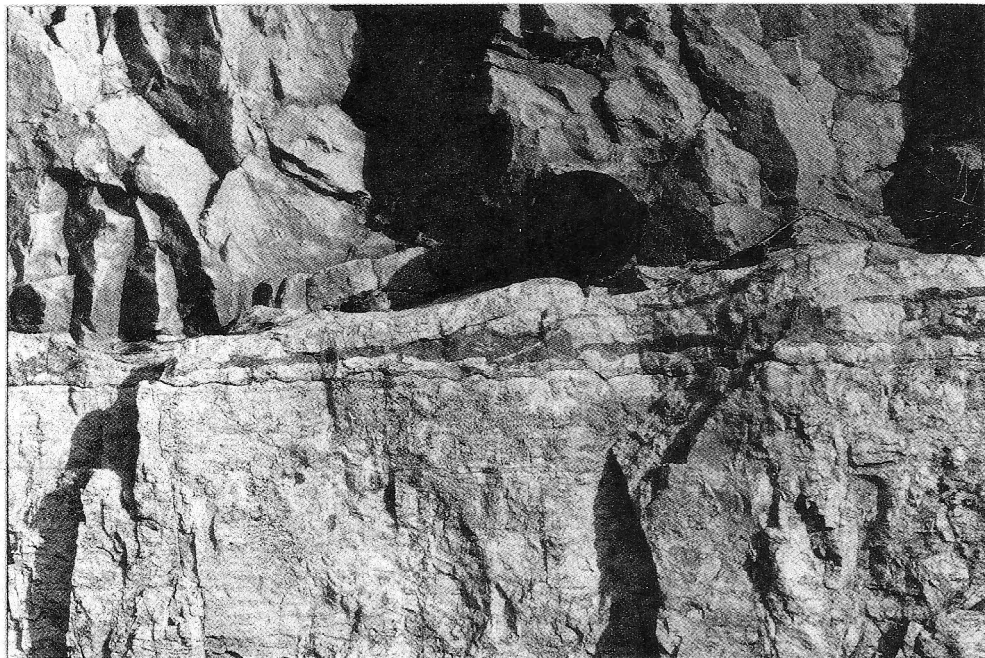


Fig. 10 - Stromatoliti piane e strutture da disseccamento al tetto del membro medio del calcare di Tremalzo. Sentiero ad Est del Passo Guil.

c) Membro superiore (118 m) (Fig. 13). Presenta una complessa tematica deposizionale simile a quella osservata nella sezione di Tremalzo, anche se la batimetria era mediamente minore. Alcuni cicli "thickening" e "shallowing upward" hanno base marnosa e strutture sopratidali al tetto. Il limite superiore del calcare di Tremalzo è posto alla base del primo bancone plurimetrico massiccio di "packstones" peloidali, ad oncoliti e grossi Lamellibranchi.

Segue la Corna calcarea, formata da spessi banchi di micriti bioturbate e livelli oncolitici. Questi calcari, sedimentatisi in una piattaforma fangosa subtidale, passano lateralmente a corpi di dolomie cristalline massicce.

4. Cenni sulle variazioni stratigrafiche laterali.

Le sezioni fin qui esaminate, pur fra loro vicine, presentano aspetti contrastanti, a causa della mancanza delle formazioni marnose lombarde negli affioramenti orientali. La sezione del Monte Guil, deponesi in ambienti più superficiali e riparati, presenta livelli intersopratidali maggiormente sviluppati e strati da tempesta più fangosi di quelli osservabili a Tremalzo. Queste differenze non sono un fatto isolato ma, nel raggio di pochi chilometri, le facies retiche mostrano, in corrispondenza di numerose linee tettoni-

