

Analisi di facies ed architettura di una piattaforma carbonatica del Carnico: il Settsass/Richthofen Riff (Dolomiti, Alpi Meridionali, Italia Settentrionale)

GIAN LUIGI TROMBETTA

P.ta S. Michele 3/3 - 44121 Ferrara (Italy) - E-mail: gianluigi.trombetta@libero.it

RIASSUNTO

Il sistema di piattaforma carbonatica del Settsass/Richthofen Riff, assieme ad altri complessi carbonatici post-vulcanici contribuisce a definire il quadro paleogeografico di età Carnico inferiore delle Dolomiti Occidentali. Queste piattaforme del Carnico inferiore erano popolate da *patch-reefs* a coralli e *mounds* a spugne separati da piccole lagune caratterizzate da sedimentazione fangosa (micrite). Il Settsass/Richthofen Riff è un piccolo sistema di piattaforma carbonatica (3-4 Km² di estensione per circa 150 m di spessore) ed è caratterizzato dalla sovrapposizione da due edifici di piattaforma (DC1 e DC2) che mostrano differente forma geometrica:

- a) l'edificio inferiore, conosciuto come Richthofen Riff (DC 1), mostra una geometria piano-convessa il cui nucleo è costituito da *patch-reef* a coralli e *mound* a spugne, mentre le parti laterali sono rappresentate da depositi di scarpata interdigitati con i depositi bacinali (Formazione di San Cassiano);
- b) il complesso carbonatico superiore, cioè il rilievo del Settsass (DC 2), mostra una geometria tabulare e/o che si ispessisce leggermente verso il bacino (*thickening basinward*). Questo complesso superiore conserva al suo interno differenti ambienti deposizionali che variano dai depositi di piattaforma interna (*back-reef*), del versante sud-occidentale, a quelli di *slope* registrati lungo il versante sud-orientale del Settsass. I depositi di *slope* sono costituiti da breccie clinostratificate con angoli di *slope* variabili da 20°-25°, nelle aree prossimali, a 10°-15° in quelle distali. Il complesso di piattaforma del Settsass mostra una progradazione verso il bacino che può essere seguita in affioramento per circa 2 km.

Parole chiave: piattaforme carbonatiche, Dolomia Cassiana, *reefs* a Coralli, *mounds* a spugne, clinoformi, progradazione, Triassico, Regione Dolomitica, Alpi Meridionali.

ABSTRACT

Facies analysis and architecture of a Carnian carbonate platform: the Settsass/Richthofen Riff (Dolomites, Southern Alps, Northern Italy).

The Settsass/Richthofen Riff carbonate platform system, together with the other central-western Dolomites post-volcanic carbonate complexes, forms the palaeogeographic scenario of the Lower Carnian age. These Lower Carnian platforms were dwelled by coral patch-reefs and sponge mounds separated by small lagoons characterized by muddy sedimentation. The Settsass/Richthofen Riff is a small platform system (3-4 km² in plain view and about 150 m thick) and is characterized by two superimposed carbonate complexes (DC 1 and DC 2) showing different geometric features:

- a) the lower complex, known as the Richthofen Riff (DC 1), shows a plane-convex geometry where the core is constituted by coral patch-reefs and sponge bodies, while the lateral portion is represented by the slope sediments interfingering with the basinal deposits (San Cassiano Formation);
- b) the upper complex, the proper Settsass relief (DC 2), shows a tabular geometry and/or some thickening basinward. This upper complex covers a variety of depositional settings, from inner platform deposits (*back-reef*) at the southwestern side, to slope deposits at the southeastern side. Its slope deposits are formed by clinostratified breccias with slope angles ranging from 20° - 25° in the proximal area, to 10° - 15° more distally. The Settsass platform complex shows a basinward progradation (NE direction) which can be traced in outcrops for almost 2 km.

Keywords: Carbonate platforms, Cassian Dolomite, Sponges and Coral-reefs, clinoforms, progradation, Triassic, Dolomites Region, Southern Alps.

INTRODUZIONE

Le Dolomiti si collocano nel settore più orientale delle Alpi Meridionali e formano una catena a pieghe e sovrascorrimenti, cioè una delle maggiori unità strutturali della catena alpina. Le Dolomiti costituiscono un ampio sinclinorio a *pop-up* di età Neogenica, ben delimitato all'interno del dominio delle Alpi Meridionali (CASTELLARIN, 1979; DOGLIONI & CASTELLARIN, 1985; DOGLIONI & BOSELLINI, 1987; SCHÖNBORN, 1999).

Le Dolomiti sono costituite da una articolata successione di rocce sedimentarie e vulcaniche sovrascorse verso sud a seguito della collisione alpina come un blocco uniforme di crosta superiore. Durante l'orogenesi alpina l'intera regione dolomitica venne solo debolmente deformata per cui appaiono ben preservati gli originari rapporti stratigrafici nei sistemi piattaforma-*slope*-bacino che sono stati oggetto di numerosissimi studi geologici, sedimentologici, paleontologici, biostratigrafici e paleogeologici nell'ultima decade.

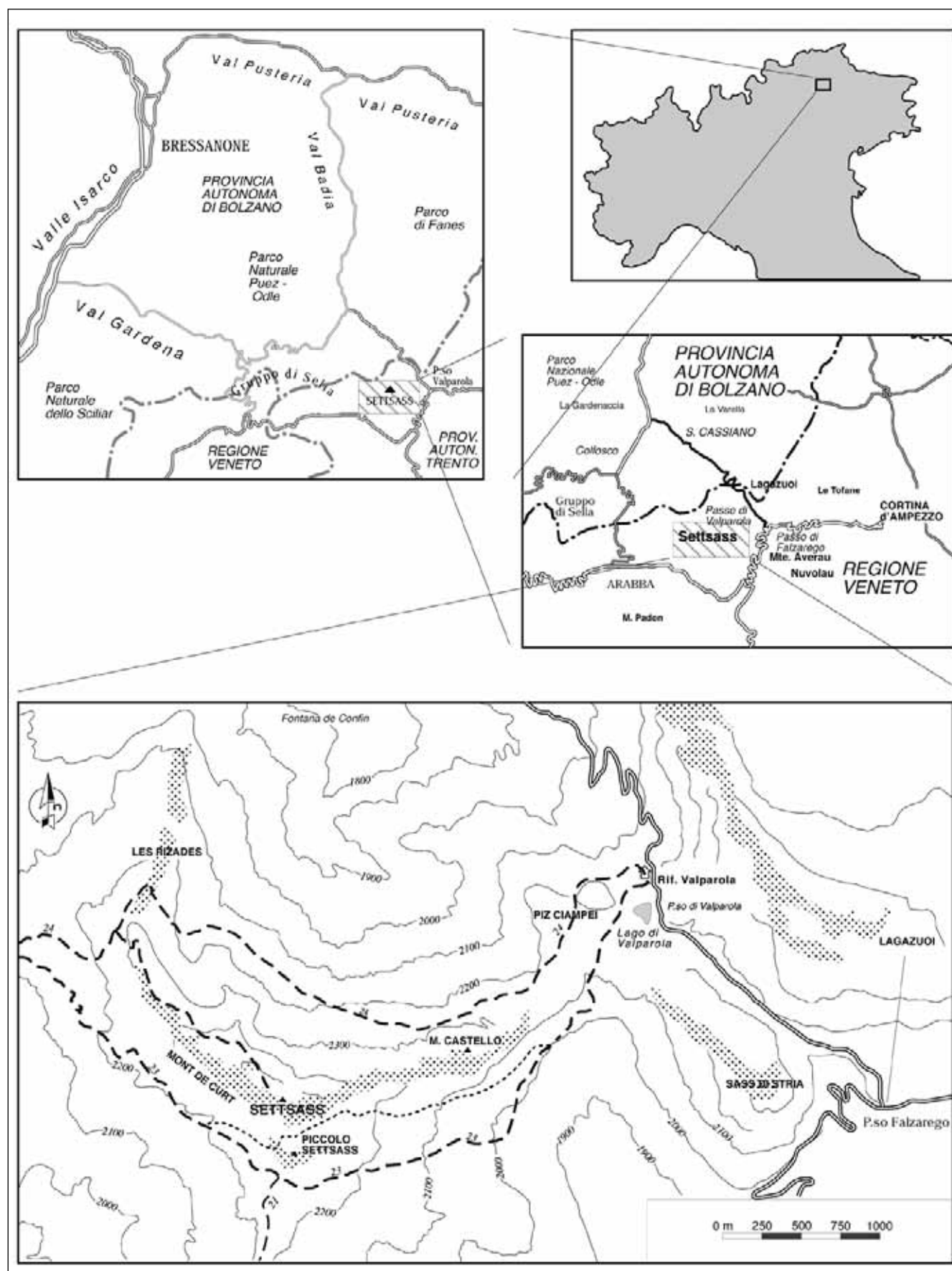


Fig. 1. Ubicazione geografica dell'area di studio con l'indicazione delle principali aree di affioramento. Il Settsass affiora a sud-ovest del Passo di Valparola, cioè fra l'alta Val Badia ed il Passo Falzarego.

Nello specifico, le Dolomiti sono ampiamente conosciute per le loro piattaforme carbonatiche progradanti del Triassico medio e superiore che sono state studiate in grande dettaglio sia in relazione alla loro geometria (LEONARDI, 1968; BOSELLINI & ROSSI, 1974; BOSELLINI, 1984; KENTER, 1990; KEIM & SCHLAGER, 2001; KEIM *et al.*, 2001) e sia all'analisi di facies (GAETANI *et al.*, 1981; BRANDNER *et al.*, 1991; HARRIS, 1993; RUSSO *et al.*, 1997).

La crescita e lo sviluppo dei vari edifici carbonatici nella regione dolomitica era principalmente controllata da biocostruttori che edificavano *patch-reefs* a coralli e *mounds* a spugne, il cui *framework* era stabilizzato da diverse tipologie di comunità incrostanti come alghe verdi-blu, *spongiostromata*, *Tubiphytes* e croste biogeniche formate da differenti organismi incrostanti (BIDDLE, 1980; GAETANI *et al.*, 1981; BRANDNER *et al.*, 1991).

Successivamente altri autori hanno descritto la comparsa di vari tipi di croste micritiche organiche, *microproblematica* e cementi sindeposizionali che concorrono alla stabilizzazione dei *framework* biocostruiti (HARRIS, 1993); in altri casi, i sedimenti di *slope* sono stati interpretati come *boundstones* primari composti di croste micritiche, cementi precoci e vari organismi microproblematici (BLENDINGER, 1994).

Recentemente, l'importanza dell'automicrite (cioè, micrite autotona come descritto originariamente da WOLF, 1965) è stata usata per spiegare la stabilizzazione dei margini di piattaforma e la parte superiore degli *slope* (KEIM & SCHLAGER, 2001).

I vari edifici carbonatici del Triassico medio delle Dolomiti sono stati classificati in tre gruppi in base alla loro età:

- a) gli edifici carbonatici pre-vulcanici (Formazione dello Sciliar di età Ladinico inferiore) sviluppati a partire dalle precedenti zone di alto del substrato sedimentario (MASETTI & TROMBETTA, 1998) durante un innalzamento del livello marino relativo. Questi edifici mostrano geometrie di aggradazione e progradazione con limitate quantità di depositi trasportati nei bacini, i quali tendevano ad approfondirsi (*deepening-upward trend*).
Le geometrie finali di questa tipologia di piattaforme tendono a geometrie quasi tabulari (spesso oltre i 1000 m di spessore) come la piattaforma del Catinaccio/Rosengarten (BOSELLINI, 1984; BOSELLINI & STEFANI, 1991; MAURER, 1999, 2000);
- b) gli edifici carbonatici post-vulcanici (Dolomie Cassiane di età Carnico inferiore) si svilupparono durante una fase di *still-stand* (stazionamento) del livello marino relativo. Le piattaforme carbonatiche mostrano evidenti geometrie di progradazione; questo tipo di piattaforme erano caratterizzate da abbondanti depositi di risedimentazione che colmarono i bacini sedimentari adiacenti. In quest'ottica, i bacini mostrano un marcato trend *shallowing-upward* evidenziato da un assottigliamento verso l'esterno della geometria delle piattaforme (come le clinoformenti di tipo *climbing* della piattaforma Carnica del Sella, vedere BOSELLINI, 1984);
- c) le piattaforme carbonatiche pre-Dolomie Cassiane (=SD II, o "Rosszähne Fm." - Fm. di Denti di Terrarossa; BRANDNER, 1991; BRANDNER *et al.*, 2007; Geologische Karte der Westlichen Dolomiten 1:25.000, 2007) i cui depositi di *slope* si interdigano con i depositi vulcanoclastici (Fm. di Wengen

e/o Conglomerato della Marmolada); questi edifici erano caratterizzati da enormi volumi di megabrecce contenenti classici blocchi provenienti dalle aree di piattaforma e di margine (come i blocchi conosciuti in letteratura con il termine "Cipit").

Nell'ambito delle Dolomiti numerosi sono i complessi di piattaforma carbonatica coevi del Settsass/Richthofen Riff come il limitrofo Sass de Stria, la Gusela del Nuvolau, il M. Penna (ad ovest di Vodo di Cadore), il Col dei Bos (ad est del Passo Falzarego) ed il Picco di Vallandro, nella Valle di Braies; quest'ultimo è uno dei complessi carbonatici post-vulcanici che presenta numerose analogie con il caso qui studiato (SCHLAGER & NICORA, 1979; SCHLAGER *et al.*, 1991).

Questo lavoro sul complesso Settsass/Richthofen Riff segue un precedente studio ed ha come scopo di documentare in modo più dettagliato le facies a conferma del modello sedimentario già proposto (TROMBETTA, 2011).

Assetto geologico del M. Settsass

Il M. Settsass è situato fra il Passo di Valparola, vicino al più famoso Passo Falzarego, e la testata della Val Badia, cioè in una delle zone più spettacolari delle Dolomiti (Fig. 1).

Dal punto di vista geologico, quest'area è caratterizzata da una importante struttura conosciuta come la linea del Passo Falzarego (BOSELLINI & SEMENZA, in LEONARDI, 1968), un ampio sovrascorrimento a direzione E-W ed immersione verso nord (Fig. 2) che vede il settore settentrionale, formato da sistema Lagazuoi-Tofane, sovrascorrere (*hangingwall*) sopra il blocco meridionale (*footwall*) costituito dalle Cinque Torri, dal Nuvolau, dall'Averau, dal Col Gallina, dal Sass de Stria e dal Settsass. A causa dell'assetto del *footwall*, il Settsass costituisce una struttura omoclinale immergente verso N-N10°E con una pendenza di circa 35°-40°.

Lo scopo di questo studio è quello di analizzare il Settsass/"Richthofen Riff" (Fig. 1), una piattaforma carbonatica isolata del Carnico (area circa 3 - 4 km² e spessore circa 150 m), situata fra il Passo Falzarego e la Val Badia (Fig. 3). La formazione è qui definita come "Dolomia Cassiana" (BOSELLINI, 1984; BOSELLINI & NERI, 1991).

La paleogeografia del Carnico delle Dolomiti era caratterizzata da piattaforme carbonatiche progradanti sopra bacini relativamente superficiali (Fig. 4; BOSELLINI, 1996; BOSELLINI & NERI, 1991). Grazie all'altezza delle clinoformenti e al loro angolo di *slope* è stato possibile stimare la paleoprofondità dei bacini cassiani nell'area considerata in circa 80-100 m.

Il Settsass/"Richthofen Riff" mostra clinostratificazioni progradanti verso NE che si interdigano con i sedimenti bacinali della Formazione di San Cassiano.

L'intero complesso di piattaforma mostra una pervasiva dolomitizzazione che ha limitato una dettagliata analisi di facies degli affioramenti, tuttavia è stato possibile riconoscere abbondanti depositi risedimentati come brecce di *debris-flow* al piede delle clinoformenti, blocchi di taglia metrica e torbiditi. Sul versante opposto, cioè sul lato sud-occidentale del Settsass sono stati riconosciuti depositi di piattaforma interna (*back-reef*) conservati solo in una piccola area, a causa dell'intensa erosione subaerea; anche per questo motivo l'evoluzione della piattaforma interna non può essere definita con precisione.

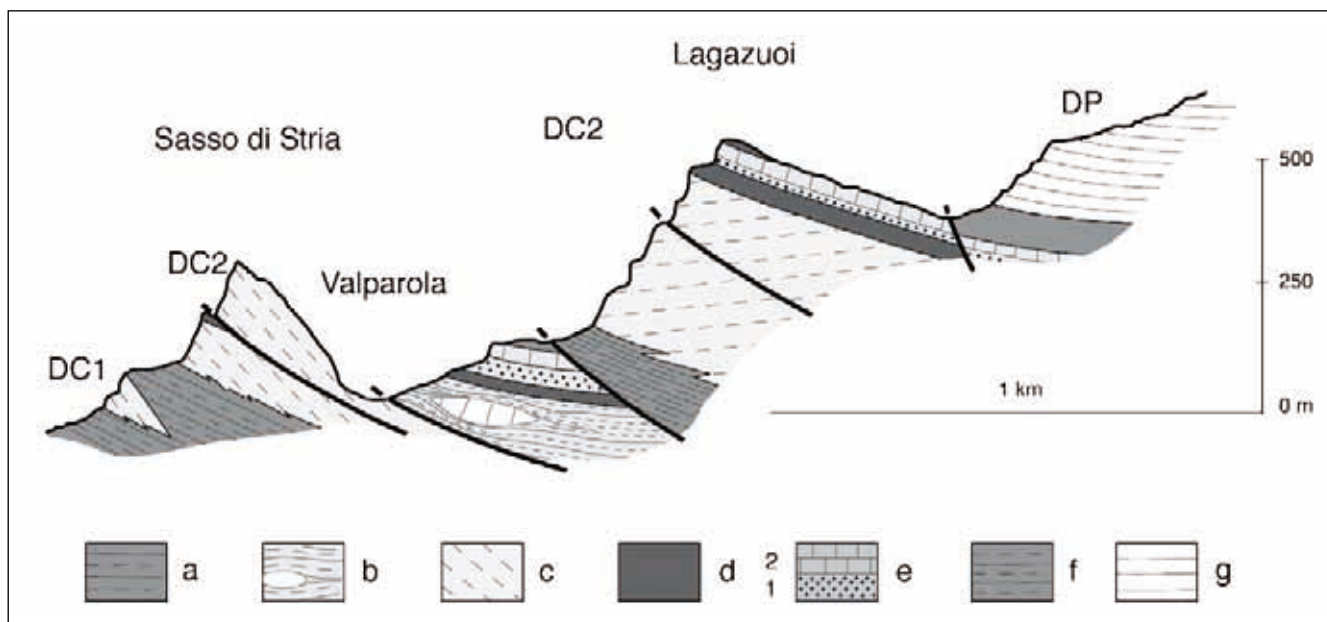


Fig. 2. Profilo geologico fra il Sasso di Stria e il Lagazuoi. Notare le opposte direzioni di progradazione delle piattaforme del Lagazuoi e del Sasso di Stria (Dolomia Cassiana). Legenda: a) Formazione di San Cassiano; b) depositi di "acqua bassa" della Fm. di San Cassiano; c) Dolomia Cassiana; d) Formazione di Heiligkreutz (Fm. di Dürrenstein *Auct.*); e) Arenarie del Dibona, (1) membro inferiore con marne, calcareniti ed arenarie; (2) strati calcarei sovrastanti; f) Formazione di Travenanzes; g) Dolomia Principale (ridisegnato da BOSELLINI *et al.*, 1982).

Introduzione alla stratigrafia post-vulcanica

I bacini post-vulcanici delle Dolomiti sono caratterizzati da una generalizzata evoluzione *shallowing-upward*, dovuta agli effetti combinati di un basso tasso di subsidenza, una stasi relativa del livello marino relativo ed un alto apporto sedimentario proveniente dalle piattaforme carbonatiche circostanti. Inoltre, la fase di progradazione delle piattaforme carbonatiche ridusse progressivamente l'estensione dei bacini. Il risultato finale fu il completo riempimento di questi bacini in modo uniforme, molto probabilmente, per l'intera area dolomitica (BOSELLINI *et al.*, 1977; BIZZARRINI *et al.*, 1989; MASTANDREA *et al.*, 1997; MIETTO & MANFRIN, 1995; NERI *et al.*, 1994; RUSSO *et al.*, 1997).

L'intervallo stratigrafico coinvolto al M. Settsass è stato oggetto di numerosi studi ed è principalmente caratterizzato dalla Do-

lomia Cassiana e, in subordine, dalla Formazione di San Cassiano. Alla base del M. Settsass i depositi vulcanoclastici della Formazione di Wengen e del Conglomerato della Marmolada sono ben esposti, mentre la parte superiore è marcata dai depositi terrigeno-carbonatici delle formazioni di Heiligkreutz (Fm. di Dürrenstein *Auct.*) e di Travenanzes (Fig. 5). Le unità stratigrafiche descritte al M. Settsass sono descritte, dal basso verso l'alto stratigrafico, nell'ordine seguente: a) Formazione di Wengen; b) Formazione di San Cassiano; c) Dolomia Cassiana; d) Formazione di Heiligkreutz (Fm. di Dürrenstein *Auct.*); e) Formazione di Travenanzes.

Prima di proseguire con la descrizione delle caratteristiche delle varie unità litostratigrafiche e della loro interpretazione ambientale, si rende necessario illustrare le novità stratigrafiche emerse nei recenti lavori di rilevamento – effettuati nell'ambito



Fig. 3. Panoramica del gruppo del Settsass/Richthofen Riff vista dalla strada delle Dolomiti (s.s. 48). Visibili, nell'ordine da sinistra (sud) verso destra (nord) nella foto, il Richthofen Riff, il Settsass ed il M. Castello.