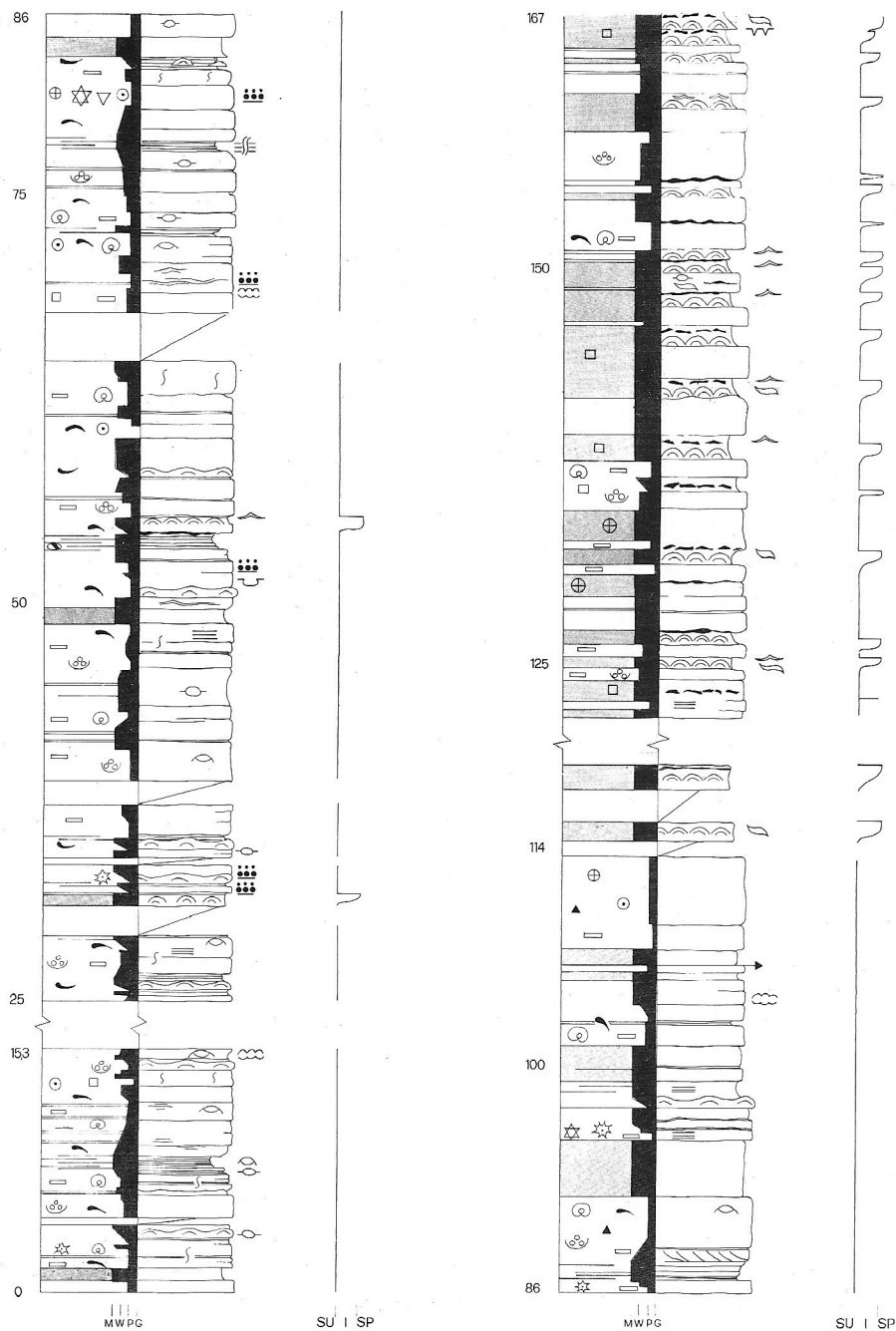


Fig. 11 - Il membro inferiore e medio del calcare di Tremalzo al Monte Guil. Mancano inferiormente le formazioni marnose lombarde. Notare l'importanza delle tempestiti.