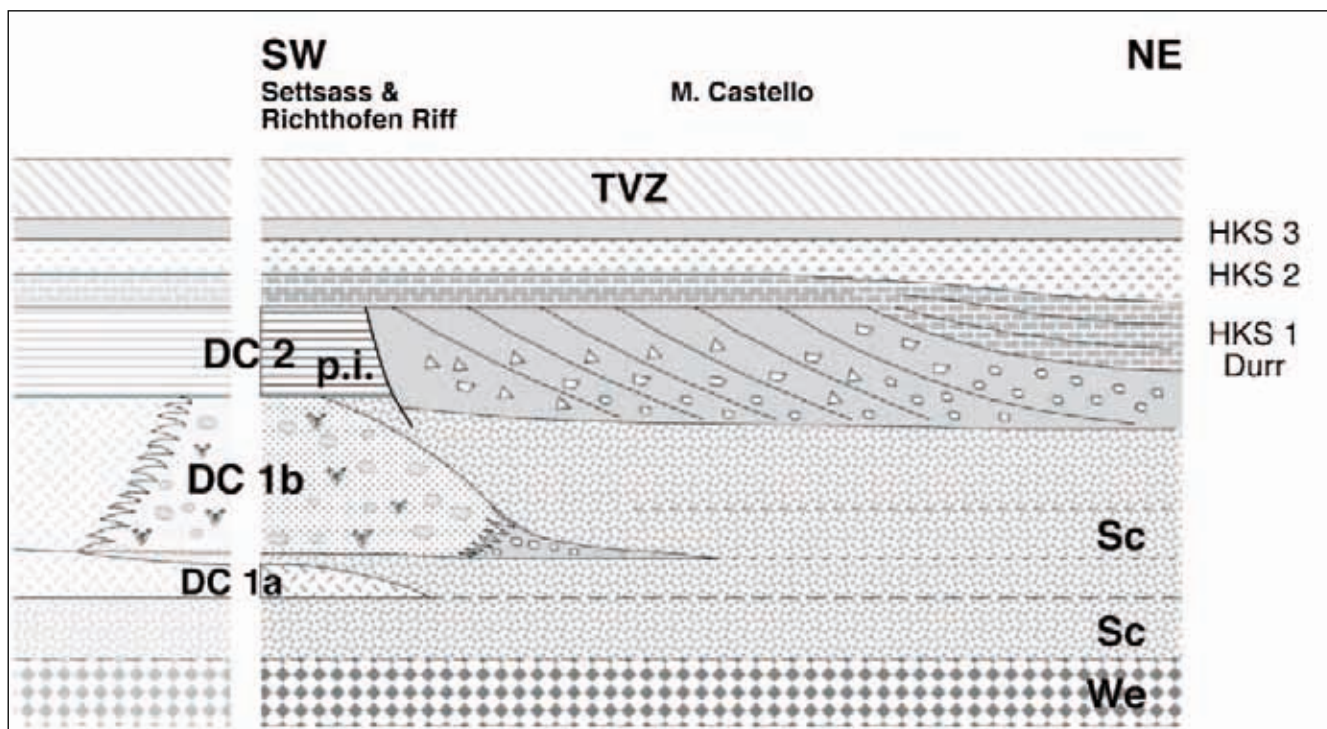


Fig. 5. Schema litostratigrafico che mostra la varie fasi di crescita della piattaforma carbonatica e di progradazione delle facies di margine e di slope: a) il primo step è marcato da un corpo basale di breccie sedimentarie di piattaforma (DC 1a), probabilmente collegate a corpi clinostratificati di slope (clinoformi) provenienti da piattaforme carbonatiche precedenti. Questi depositi di breccia rappresentano un primo nucleo dal quale si sviluppa la piattaforma del Richthofen Riff/Settsass. b) Lo step successivo è caratterizzato dallo sviluppo di un secondo corpo biocostruito (DC 1b) sviluppatosi a partire dal precedente nucleo; c) il Richthofen Riff rappresenta un alto topografico, circondato da depositi bacinali (Formazione di San Cassiano), dal quale si sviluppa la piattaforma del Settsass (DC 2). Legenda: We: Formazione Wengen; Sc = Formazione di San Cassiano; DC1 = Dolomia Cassiana 1; DC2 = Dolomia Cassiana 2; HKS = Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein Auct.); TVZ = Formazione di Travenanzes.

so Falzarego, dove una attenta misurazione e descrizione della successione affiorante lungo la strada che conduce dall'omonimo passo a Livinallongo – riferita in passato interamente alla Formazione di Dürrenstein (CLAPS in BOSELLINI *et al.*, 1996) – avrebbe consentito di suddividere la stessa in due unità sovrapposte e separate da una superficie di *unconformity* (discordanza): l'unità inferiore sarebbe interpretata come piattaforma interna della Dolomia Cassiana mentre quella superiore riferita alla parte superiore del membro di Borca della Formazione di Heiligkreuz (HKS₁). Queste due unità sarebbero separate da l'*unconformity* sopracitata caratterizzata da superfici fortemente pedogeneizzate, areniti ibride, interstrati marnosi e paleosuoli calcarei rossastri (STEFANI *et al.*, 2004; BREDI *et al.*, 2009). Il nuovo modello stratigrafico, quindi, proposto nel Foglio Cortina (NERI *et al.*, 2007) prevede sostanziali differenze che possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

a) la scomparsa della Formazione di Dürrenstein, intesa come successione di piattaforma carbonatica sviluppatasi all'interno dei bacini cassiani e, quindi, considerata come unità posteriore alle piattaforme cassiane; in questo nuovo modello, i depositi di questa formazione vengono considerati come il *back-reef* delle piattaforme cassiane e, di conseguenza, considerati di età precedente rispetto al vecchio inquadramento stratigrafico (BOSELLINI *et al.*, 1982; 1996);

b) il ripristino della Formazione di Heiligkreuz, in accordo a quanto già proposto da alcuni autori (KEIM *et al.*, 2001; STEFANI *et al.*, 2004), che corrisponde a parte della Formazione di Dürrenstein p.p. (secondo la definizione di PISA *et al.*, 1980 e BOSELLINI, 1984) e alle Areniti del Dibona (*sensu* BOSELLINI *et al.*, 1982; 1996); la parte superiore della Formazione di Heiligkreuz è costituita dalla Arenarie del Falzarego (BOSELLINI *et al.*, 1982);

c) La scomparsa del Gruppo di Raibl (*sensu* dolomitico) poiché due delle tre unità del quale era costituito (Areniti del Dibona ed Arenarie del Falzarego) sono confluite nella Formazione di Heiligkreuz mentre la terza unità, cioè le Argilliti di Travenanzes, viene considerata come Formazione di Travenanzes in quanto costituita da una successione totalmente differente da quella del Gruppo di Raibl presente nel Tarvisiano (*sensu* ASSERETO *et al.*, 1968).

La nuova Formazione di Heiligkreuz assumerebbe, così, il significato di una sequenza terrigeno-carbonatica *shallowing-upward* che si sarebbe depositata su una paleotopografia già livellata dalla deposizione dagli ultimi depositi di slope delle piattaforme cassiane e che rifletterebbe un ambiente deposizionale di rampa carbonatica (PRETO & HINNOV, 2003).

In questa nuova proposta stratigrafica la sovrastante Formazione di Travenanzes, il cui limite inferiore con la Formazione di

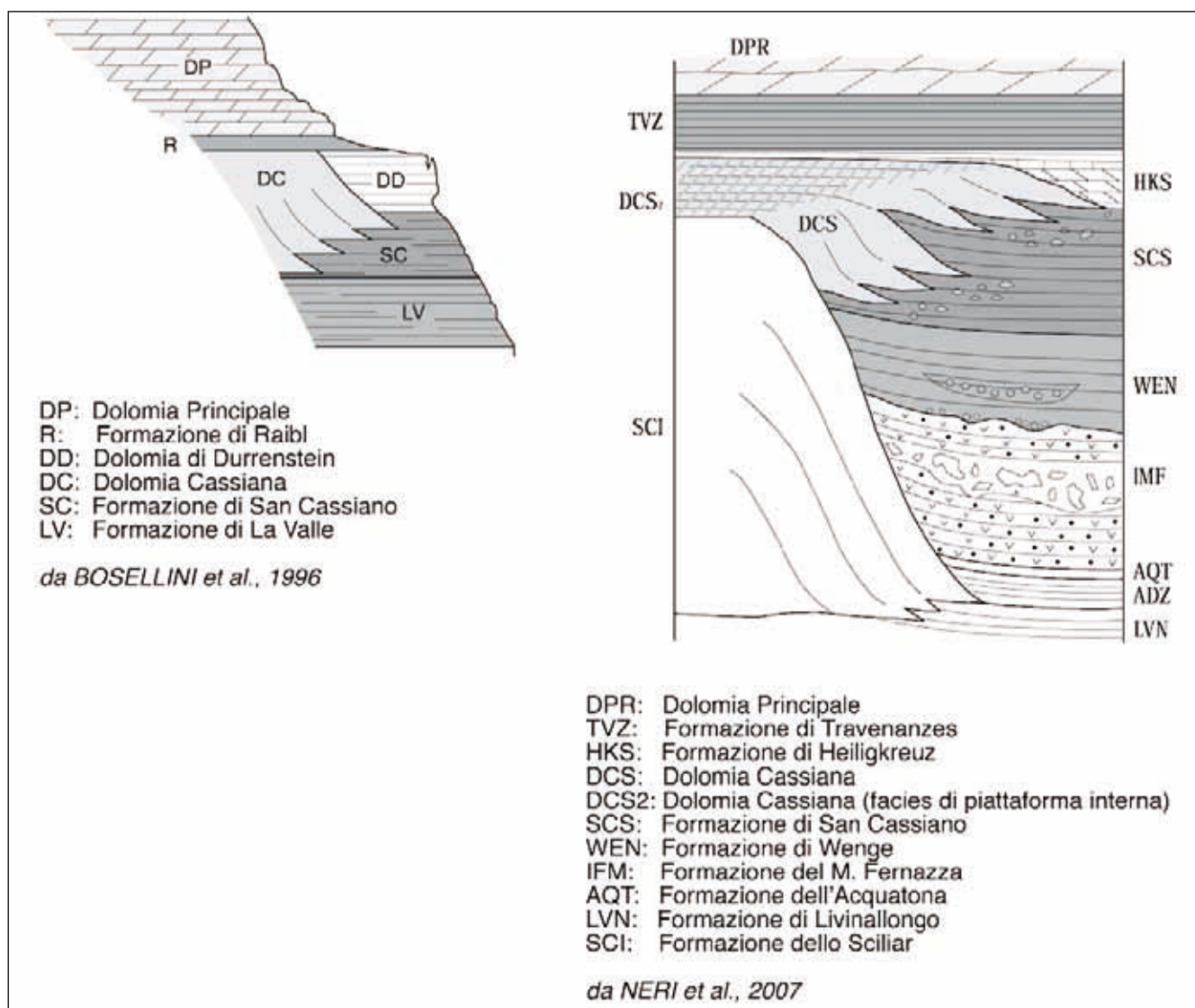


Fig. 6. Confronto fra gli schemi stratigrafici delle Dolomiti centro-occidentali fra il Ladinico superiore ed il Norico inferiore. A sinistra, lo schema contenuto nella Guida del Congresso della SGI di San Cassiano (Bosellini et al., 1996) mentre a destra quello presentato nel Foglio Geologico Cortina (Neri et al., 2007).

Il confronto fra i due schemi mette in evidenza alcune sostanziali differenze:

- la differente interpretazione dei depositi della Formazione di Dürrenstein che, nel modello più vecchio, venivano collocati all'interno dei bacini della Formazione di San Cassiano dove aggradavano ed andavano in *onlap* sulle scarpate delle piattaforme della Dolomia Cassiana; viceversa, nel nuovo modello, tale unità stratigrafica scompare ed i depositi corrispondenti vengono interpretati come piattaforma interna della Dolomia Cassiana medesima;
- l'introduzione della Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein *Auct.*), suddivisa in tre membri sovrapposti dei quali l'intermedio ed il superiore sono rappresentati dalle Arenite del Dibona e le dalle Arenarie del Falzarego, in precedenza facenti parte del Formazione di Raibl;
- l'introduzione della Formazione di Travenanzes, scorporata dalla precedente Formazione di Raibl, ed ora considerata come la base di una sequenza deposizionale che culmina con la sovrastante Dolomia Principale.

Heiligkreuz è marcatamente disconforme, rappresenterebbe la base di una nuova sequenza deposizionale che, attraverso un limite graduale, culmina con la sovrastante Dolomia Principale. A parere dello scrivente il nuovo quadro stratigrafico proposto nel Foglio Cortina d'Ampezzo (NERI et al., 2007) presenta alcune criticità non tanto sulla riorganizzazione delle unità post-piattaforme cassiane, cioè nel ripristino della Formazione di Heiligkreuz, nella istituzione della Formazione di Travenanzes e nella scomparsa del Gruppo di Raibl (*sensu* dolomitico),

quanto nel considerare la "vecchia" Formazione di Dürrenstein come piattaforma interna delle piattaforma cassiane.

Sempre a parere dello scrivente la Formazione di Dürrenstein andrebbe reintrodotta nella stratigrafia delle Dolomiti soprattutto se si considerano le evidenze di campagna (basate sui rapporti geometrici fra questa unità e la Dolomia Cassiana), peraltro già documentate ampiamente in letteratura (BOSELLINI, 1984).

Nell'area del M. Settsass i motivi a favore di una reintroduzione

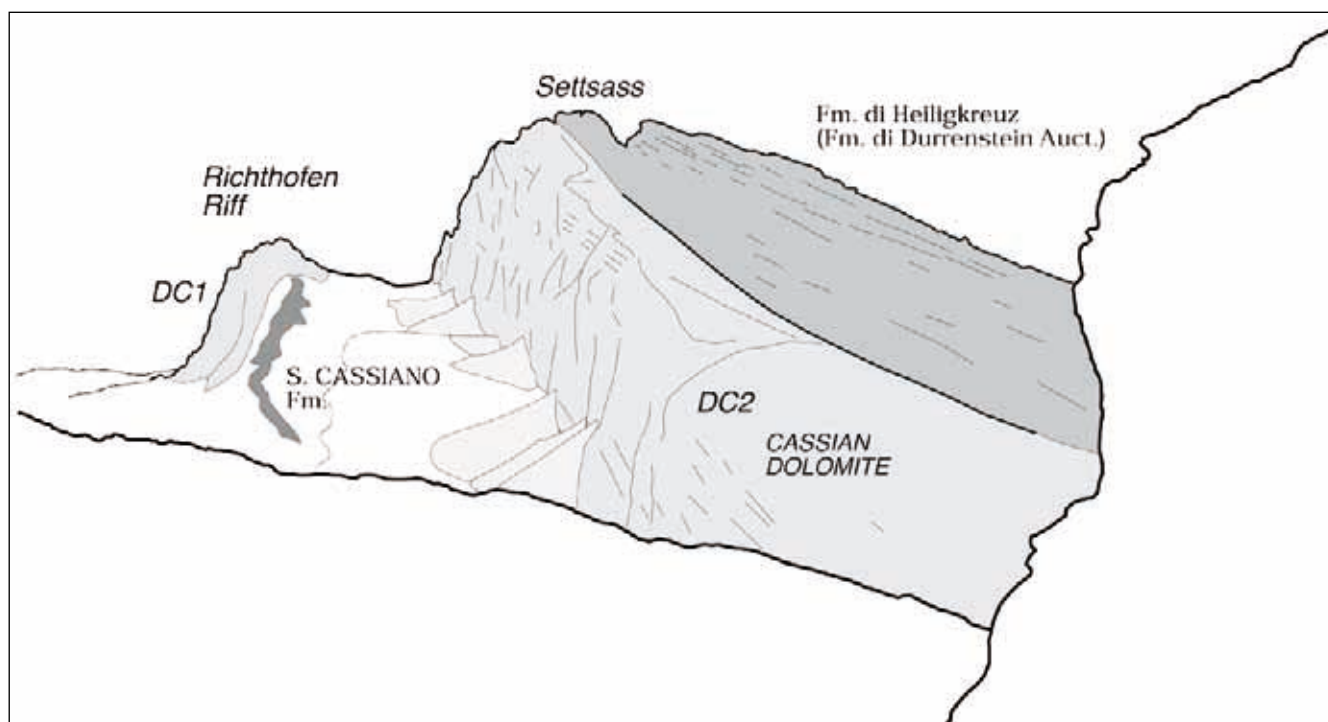


Fig. 7. Veduta panoramica del Settsass dalla cabinovia del Lagazuoi. Notare, da sinistra verso destra, il Richthofen Riff, la piattaforma del Settsass e l'*onlap* della Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein Auct.). In primo piano, è visibile la scarpata della piattaforma del Sass de Stria (Dolomia Cassiana).

della suddetta unità stratigrafica possono essere così riassunti:

- la Formazione di Dürrenstein, intesa come successione di piattaforma carbonatica sviluppatasi nei bacini cassiani (*sensu* BOSELLINI *et al.*, 1982) mostra evidenti rapporti di *onlap* lungo i fianchi della scarpata della piattaforma cassiana (Fig. 7); a favore di questo modello si segnala anche la diminuzione di spessore della Dolomia di Dürrenstein dalle aree bacinali fino al tetto della Dolomia Cassiana;
- lungo il fianco sud-occidentale del massiccio del M. Settsass affiora una successione di piattaforma interna in apparente continuità stratigrafica con i sottostanti depositi della Formazione di San Cassiano e con la sovrastante Formazione di Dürrenstein, dalla quale si distingue per un maggior spessore degli strati, l'assenza di laminazioni stromatolitiche, assenza di pisoliti, strutture a *tepee*, ecc (Fig. 8);
- la continuità fisica esistente fra questi ultimi depositi di piattaforma interna, già segnalati in precedenza (TROMBETTA, 2011), con i depositi di breccie clinostratificate costituenti la scarpata progradante (Fig. 9).

Ancora, in riferimento alla sezione affiorante lungo la strada fra il Passo Falzarego e Pieve di Livinallongo a lungo attribuita alla Formazione di Dürrenstein e descritta analiticamente come piattaforma subtidale interessata da episodiche fasi di emersione (CLAPS in BOSELLINI *et al.*, 1982), la recente interpretazione come facies di piattaforma interna della Dolomia Cassiana (NERI *et al.*, 2007) non sembra essere del tutto convincente: l'organizzazione interna dei depositi non sembra essere simile a quella delle facies di piattaforma interna trovati al M. Settsass ma, soprattutto, la sezione stratigrafica affiorante sotto il Falzarego appare stratigraficamente sovrapposta a depositi di *slope* della Dolomia Cassiana (piattaforma del Sass da Stria), confermando così i rapporti di *onlap* di tali depositi di piattaforma. Anche gli altri affioramenti descritti in altre aree delle Dolomiti che evidenziano i rapporti di *onlap* delle successioni di piattaforma sviluppatasi nei bacini cassiani (Dürrenstein *sensu* BOSELLINI *et al.*, 1982) con i fianchi delle scarpate della Dolomia Cassiana, appaiono difficilmente spiegabili con un modello che preveda la loro collocazione nel *back-reef* delle medesime piattaforme Cassiane (si veda la piattaforma Cassiana del Sella al Passo di Campolongo – Crep de Mont, in MOJSISOVICS, 1879; BOSELLINI, 1984; BOSELLINI *et al.*, 1996b). Analoghi rapporti di *onlap* fra la Formazione di Dürrenstein e le scarpate delle Dolomie Cassiane sono state ampiamente documentate ai Colli Alti nella Valle di San Vigilio dove si può osservare la geometria cuneiforme della prima unità stratigrafica (BOSELLINI, 1984).

Per questi motivi si propone, in questa sede, di ripristinare la Formazione di Dürrenstein oppure di mantenere il nome di Formazione di Heiligkreuz (HKS₁, membro di Borca), intesa come successione di piattaforma sviluppatasi all'interno dei bacini cassiani, a seguito di un prolungata abbassamento del livello marino relativo (*sensu* BOSELLINI *et al.*, 1982; BOSELLINI, 1984), e di non considerarla come facies di piattaforma interna della Dolomia Cassiana (Fig. 5).