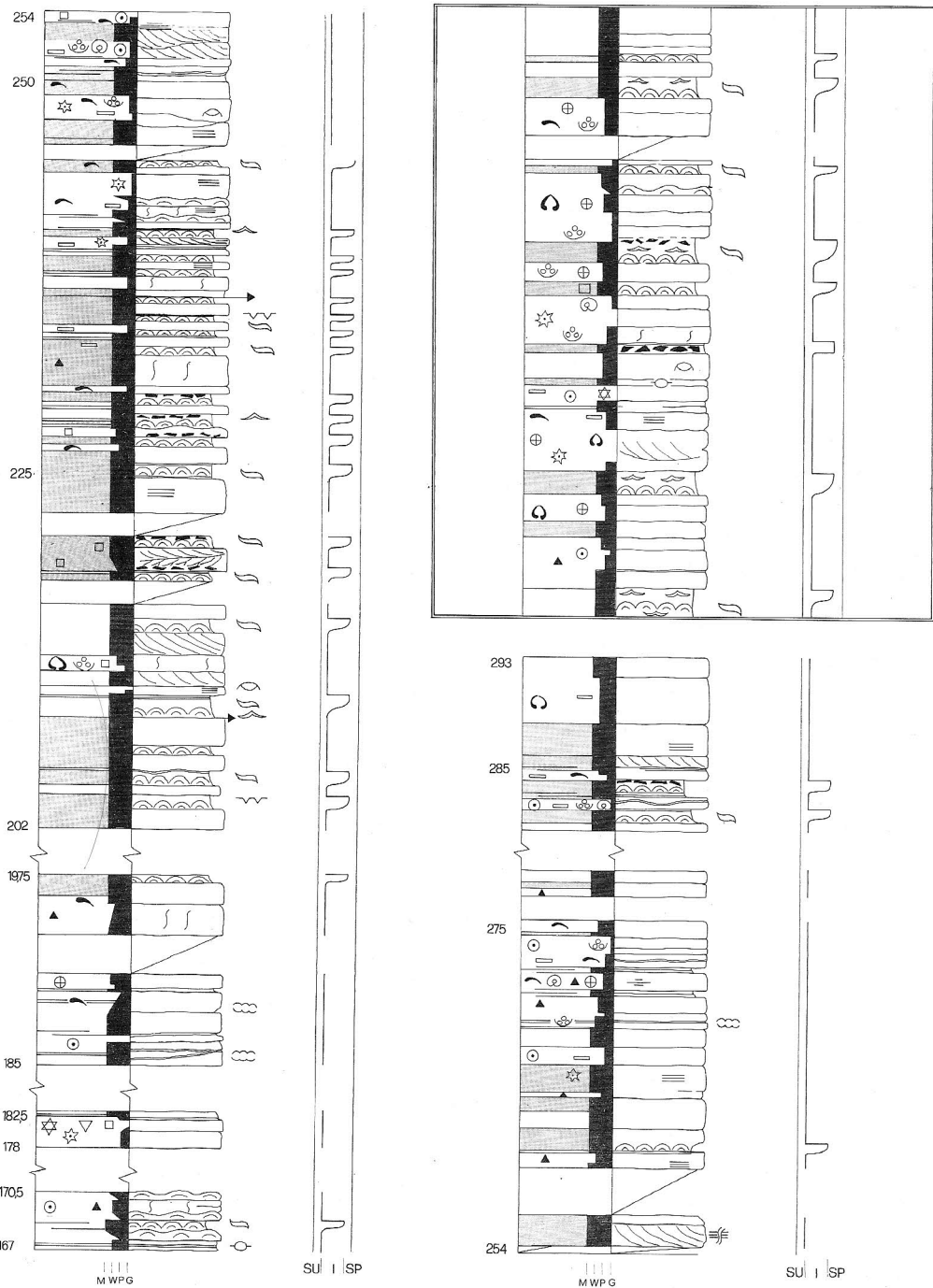


Fig. 12 - Il membro superiore del calcare di Tremalzo nell'area del Monte Guil. Notare la ricomparsa delle marne. Nel riquadro sono rappresentati alla stessa scala i cicli peritidali nel membro medio del calcare di Tremalzo sotto la Cima di Carone.

che, molte altre marcate variazioni, in parte già segnalate da Rossetti (1966) e Cassinis (1971). Per ragioni di spazio ci limiteremo qui ad accennare ai più appariscenti contrasti di facies e di spessore (Fig. 1). Sopra Pregasina il calcare di Tremalzo, peritidale, spesso dolomitico e con pochissima marna, ha una potenza di circa 150 m. Intorno al km 107 della gardesana occidentale, fra Limone e Riva, 1500 m ad E del M. Guil, il calcare di Tremalzo è apparentemente ridotto ad uno spessore di 25-30 m (Cadrobbi, 1940; Rossi, 1967) ed è ricco di livelli intersopratidali, ma affiora malamente. Più bruschi ancora sono i salti di facies e di spessore intorno a Tremalzo. Su di una distanza di meno di 1500 m lo spessore del «Retico» marnoso, comprendente l'Argillite di Riva di Solto ed il Calcare di Zu, si riduce dagli oltre 400 m di Malga Lorina alle poche decine di metri del Dosso delle Saette. Le facies argillose bacinali sono invece maggiormente sviluppate a Denai, a nord di Magasa, e all'Alpo di Bondone, nei pressi del paese omonimo.

Poco più di 1 km a NE del Monte di Tremalzo, attraversata la linea trascorrente del Dosso del Vento (Rossetti, 1966; Castellarin & Cassinis, 1981), fra Malga Giù e Malga Caset, il calcare peritidale di Tremalzo, molto dolomitizzato, sembra sovrapporsi direttamente alla Dolomia Principale. Le formazioni marnose mancano anche ai Prati del Monte e a Col Passovri, ove la formazione di Tremalzo è quasi totalmente dolomitica. Livelli argillosi ben sviluppati sembrano anche mancare a N della Val Ampola e vicino a Tiarno di Sopra, ma sono invece presenti nei pressi del Laghetto dell'Ampola. Le facies marnose sono sviluppate anche a NE di Pieve di Ledro, ma fin dalla loro base si sono sedimentate in ambienti assai meno profondi di quelli di Tremalzo, come dimostra la diffusione di tempestiti prossimali e di laminazioni trattive unidirezionali.

Se si esaminano più dettagliatamente questi affioramenti, appaiono però anche notevoli analogie. Non solo l'evoluzione batimetrica generale è analoga, ma è, ad esempio, possibile correlare con maggiore dettaglio i cicli di facies del membro medio del Calcare di Tremalzo fra le sezioni esaminate.

Queste analogie tendono ad attenuare il contrasto fra le varie sezioni, ma, pur non trascurando la possibile influenza della tettonica sinsedimentaria, appare comunque ardua l'interpretazione delle brusche variazioni di facies e di potenza, nella posizione relativa attuale degli affioramenti. Tutto ciò porta a suggerire che le linee tettoniche subverticali che li dividono, siano state almeno in parte sede di significativi movimenti orizzontali (Rossetti, 1966).