Stratigrafia

Formazione di Wengen. Questa unità è caratterizzata da torbiditi vulcanoclastiche aventi composizione analoga al sottostan-

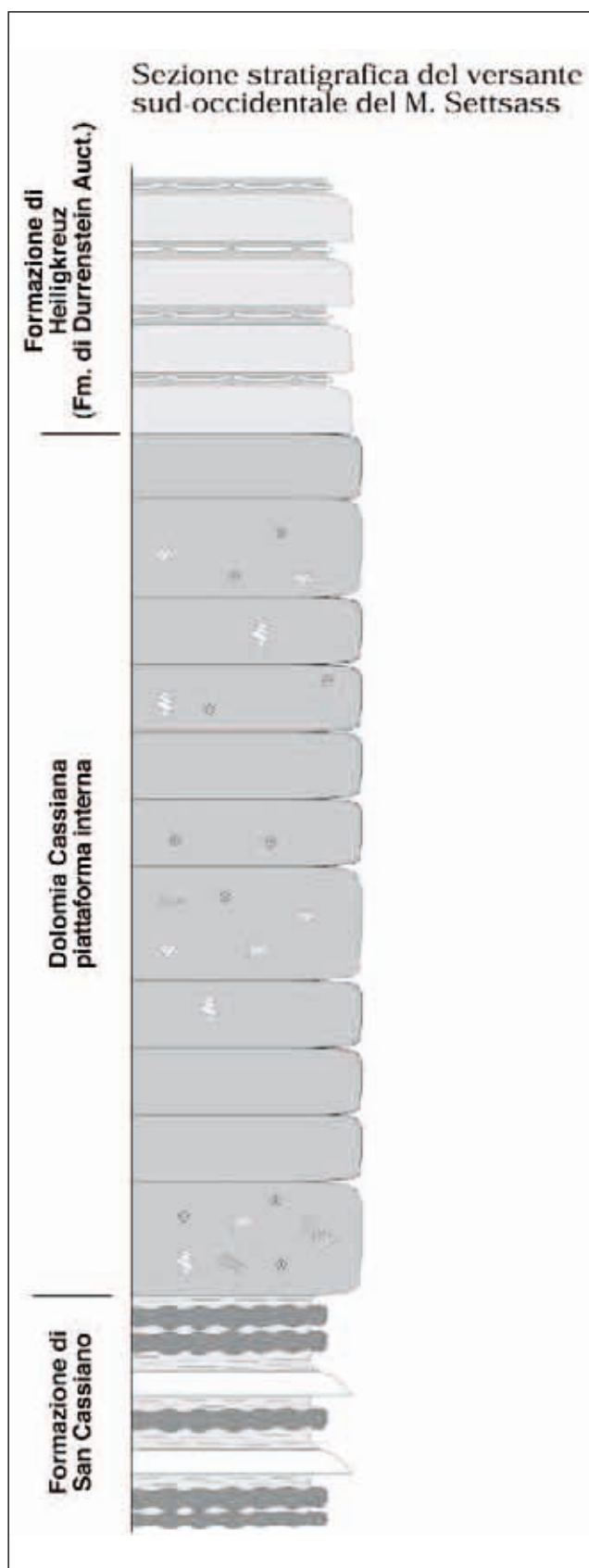


Fig. 8. Sezione stratigrafica semplificata della piattaforma interna del M. Settsass: si noti la differenza fra i depositi prevalentemente subtidali della Dolomia Cassiana con i sovrastanti depositi riferibili alla Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein Auct.).

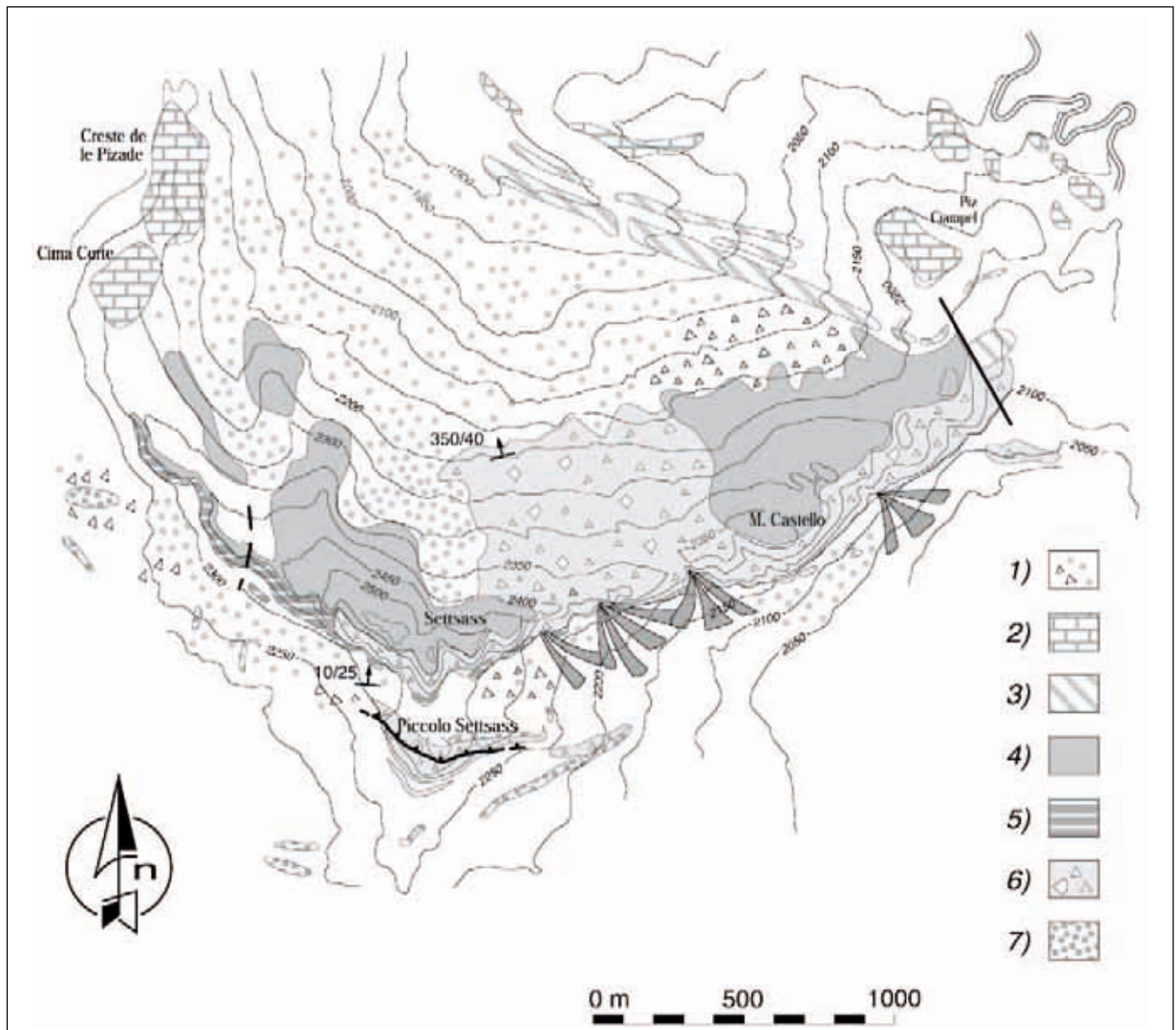


Fig. 9. Carta geologica del Settsass/Richthofen Riff interpretato come una omoclinale immergente verso N-N10°E, con una pendenza di circa 35°-40°. Notare come il lato sud-occidentale sia formato da facies di piattaforma interna mentre il lato sud-orientale sia costituito da breccie di *slope* della Dolomia Cassiana. 1) Quaternario; 2) Dolomia Principale; 3) Formazione di Travenanzes; 4) Formazione di Heiligkreutz (Fm. di Dürrenstein Auct.); 5) Dolomia Cassiana (facies di piattaforma interna); 6) Dolomia Cassiana (facies di *slope*); 7) Formazione di San Cassiano.

te ed eteropico Conglomerato della Marmolada (i.e. andesitico e trachi-andesitico) (ROSSI *et al.*, 1977; SACERDOTI & SOMMAVILLA, 1962; VIEL, 1979).

Il Conglomerato della Marmolada è interpretato come una sequenza sedimentaria formatasi dallo smantellamento di edifici vulcanici all'interno del distretto di Predazzo-Monzoni e dalla conseguente esportazione di ingenti quantità di sedimenti vulcanoclastici per mezzo di flussi torbidity ad alta densità (BOTTOLI & TROMBETTA, 1998).

La Formazione di Wengen è costituita da una successione di strati di arenarie sottili, nere e, normalmente, a gradazione diretta – di spessore variabile dal cm al dm – alternate con strati di peliti nere finemente laminate. Questa formazione rappresenta la parte più distale del Conglomerato della Marmolada,

quest'ultimo affiorante in modo diffuso nelle aree a sud del M. Settsass, cioè nella zona circostante il Gruppo del M. Padon (BOTTOLI & TROMBETTA, 1998). La transizione fra la Formazione di Wengen ed il Conglomerato della Marmolada è marcatamente eteropica e controllata, in primis, dal fattore prossimalità-distalità in rapporto all'area di rifornimento dei sedimenti.

Formazione di San Cassiano. Questa unità è rappresentata da una successione ciclica di argilliti e calcari marnosi e calcareniti oolitico-bioclastiche (Fig. 10). La Formazione di San Cassiano mostra un'andamento *coarsening* e *thickening-upward* evidenziato dai cicli di spessore metrico legati all'apporto sedimentario proveniente dalle aree di piattaforma verso il bacino, con-



Fig. 10. Packstone-grainstone a bioclasti e frammenti di coralli.

trollato da periodiche variazioni del livello marino (MASETTI *et al.*, 1991). Questa unità può essere suddivisa in due membri stratigraficamente sovrapposti. Il membro inferiore è rappresentato da torbiditi vulcanoclastiche mentre il membro superiore è costituito da alternanze cicliche di marne e calcari micritici, contenenti minori quantità di torbiditi calcaree, ed è caratterizzato da un ricco e diversificato contenuto fossilifero (vedere FÜRSICH & WENDT, 1977, URLICHS, 1994, BROGLIO LORIGA *et al.*, 1999). L'intera successione registra un'evoluzione di tipo *shallowing-upward* dovuta al riempimento del bacino (*infilling*) ed alla progradazione delle piattaforme Cassiane.

Dolomie Cassiane. Nelle decadi passate il Passo Falzarego è stato oggetto di numerosi studi che si sono concentrati sulla geometria e l'architettura delle Dolomie Cassiane. Quest'area mostra evidenze di due distinte piattaforme che progradarono l'una verso l'altra sopra un bacino sedimentario come registrato nella sezione stratigrafica de "Tra i Sass" (BOSELLINI *et al.*, 1982): la piattaforma dei Lagazuoi, a Nord, e la piattaforma del Nuvolau, a sud, progradarono rispettivamente verso SSE e NE (Fig. 2).

In questo quadro paleogeografico il Settsass è qui interpretato come una piattaforma isolata dalla vicina piattaforma del Sass de Stria (entrambe poste a sud della linea del Falzarego), ma accumulate dalla stessa direzione di progradazione verso NE. Queste due piattaforme non sembrano dislocate tettonicamente da faglie e le clinoformi del Settsass sembrano progradare verso i depositi di piattaforma interna della piattaforma del Sass de Stria. Sulla base di queste evidenze sembra difficile considerare il Settsass ed il Sass de Stria come un unico sistema di piattaforma.

Entrambi questi sistemi deposizionali a piccola scala sono composti da due sequenze carbonatiche di piattaforma separate dalla Formazione di San Cassiano, che qui è caratterizzata da depositi di mare relativamente poco profondo come testimoniato dalla presenza di *patch-reef* a coralli in posizione di vita. Al M. Settsass possono essere distinte due piattaforme carbonatiche: il Settsass in *strictu sensu* (il quale costituisce il nucleo del massiccio montuoso) ed il Piccolo Settsass, conosciuto in letteratura anche come il Richthofen Riff (Fig. 11).