5. Rapporti cronostratigrafici e paleogeografici.

La Fig. 13 propone un quadro schematico dei complessi rapporti stratigrafici esistenti nella zona esaminata e nelle regioni limitrofe. Durante la deposizione di buona parte delle facies retiche l'area giudicariense rappresentava una fascia di transizione fra il Bacino argilloso Lombardo e la Piattaforma carbonatica di Trento. Nel dettaglio, la situazione era però assai complessa, soprattutto nella parte inferiore della successione.

Alla base delle facies retiche, nelle aree depresse, si sono interrotti gli apporti carbonatici e al Calcare di Zorzino è seguita con un contatto nettissimo l'Argillite di Riva

di Solto, mentre sui paleoalti circostanti cessava la deposizione della Dolomia Principale lombarda. Questo cambiamento della dinamica sedimentaria ha implicato una grave crisi della produttività calcarea al tetto dei carbonati infraretici.

La mancanza di facies di transizione o di interdigitazioni fra l'Argillite di Riva di Solto e i sottostanti carbonati sembra suggerire l'ipotesi di una crisi più o meno sincrona, almeno a livello di Bacino Lombardo. Questa possibile sostanziale sincronia del tetto dei carbonati infraretici non implica però necessariamente anche la sincronia della base delle varie sezioni retiche. Nelle porzioni più depresse del bacino la sedimentazione marnosa è iniziata probabilmente prima che sulle zone topograficamente elevate. Numerose evidenze infatti suggeriscono la presenza su vari paleoalti di livelli condensati o di lacune al tetto della Dolomia Principale. In queste zone, alla base della successione retica, si osservano crostoni metallici e superfici di litificazione sottomarina perforate da borings, come al Dosso delle Saette; o lumachelle molto fratturate ed ematizzate, talora fosfatizzate o con tracce di glauconite, derivate dall'amalgamazione di molti episodi. Anche i rapporti geometrici fra l'Argillite di Riva di Solto e i precedenti corpi carbonatici suggeriscono talora l'esistenza di lacune al tetto della Dolomia Principale. La durata di queste lacune non è valutabile con precisione, per cui l'altezza dell'area tratteggiata in Fig. 13 è puramente indicativa. Localmente essa può essere stata anche notevolmente maggiore.

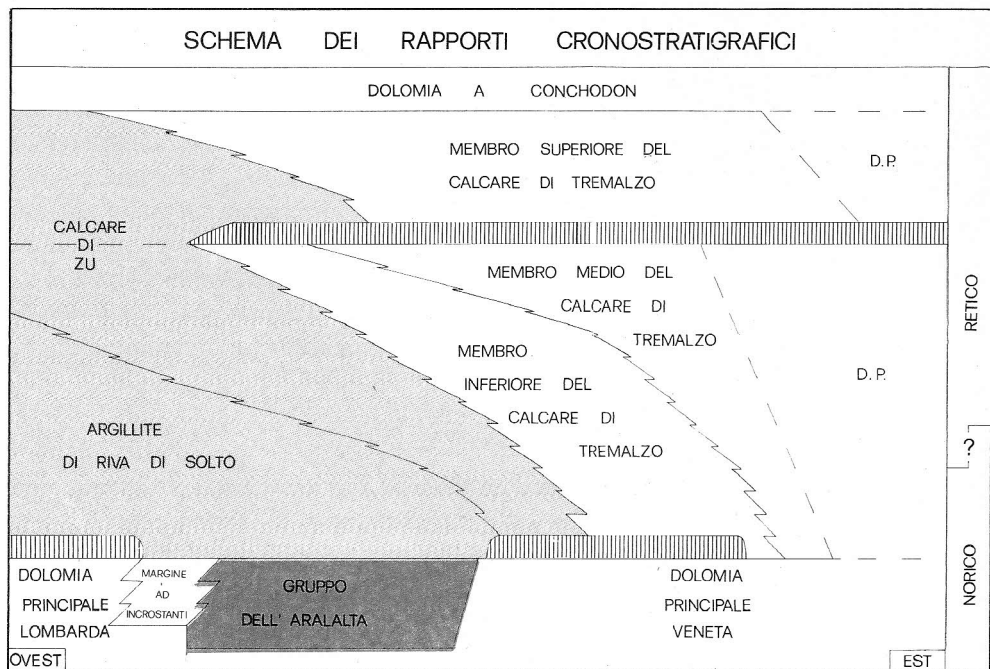


Fig. 13 - Schema dei rapporti cronostatigrafici fra le formazioni norico-retiche dell'area studiata. In grigio chiaro sono rappresentate le formazioni marnose ad affinità lombarda, in grigio scuro il Gruppo dell'Aralalta. Il tratteggio verticale indica periodi di tempo rappresentati da serie condensate o da lacune.