La Dolomia Cassiana è qui rappresentata principalmente da breccie di *slope* dolomitizzate, spesso organizzate in depositi clinostratificati, mentre i depositi di piattaforma interna e di margine affiorano solo in zone arealmente limitate dell'area oggetto di studio.

Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein Auct. p.p.).

Questa unità fu introdotta da WISSMANN & MÜNSTER (1841) e poi descritta in dettaglio da KOKEN (1913) e riferita al Carnico superiore. In seguito ad essa fu attribuito il nome di "Strati di Santa Croce" (BOSELLINI, 1965a,b) e, poi, Formazione di Dürrenstein ("senso" di DE ZANCHE *et al.*, 1993). Nell'ultima decade, il termine Formazione di Heiligkreuz è stato reintrodotta da più autori (KEIM *et al.*, 2001; STEFANI *et al.*, 2004; NERI *et al.*, 2007).

La Formazione di Heiligkreuz è suddivisa in tre membri stratigraficamente sovrapposti (NERI *et al.*, 2007) che registrano le fasi di "riempimento" dei bacini Cassiani e la crisi delle piattaforme carbonatiche circostanti.

Il membro inferiore (HKS₁) è costituito da calcari dolomitizzati, dolomie arenacee ed arenarie ibride ben stratificate contenenti abbondanti intervalli pelitici (membro di Borca).

Il membro sovrastante (HKS₂) è costituito dalle Arenarie del Dibona (BOSELLINI *et al.*, 1982) formate da conglomerati polimitici, arenarie a stratificazione incrociata, peliti di colore variabile da marron, grigio e biancastro contenenti frequenti intercalazioni di strati di *grainstone-packstone* oolitico-bioclastiche.

Il membro superiore (HKS₃) consiste di una successione ciclica di piattaforma carbonatica dolomitizzata che copre in discordanza la sottostante Dolomia Cassiana e rappresenta il "livellamento" della precedente paleotopografia (membro dei Lagazuoi; NERI *et al.*, 2007). Questa successione di piattaforma interna è organizzata in cicli peritidali a scala metrica (Fig. 12 a, b), ognuno costituito da una parte inferiore di depositi subtidali ai quali seguono litofacies con strutture a *tepee*, mentre la parte sommitale del ciclo è marcata da superfici di esposizione subaerea (*paleokarst*) (HARDIE *et al.*, 1986; CLAPS, 1996 in BOSELLINI *et al.*, 1996).

La Formazione di Heiligkreuz affiora nella parte superiore del M. Settsass, solo con il suo membro superiore (HKS₃), ma presenta limitati spessori a causa dell'immersione dell'omoclinale (Fig. 7).

La litofacies subtidale è costituita da dolomie microcristalline di sostituzione che formano strati massivi, il cui spessore varia da poche decine di cm a circa un metro, contenenti megalodonti, gasteropodi e piccoli bivalvi. Sono presenti anche isolati *patch-reef* a coralli. La litofacies a *tepee* con superfici di esposizione subaerea marcano il tetto dei cicli deposizionali (*tepee caps*, HARDIE *et al.*, 1986), mostranti evidenze di diagenesi precoce spesso associate ad orizzonti di breccie. I *tepee* possono essere polifasici e, in associazione con *mudcracks* and *sheet-cracks* (DEMICO & HARDIE, 1994), sono le strutture più significative che caratterizzano questa formazione.

Alternati con le strutture a *tepee* sono livelli e lenti di *grainstone* pisolitici e di intraclasti rimaneggiati derivanti dall'erosione del substrato parzialmente litificato. Da un punto di vista ambientale la Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein Auct.) è

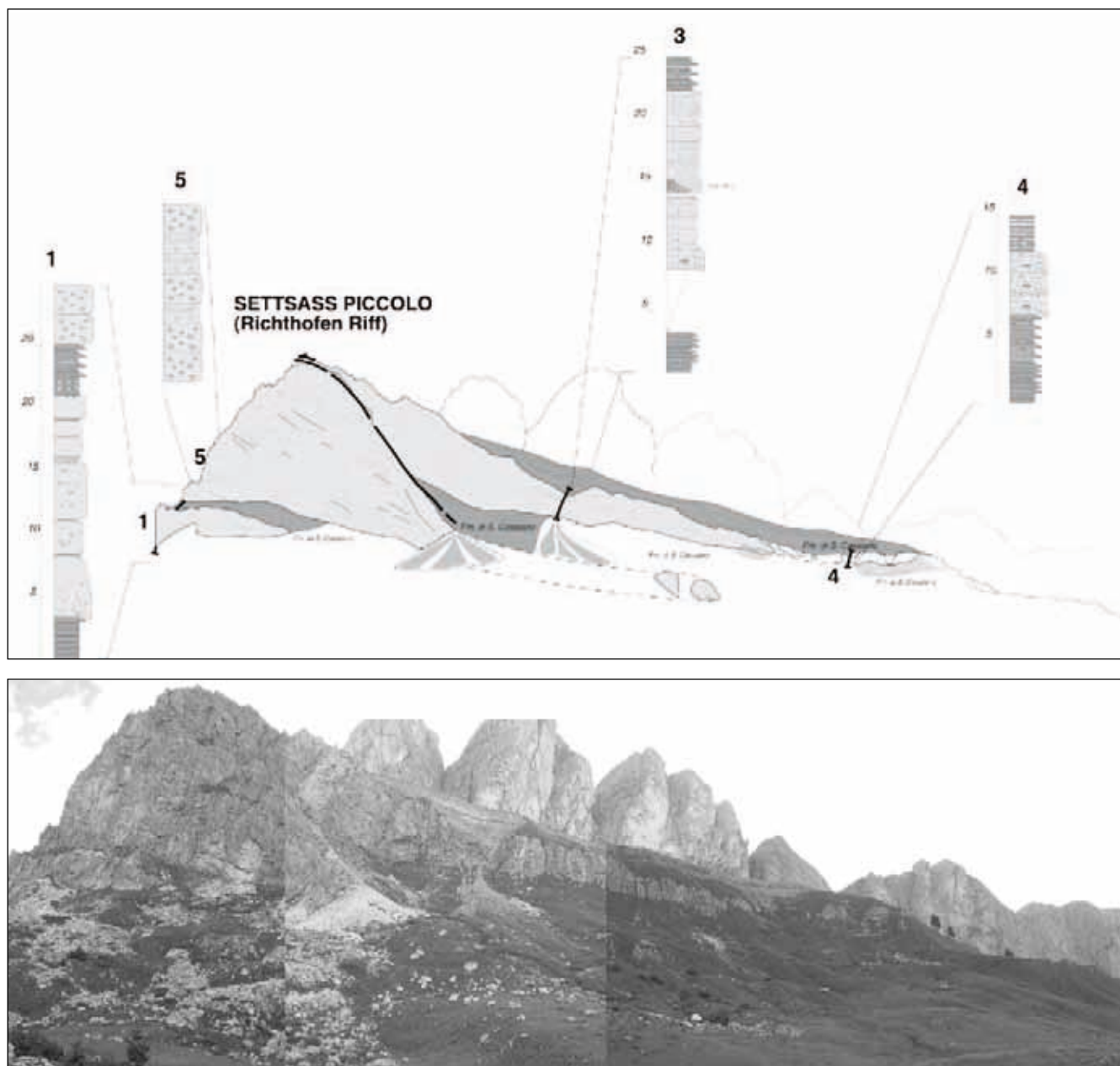


Fig. 11. Il “Richthofen Riff” (Dolomia Cassiana 1) è suddiviso in tre unità carbonatiche. L'unità inferiore inizia con depositi di breccie sedimentarie provenienti da una precedente piattaforma. La seconda unità è costituita da un complesso di scogliera con spugne, coralli e lamine microbialitiche che lateralmente si interdigitano con i depositi bacinali della Formazione di San Cassiano. L'unità superiore è un corpo sovrascorso e rappresenta i depositi di margine/slope dell'unità sottostante, la quale è dominata da bioermi a coralli e spugne.

stata interpretata come una piattaforma carbonatica di tipo bahamiano sviluppatasi in condizioni climatiche tropicali. Questo ambiente e le condizioni climatiche sembrano dominare la parte più superficiale del sistema piattaforma-margine-slope, sviluppatosi durante il Carnico (HARDIE *et al.*, 1986; CLAPS, 1996).

Formazione di Travenanzes. Questa unità stratigrafica è stata recentemente formalizzata (NERI *et al.*, 2007) per le Dolomiti centro-occidentali e sostituisce il precedente Gruppo di Raibl (ASSERETO *et al.*, 1968), ora limitato all'area delle Dolomiti orientali. Nell'area del Passo Falzarego, la Formazione di Trave-

nanzes è costituita da depositi variabili da terrestri a marini superficiali, con sedimentazione mista carbonatico - silicoclastica (BOSELLINI *et al.*, 1996; NERI *et al.*, 2007).

Questa unità è costituita da peliti e marne di colore variabile da verde, rosso, violetto e grigio alternate a dolomie afanitiche chiare; altri depositi che affiorano in prossimità della base della successione sono arenarie in strati sottili di colore variabile dal grigio al verde e conglomerati rossastri.

Il limite con la sottostante Formazione di Heiligkreutz è marcato da una netta superficie erosiva associata a livelli di breccia; il limite superiore con la Dolomia Principale è graduale, caratterizzato da calcari dolomitizzati e dolomie di colore

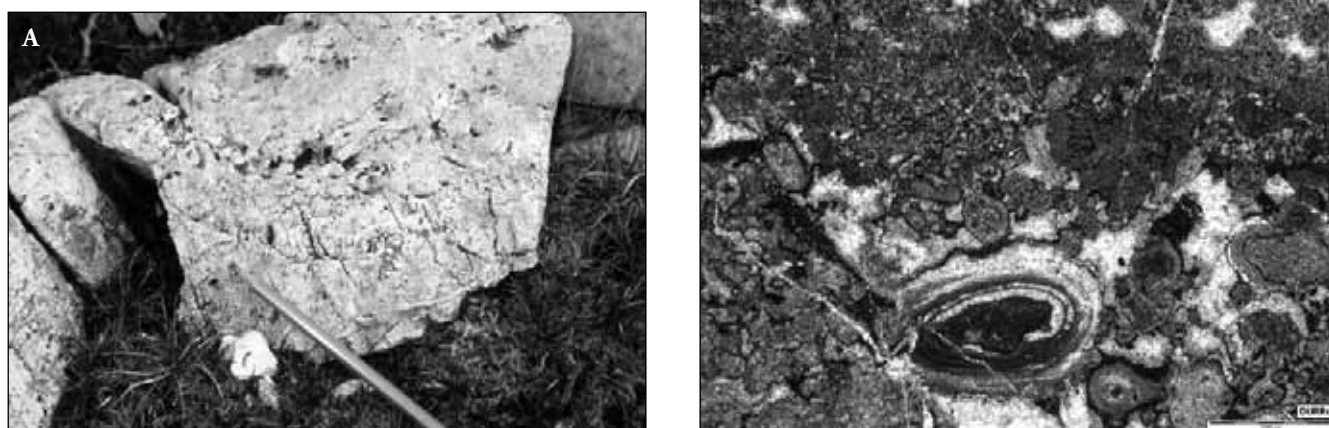


Fig. 12. A) Grainstone oolitico contenente pisoliti vadosi; parte sommitale di un ciclo *shallowing-upward* della piattaforma interna della Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein Auct.). **B)** Packstone - grainstone con grani rivestiti (bioclasti, pisoliti, ooliti, piccoli gasteropodi, ecc.); nella parte inferiore della foto la maggior parte dei grani presentano un film microbialitico. Visibili, nella parte granulare, almeno due generazioni successive di cementi: uno fibroso ed isopaco ed un secondo a cristalli sparitici equidimensionali.

variabile dal bianco-verdastro al grigio alternate con dolomie stromatolitiche scure organizzate in cicli peritidali di spessore metrico. La Formazione di Travenanzes segna l'inizio di una nuova megasequenza che include anche la sovrastante Dolomia Principale.