Studi sedimentologici e geochimici suggeriscono che una significativa porzione dei fanghi carbonatici depositisi nel bacino retico non fosse autoctona, ma provenisse da aree produttrici meno profonde (Masetti et al., 1989). La presenza nella parte alta dell'Argillite di Riva di Solto lombarda di abbondanti fanghi micritici alloctoni implica perciò la contemporanea esistenza di attive piattaforme carbonatiche, in grado di esportare rilevanti volumi di fanghi calcarei. Le limitate piattaforme lombarde, intercalate ai bacini del Gruppo dell'Aralalta, erano già annegate all'inizio della sedimentazione delle facies retiche, mentre la Piattaforma di Trento era sopravvissuta e, dopo un probabile periodo di crisi, incominciava a rifornire il vicino Bacino Lombardo di una sempre maggiore quantità di fango calcareo. Come vedremo in seguito, il forte apporto di sedimento uniformava progressivamente la fisiografia retica, permettendo lo sviluppo di una rampa deposizionale che raccordava la Piattaforma di Trento con il Bacino Lombardo, con la conseguente coesistenza laterale di numerosi sub-ambienti intermedi.

I tre membri del calcare di Tremalzo sono caratterizzati da una evoluzione stratigrafica analoga a quella del Calcare di Zu bergamasco; questa unità presenta pure un membro medio fortemente carbonatico, generalmente sedimentatosi a debole profondità, ed un membro superiore che registra un approfondimento ed un nuovo marcato apporto argilloso. Ciò suggerisce che il calcare di Tremalzo e il Calcare di Zu bergamasco riflettano gli stessi episodi sedimentari e siano sostanzialmente coevi. Queste considerazioni appaiono confermate anche dalla distribuzione delle associazioni microfaunistiche. *Triasina hantkeni* infatti compare per la prima volta sia nella parte medio-bassa del Calcare di Zu bergamasco (Gaetani M. com. orale e nostre osservazioni personali), sia poco sotto la base del calcare di Tremalzo dell'area tipo. Anche nella sezione del Grostè *Triasina hantkeni* compare poco sopra la base del membro carbonatico peritidale (Masetti et al., 1989) riferibile al calcare di Tremalzo. Le porzioni del Calcare di Zu sottostanti al calcare di Tremalzo, come quelle del Dosso delle Saette, del versante settentrionale della Val di Ledro e del Grostè, sono perciò molto probabilmente coeve della parte superiore dell'Argillite di Riva di Solto della provincia di Bergamo. Queste facies di Calcare di Zu si sedimentavano infatti nella parte medio-alta della rampa deposizionale, mentre nelle aree più profonde continuava la sedimentazione dell'Argillite di Riva di Solto.

6. Sintesi paleogeografica.

Le successioni stratigrafiche esaminate possono fornire importanti informazioni sugli originali rapporti laterali, anche se i depositi di ambienti sedimentari contigui sono ordinatamente sovrapposti secondo la legge di Walther solo all'interno di ciascun ciclo batimetrico. Questi cicli sono infatti separati da rapidi riapprofondimenti, diastemi e bruschi salti di facies.

Dall'esame delle successioni retiche si nota chiaramente che il passaggio da ambienti bacinali relativamente profondi ad ambienti peritidali avviene senza l'interposizione di un margine biocostruito o ad alta energia idrodinamica. Inoltre le facies retiche non presentano evidenze di marcate paleopendenze al passaggio con la piattaforma car-

bonatica di Trento.

Come già accennato, l'analisi sedimentologica del Bacino Retico Lombardo implica condizioni topografiche e oceanografiche in grado di favorire una ingente esportazione di carbonato dalle vicine aree costiere, senza fornire però comunemente gradienti topografici tali da innescare fenomeni di risedimentazione gravitativa in massa di materiali di piattaforma. Le successioni esaminate, ad eccezione di alcuni livelli basali, si sono sedimentate su fondali relativamente superficiali e poco inclinati, in prossimità di una piattaforma carbonatica. Tutte le facies si inquadrano bene in un modello paleogeografico di rampa deposizionale (Markello & Read, 1982; Read, 1982; Aigner, 1985), raccordante gli ambienti costieri veneti alla Fossa Sebina.

Questa rampa doveva presentare inizialmente una fisiografia alquanto articolata, con zone più depresse soggette ad un marcato influsso argilloso, e altre più elevate, esclusivamente carbonatiche, talora caratterizzate da successioni relativamente condensate. La scarsa ossigenazione dei fondali più profondi permetteva la preservazione di una abbondante frazione organica ed inibiva lo sviluppo delle comunità bentoniche locali. Vi si depositavano perciò solo carbonati alloctoni, provenienti dalle zone costiere.