L'ambiente deposizionale di questa unità carbonatica è riferita ad ambienti marini costieri, e comprende ambienti fluvio-deltizi, lagune salmastre, piane tidali, aree di bassa profondità controllate dalle maree, spiagge e *shelves* (secche marine) dominate dalle onde (BOSELLINI *et al.*, 1982).

Settsass e Richthofen Riff

I risultati presentati in questo studio sono basati su un approccio combinato fra un dettagliato rilevamento geologico (Fig. 9), l'analisi di facies di affioramenti particolarmente significativi e l'analisi di sezioni stratigrafiche (Figg. 11 e 13); i dati raccolti hanno consentito di ricostruire le principali caratteristiche del complesso di piattaforma del Settsass/Richthofen Riff e la sua evoluzione verticale e laterale.

Il Richthofen Riff

Il termine "Richthofen Riff" fu introdotto da Mojsisovics (1879) in onore del Barone F. v. Richthofen (1860) per il suo lavoro geologico pionieristico nelle Dolomiti.

Il Richthofen Riff può essere suddiviso in due principali corpi carbonatici (Fig. 11).

La successione sedimentaria inizia con una breccia carbonatica alla base, che è separata dai sottostanti depositi bacinali da una marcata superficie erosiva (Fig. 5, 13).

La breccia è composta da clasti carbonatici chiari di dimensioni variabili dai grani di pochi mm fino a ciottoli immersi in una matrice calcarenitica/doloarenitica (Fig. 13); questa breccia rappresenta probabilmente la testimonianza di una clinoforme riconducibile ad una più antica piattaforma carbonatica (DC 1a di Fig. 5).

Questi depositi caotici del corpo di piattaforma inferiore pre-

sentano uno spessore di circa 5 - 6 m mentre la loro estensione laterale è di circa 60-80 m, e rappresentano il primo rilievo paleotopografico dove, probabilmente, proliferarono gli organismi produttori di carbonato in un ambiente bacinale poco profondo.

Infatti, i primi depositi carbonatici sovrastanti questi strati di breccie erano formati da dolomicriti subtidali ricchi di fossili marini superficiali (come frammenti di echinodermi, gasteropodi, bivalvi e vari tipi di organismi incrostanti). Questi depositi erano ricoperti da sottili strati caratterizzati da cavità subverticali riempite da argille rossastre e *silt* dolomitico microcristallino, che sono interpretati come eventi di esposizione subaerea.

L'intera evoluzione verticale di questa prima fase di deposizione del Piccolo Settsass registra un generale trend *shallowing-upward*.

Questa unità inferiore della piattaforma è ricoperta dai depositi bacinali della Formazione di San Cassiano, qui presente con calcari nudulari grigi e marne grigio-giallastre.

Qui al Piccolo Settsass la Formazione di San Cassiano presenta uno spessore ridotto a soli 3 - 3,5 m (Fig. 13).

L'edificio carbonatico sovrastante è stato raddoppiato da un sovrascorrimento sudvergente (DOGLIONI, 1992; Geologische Karte der Westlichen Dolomiten 1:25.000, 2007; DC 1b di figg. 5 e 11): la parte sovrascorsa è costituita dai depositi laterali del corpo carbonatico inferiore, il quale forma il nucleo del Piccolo Settsass.

La sedimentazione di questo secondo corpo carbonatico inizia sopra questi sottili strati della Formazione di San Cassiano depositatisi in condizioni marine poco profonde. La successione è costituita da strati di dolomie massive (di spessore compreso fra 1 e 3 m) intercalate da sottili strati di dolomicriti scure, cioè di pochi cm di spessore.

Questi depositi massivi sono caratterizzati dalla presenza di *patch-reef* a coralli e spugne, interpretati come *mound* biocostruiti, mentre i sottili strati di dolomicriti scure rappresentano

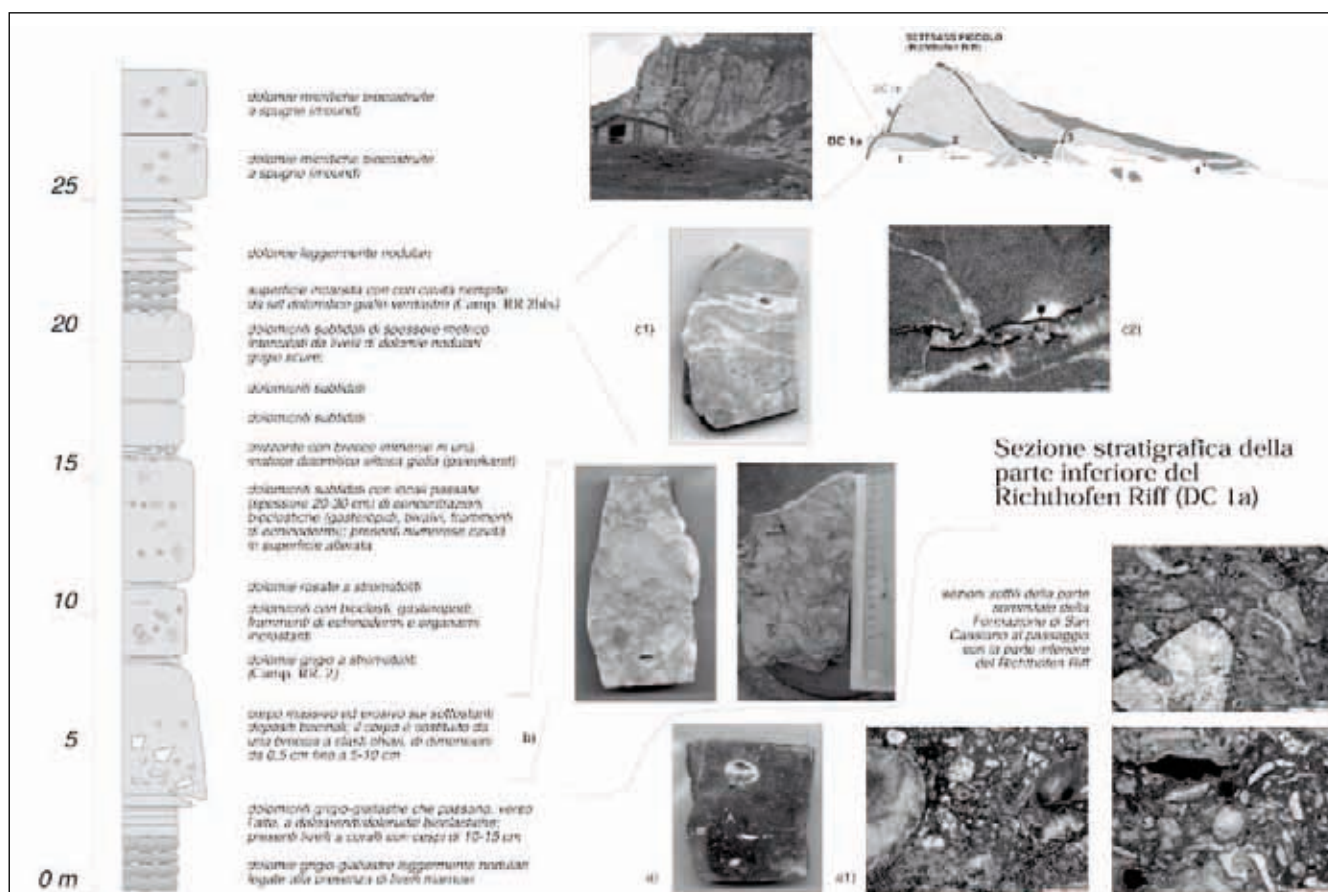


Fig. 13. Sezione stratigrafica della parte inferiore del Richthofen Riff (DC 1a). La sezione lucida (a) e le tre sezioni sottili si riferiscono ad una calcarenite bioclastica raccolta nella parte sommitale della Formazione di San Cassiano; le microfacies sono *packstone* bioclastici riferibili ad ambienti poco profondi. La sezione lucida (b) si riferisce al corpo basale di breccie a clasti chiari su cui si sviluppa il corpo biocostruito. Le due foto in alto (c1 e c2) rappresentano la sezione lucida e sottile di uno stesso campione (Camp. RR. 2/bis.) esemplificativo di esposizione subaerea del corpo biocostruito (DC 1a) con cavità riempite di *silt* dolomitico giallo-verde.

depositi carbonatici fangosi fra un *mound* e l'altro (Fig. 14). Il nucleo biocostruito, con i *patch-reef* a coralli e spugne, del Piccolo Settsass raggiunge lo spessore massimo di circa 80-100 m ed un'estensione laterale di almeno 300 m (Fig. 11). Questo corpo carbonatico massiccio passa lateralmente in una lingua di breccie che si interdigita con i depositi bacinali della Formazione di San Cassiano. Questi depositi, che formano il corpo sovrascorso (Fig. 11), sono costituiti da uno strato di breccie dello spessore di 1 - 2 m, i cui clasti derivano in prevalenza dalla piattaforma. Queste breccie sono coperte e colonizzate da *patch-reef* a coralli, a scala metrica, che indicano un ambiente marino superficiale con la restaurazione di condizioni di margine di piattaforma. L'evoluzione verticale dei nuclei biocostruiti del Richthofen Riff mostra una progradazione sul bacino in direzione nord-est con un angolo di *slope* variabile da 20°-25°, nelle aree prossimali (Fig. 15), fino a circa 0° nelle parti più distali, con conseguente concordanza fra le breccie dello *slope* ed i sottostanti depositi bacinali. Il limite fra i due sistemi carbonatici appartenenti alla Dolomia Cassiana, come citato prima, (DC 1b e DC 2 di fig. 5) è costituito da una successione di pochi metri di marne bioturbate

grigio chiare e/o giallastre e calcilutiti della Formazione di San Cassiano. Questi depositi bacinali determinano l'"annegamento" definitivo della piattaforma del Piccolo Settsass. Tuttavia, in questa parte della Formazione di San Cassiano la comparsa di numerosi *patch-reef* a coralli, conservati in posizione di vita (circa 0,5 m di spessore, fig. 16), attesta le condizioni di ambiente marino poco profondo della Formazione di San Cassiano in questa zona. La parte raddoppiata per sovrascorrimento dell'unità carbonatica DC 1b (sovrascorrimento sud-vergente) del Piccolo Settsass evidenzia anch'essa un trend *shallowing-upward*: i depositi bacinali della Formazione di San Cassiano sono seguiti, verso l'alto stratigrafico, da breccie dello spessore di circa 1-2 m contenenti prevalentemente clasti di piattaforma. Questi sono, a loro volta, seguiti verso l'alto stratigrafico da *patch-reef* a coralli, che rappresentano ancora condizioni marine poco profonde, cioè ambienti di margine di piattaforma. Il bacino antistante era riempito da notevoli quantità di sedimenti vulcanoclastici derivati dallo smantellamento degli edifici vulcanici (Predazzo e Monzoni) (Conglomerato della Marmolada e Formazione di Wengen), e poi seguiti, dalla se-