Risalendo la rampa le condizioni ecologiche gradualmente miglioravano, permettendo il progressivo aumento della produzione autoctona di carbonato. La parte medio-alta della rampa era dominata dall'azione delle mareggiate, che saltuariamente producevano strati da tempesta con elevato potenziale di preservazione. Nella parte superiore l'azione delle correnti tidali diveniva pure significativa, interagendo con le mareggiate nel formare discontinue barre oolitico-bioclastiche. Queste potevano essere distrutte durante gli eventi a più alta energia, che ridistribuiscono la sabbia carbonatica sotto forma di lobi di "spill over". L'energia idrodinamica veniva però dissipata su aree assai vaste dall'attrito turbolento con il fondo poco inclinato, impedendo la costruzione di un margine granulare continuo. Le tempeste influenzavano anche la dinamica ecologica, ad esempio fornendo il substrato consistente per la colonizzazione dei Coralli, o causando la diffusione di bioturbazioni opportunistiche susseguenti alle mareggiate. L'energia idrodinamica media era comunque assai bassa, permettendo quasi ovunque l'accumulo di abbondanti fanghi.

Verso terra la rampa sfumava in una piattaforma carbonatica di debole profondità, in cui i canali di marea portavano l'influenza tidale. La migrazione laterale di questi canali forse produceva sequenze granulari "fining upward", mentre il loro improvviso abbandono permetteva verosimilmente l'accumulo di tappi micritici che fossilizzavano le morfologie di fondo. Verso l'interno la circolazione era più debole e le condizioni ecologiche meno favorevoli, come testimonia la forte riduzione della diversità faunistica.

In queste aree pianeggianti si instauravano periodicamente delle piane tidali a tappeti batterici, rifornite di fanghi carbonatici dalle zone più profonde adiacenti, soprattutto durante le mareggiate. Queste aree pianeggianti erano soggette a periodiche emersioni, anche prolungate, come è dimostrato dai frequenti episodi di pedogenesi subaerea. Procedendo verso oriente, nelle aree pianeggianti in cui si andava accumulando la parte alta della Dolomia Principale veneta, i depositi ad alta energia quasi scomparivano, men-

tre in generale aumentava l'importanza delle esposizioni subaeree e della dolomitizzazione.

7. Evoluzione temporale.

Questa non è però che l'immagine istantanea di una paleogeografia in continua trasformazione. La dinamica stratigrafica era guidata sia da cicliche fluttuazioni dei parametri esogeni, quali il clima o il livello eustatico, sia dalla tettonica sinsedimentaria, particolarmente attiva nella porzione inferiore della successione retica. Gli stessi movimenti che hanno contribuito ad individuare i bacini del Gruppo dell'Aralalta (Jadoul, 1986), si sono mantenuti probabilmente attivi nella parte bassa della sequenza retica, producendo tassi di subsidenza fortemente differenziati. Gli elevati tassi di accumulo hanno seppellito però progressivamente le discontinuità del substrato, impedendo alle faglie sinsedimentarie di avere una diretta espressione morfologica.

Come già accennato, la base della successione retica è marcata da un brusco approfondimento, accompagnato da una scarsa ossigenazione al fondo e dall'avvento di abbondanti fanghi terrigeni. I limitati alti carbonatici, intercalati ai bacini del Calcare di Zorzino nell'area lombarda, non sono stati in grado di reggere la crisi ambientale alla base delle facies retiche; crisi che ha confinato nelle zone orientali venete la sedimentazione carbonatica di mare sottile, instaurando in Lombardia generalizzate condizioni subtidali più o meno profonde, con scarsi apporti carbonatici. Questa crisi è stata forse causata da un rapido aumento del livello marino relativo accompagnato da un eccesso di nutrienti, che poteva inibire la produttività carbonatica locale (Hallock & Schlager, 1986). I fanghi terrigeni, probabilmente trasportati sotto forma di flocculati, avevano una forte tendenza a concentrarsi nelle porzioni più depresse dei bacini, colmandone le depressioni. Nella parte inferiore della successione retica ciò ha prodotto un progressivo livellamento della accidentata topografia ereditata dalla fase norica. Nell'area di Tremalzo le facies retiche prima di invadere gli alti circostanti hanno dovuto riempire i bacini infraretici, probabilmente profondi, in base a dati geometrici raccolti nelle aree adiacenti, anche qualche centinaio di metri. Questo colmamento, insieme all'aumentata esportazione di fanghi carbonatici dalla Piattaforma di Trento, permise quindi lo sviluppo di una rampa poco inclinata. L'apporto di sedimento ormai eccedeva mediamente l'aumento del livello marino relativo, causando ritmici episodi di progradazione della rampa; questa progradazione gradualmente ricacciò ad occidente il Bacino Retico Lombardo, fino a riportare l'intera Regione Giudicariense in condizioni peritidali, durante la deposizione del membro medio del calcare di Tremalzo. Questo processo non avveniva in modo continuo, ma, come suggerito dall'analisi dei cicli di facies, era il risultato complessivo di molti brevi episodi di avanzamento, separati da rapidi riapprofondimenti. Gli ambienti sedimentari divennero progressivamente sempre più superficiali e lateralmente uniformi, finchè, al tetto del membro medio, si depositarono sottili livelli di dolomie intersopratidali, che testimoniano un livello marino relativo stabile, con conseguente mancanza di spazio per l'accumulo sedimentario. Un abbassamento di tale livello produsse

quindi l'emersione di ampie aree di piattaforma, su cui poi una rapida trasgressione riportò condizioni marine. Ad una probabile retrogradazione di corpi calcarenitici costieri, seguì il massimo approfondimento, che riportò l'influenza terrigena verso aree più orientali. Questo riapprofondimento è riconoscibile attraverso l'intero Bacino Lombardo e fu accompagnato da una diversificazione laterale degli ambienti. Una nuova progradazione delle aree di piattaforma riportò quindi la regione esaminata in condizioni peritidali. Nella parte più alta della successione retica cessò infine ogni apporto terrigeno e si diffuse una piattaforma subtidale di bassa profondità, lateralmente abbastanza uniforme. Si attuava così la chiusura temporanea del Bacino Lombardo, che sarà poi sede del precoce annegamento liassico.

8. Una ipotesi dinamica.

Discutere la genesi delle sequenze cicliche di facies appare particolarmente complesso. Pur tenendo conto dei meccanismi autociclici locali, la deposizione di queste sequenze sembra essere stata controllata anche da rapide fluttuazioni allocicliche del livello marino relativo, registrate nei coevi depositi della Piattaforma di Trento (Bosellini & Hardie, 1988). Probabilmente queste fluttuazioni erano legate a rapide variazioni eustatiche, descritte in varie formazioni triassiche sudalpine (Hardie et al., 1986; Goldhammer et al., 1987).

Come abbiamo visto, l'Argillite di Riva di Solto e il Calcere di Zu sono caratterizzati da evidenti cicli argilloso-calcarei asimmetrici. Recentemente è stato proposto dal nostro gruppo di lavoro un modello genetico per questi cicli, che sembrano prodotti dall'interferenza fra una fluttuazione eustatica, modulante l'importazione di fango calcareo dalle piattaforme, ed una ciclicità climatica ad alta frequenza, produttrice le coppie litologiche (Masetti et al., 1989). Nelle aree meno profonde anche la produzione autoctona di carbonato aveva un ruolo importante, ma essa era comunque controllata dalle stesse fluttuazioni del livello marino relativo. I cicli argilloso-calcarei più spettacolari si trovano a Tremalzo; anche al Monte Guil sono però riconoscibili cicli analoghi, ma più sottili e molto più calcarei. Il decrescente spessore dei cicli verso l'alto va verosimilmente ricondotto ad una diminuzione del tasso medio di sedimentazione. Le fluttuazioni del livello marino influenzavano anche la migrazione laterale oscillante degli ambienti sedimentari, che si rifletteva nelle sequenze verticali di facies. Durante la fase di massima esportazione di carbonato dalla piattaforma si aveva infatti una rapida progradazione della rampa. L'esposizione subaerea delle zone produttrici bloccava quindi la progradazione e i fanghi terrigeni provenienti dal largo tornavano momentaneamente ad appoggiarsi sul lieve pendio della rampa. Successivamente un riapprofondimento produceva una nuova fase di produzione di carbonato sulla piattaforma, e di conseguenza un aumento nella esportazione di fango calcareo, che faceva riprendere la progradazione.

Ringraziamenti.

Ringraziamo il Professor Daniele Masetti per averci sponati a questo studio ed amichevolmente consigliato durante tutto il suo svolgimento. Ringraziamo inoltre sentitamente il Prof. Alfonso Bosellini per la lettura critica del manoscritto. Siamo anche grati al Prof. G. Cassinis per le Sue utili indicazioni sulla distribuzione delle facies retiche nella Provincia di Brescia. Ringraziamo il Prof. M. Gaetani per l'accurata revisione del testo per la pubblicazione. Siamo riconoscenti anche a Mark T. Burchell che ci ha aiutati nella descrizione della parte superiore della sezione di Tremalzo. Ringraziamo inoltre il CNR ed il Ministero della Pubblica Istruzione per il loro sostegno finanziario.

BIBLIOGRAFIA

- Aigner T. (1985) - Storm depositional systems: Dynamic stratigraphy in modern and ancient shallow-marine sequences. V. di 174 pp., 83 fig., Springer Verlag, Berlin.
- Bosellini A. & Hardie L.H. (1988) - Facies e cicli della Dolomia Principale delle Alpi Venete. *Mem. Soc. Geol. It.*, v. 30 (1985), pp. 245-266, 18 fig., Roma (Anche in *Mem. Acc. Lunig. Sc.*, v. 54-56, La Spezia).
- Broglio Loriga C., Masetti D. & Neri C. (1983) - La Formazione di Werfen (Scitico) delle Dolomiti occidentali: sedimentologia e biostratigrafia. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 88 (1982), n. 4, pp. 501-598, 6 tav., 27 fig., 7 tab., Milano.
- Cadrobbi M. (1940) - Su un nuovo giacimento fossilifero del Retico lungo la strada Gardesana occidentale in località Gola. *Studi Trent. Sc. Nat.*, v. 21, n. 3, pp. 165-189, 10 fig., Trento.
- Casati P. (1964) - Il Trias in Lombardia (Studi geologici e paleontologici). VI. Osservazioni stratigrafiche sull'"infraretico" delle Prealpi Bergamasche. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 70, n. 3, pp. 447-465, 10 fig., Milano.
- Cassinis G. (1971) - Lineamenti paleogeografici del Retico bresciano. *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, v. 22, pp. 91-109, 2 fig., Pavia.
- Castellarin A. & Cassinis G. (1981) - Foglio 25 Riva. In Castellarin A. (Ed.) - Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000. *C.N.R. Prog. Final. Geodinamica*, Sottoprogetto 5 "Geodinamica", Pubbl. 441, Bologna.
- Embry A.F. & Klován J.E. (1971) - A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island N. W. T. *Bull. Canadian Petrol. Geol.*, v. 19, pp. 730-781, 23 fig., Toronto.
- Frey P.W. & Pemberton S.G. (1984) - Trace Fossil Facies Model. In Walker R.G. (Ed.) - *Facies Model*, II ed., pp. 189-207, 14 fig., Hamilton (Ontario).
- Gnaccolini M. (1965) - Il Trias in Lombardia (Studi geologici e paleontologici). XV. Calcare di Zu ed Argillite di Riva di Solto: due nuove formazioni del Retico lombardo. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 71, n. 4, pp. 1099-1121, 6 fig., Milano.
- Goldhammer R.K., Dunn P.A. & Hardie L.A. (1987) - High frequency glacio-eustatic sea level oscillations with Milankovitch characteristics recorded in middle Triassic platform carbonates in Northern Italy. *Am. Journ. Scien.*, v. 287, pp. 853-892, 17 fig., New Haven.
- Hallock P. & Schlager W. (1986) - Nutrient Excess and the Demise of Coral Reef and Carbonate Platforms. *Palaios*, v. 1, pp. 389-398, 2 fig., Tulsa.

- Hardie L.H., Bosellini A. & Goldhammer R.K. (1986) - Repeated subaerial exposure of subtidal carbonate platforms, Triassic, Northern Italy. Evidence for high frequency sea level oscillations on a 10,000 year scale. *Paleoceanography*, v. 1, n. 4, pp. 447-457, 4 fig., Washington.
- Harms J.C., Southard J.B., Spearing D.R., & Walker R.G. (1975) - Depositional Environments as interpreted from Primary Sedimentary Structures and Stratification Sequences. *Soc. Ec. Pal. Min.*, Short course notes n. 2, pp. 1-161, 79 fig., Tulsa.
- Jadoul F. (1986) - Stratigrafia e paleogeografia del Norico nelle Prealpi Bergamasche Occidentali. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 91 (1985), n. 4, pp. 479-512, 1 tav., 14 fig., Milano.
- James N.P. (1984) - Shallowing Upward Sequences in Carbonates. In Walker R.G. (Ed.) - Facies Model, II ed., pp. 213-228, 19 fig., Hamilton (Ontario).
- Leckie D.A. & Walker R.G. (1982) - Storm and Tide dominated shoreline in Cretaceous Mosebar-Lower Gates interval: outcrop equivalents of Deep Basin gas trap, Western Canada. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 66, pp. 138-157, 10 fig., Tulsa.
- Markello J.R. & Read J.F. (1982) - Upper Cambrian intrashelf basin, Nolichucky Formation, Southwest Virginia Appalachians. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 66, pp. 860-878, 12 fig., Tulsa.
- Masetti D., Neri C., Stefani M. & Zanella R. (1988) - Cicli e tempestiti nel Retico delle Dolomiti di Brenta. *Mem. Soc. Geol. It.*, v. 30 (1985), pp. 267-283, 10 fig., Roma (anche in Mem. Acc. Luminig. Sc., v. 54-56, La Spezia).
- Masetti D., Stefani M. & Burchell M. (1989) - Asymmetric cycles in the Rhaetic facies of Southern Alps: platform-basin interactions governed by eustatic and climatic oscillations. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 94 (1988), n. 3, pp. 401-424, 10 fig., Milano.
- Read J.F. (1982) - Carbonate platforms of passive (extensional) continental margins: types, characteristics and evolution. *Tectonophysics*, v. 81, pp. 195-212, 7 fig., Amsterdam.
- Rossetti R. (1966) - Ricerche stratigrafiche e strutturali sulla regione dolomitica a oriente del Lago d'Idro (Bresciano Nord-orientale). *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, v. 11, pp. 3-30, 2 tav., 4 fig., Pavia.
- Rossi E. (1967) - Il Trias in Lombardia (Studi geologici e paleontologici). XXII. Studi stratigrafici sul Retico della sponda nord-occidentale del Garda. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 73, n. 4, pp. 1151-1167, 1 fig., Milano.