5 - Organizzazione interna del nucleo biocostruito del Richthofen Riff (DC 1b)

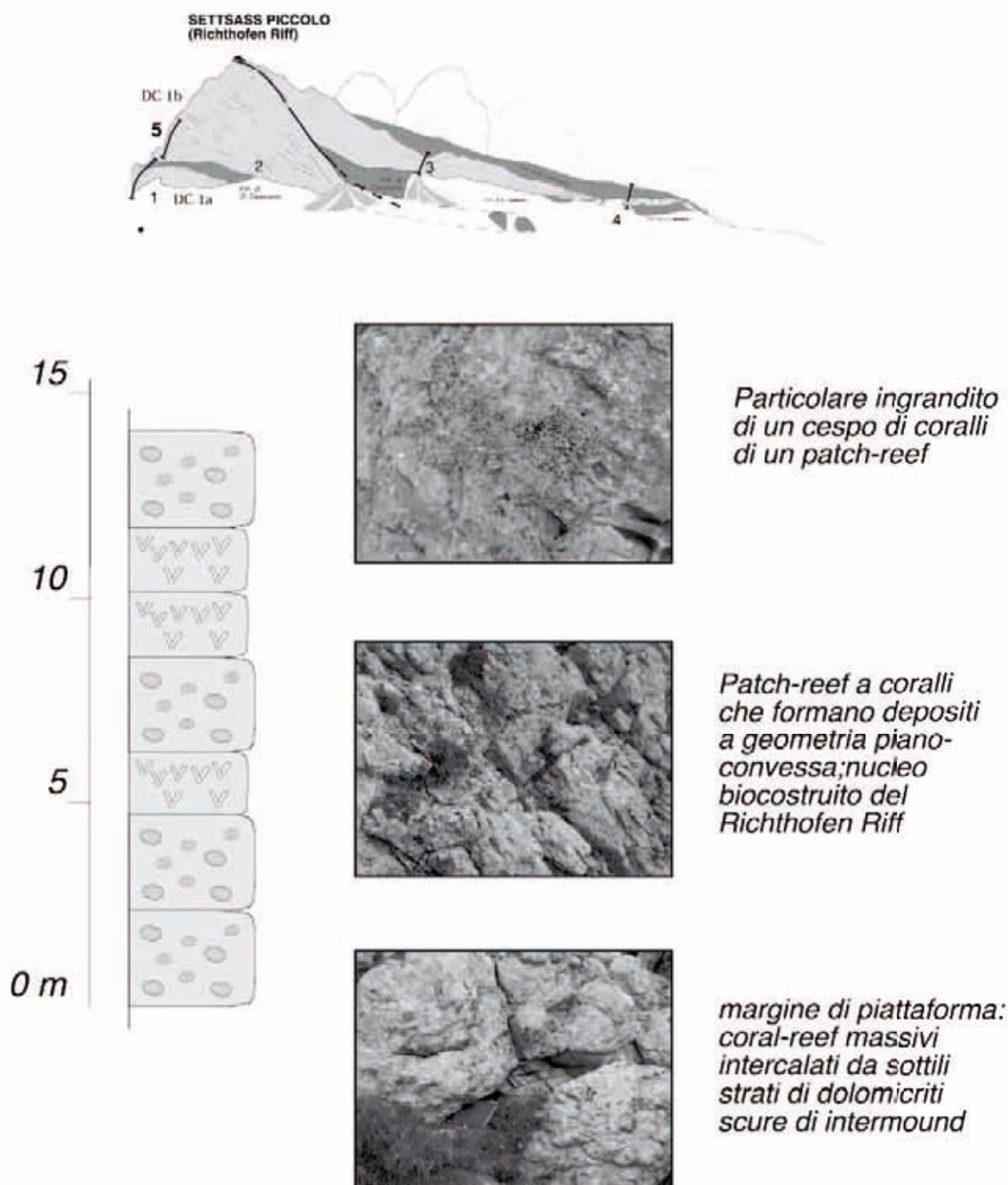


Fig. 14. Sezione stratigrafica nel nucleo del Richthofen Riff (DC 1b): affioramento di *patch-reef* a coralli separati da strati dolomicritici scuri di *intermound*.

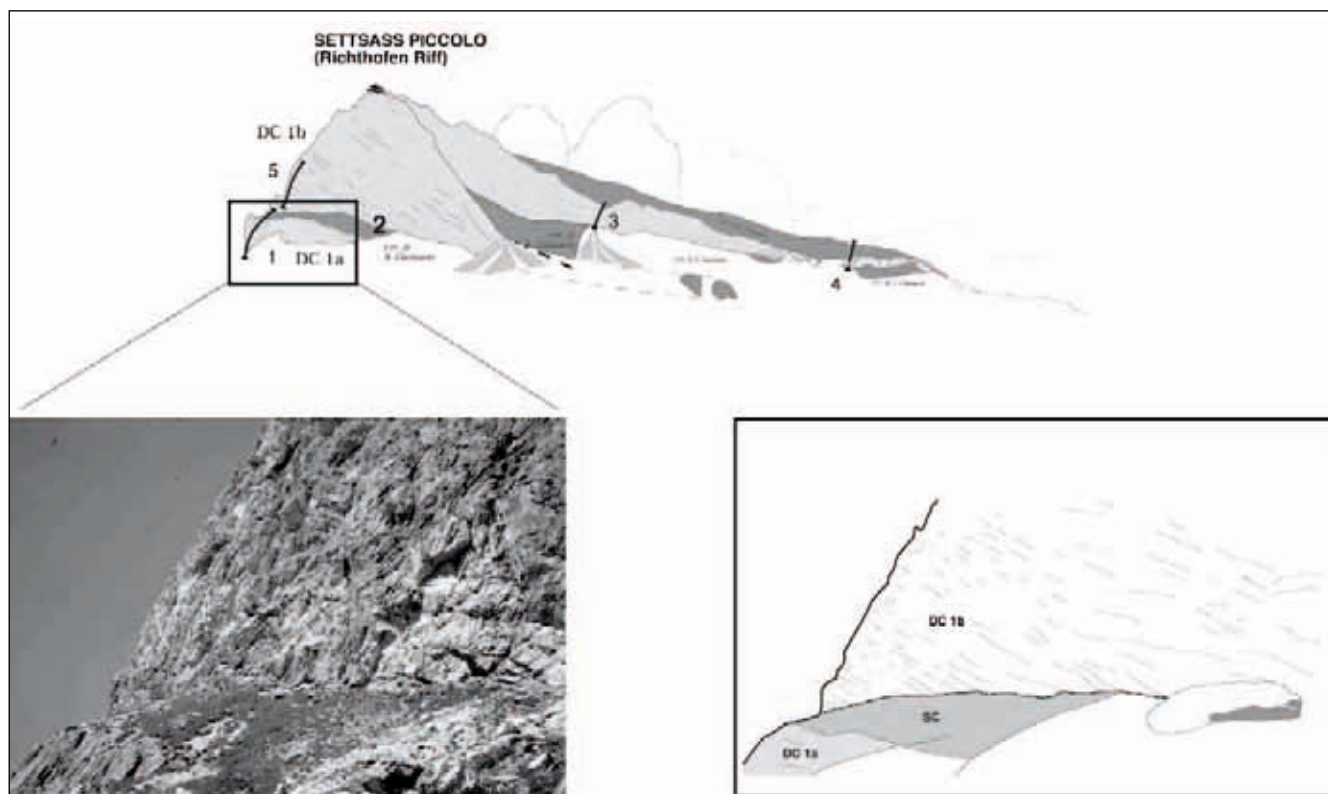


Fig. 15. Il nucleo del Richthofen Riff: superficie di *down-lap* fra le breccie clinostratificate di *slope* ed i sottostanti depositi bacinali. L'angolo di *down-lap* è di circa 20°-25°. Sulla sinistra, visibile il tetto del primo corpo della Dolomia Cassiana (DC 1a) che giace in concordanza sui sottostanti depositi bacinali (non visibili nella foto).

dimentazione bacinale mista clastico-carbonatica esemplificata dalla Formazione di San Cassiano (localmente caratterizzata da enormi olistoliti provenienti dalle aree di piattaforma).

Il Settsass

Il Settsass rappresenta la seconda generazione delle piattaforme Cassiane (indicate come CD 2) ed è ben esposta lungo i versanti sud-orientale e sud-occidentale del M. Settsass (Fig. 9).

Lungo il versante sud-occidentale sono conservati i depositi di piattaforma interna (*back-reef*) della Dolomia Cassiana che mostrano monotone successioni cicliche (Fig. 17), in prevalenza subtidali, con facies granulari (*packstone* bioclastiche-peloidali) culminanti verso l'alto con sottili superfici di esposizione subaerea; queste ultime possono presentare profonde incisioni riempite da peliti grigio-verdastre (*microkarst*, fig. 18).

In prossimità delle clinostratificazioni sono presenti corpi di dolomie peloidali con croste ad alghe e microbialiti; tali corpi sono localmente incisi da superfici di esposizione subaerea e sono caratterizzati dalla presenza di cavità di dissoluzione riempite da più fasi di cementazione.

Alcune di queste cavità sono riempite con argilliti rosse e *silt* dolomitico. Questa sequenza di piattaforma è stratigraficamente seguita verso l'alto dalla Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein *Auct.*) (Fig. 17).

Il lato sud-orientale del Settsass mostra corpi di breccie clinostratificate con geometrie di *downlap* sopra i depositi bacinali della Formazione di San Cassiano. L'angolo di *downlap* fra le clinoformi ed i depositi bacinali varia da 20°-25°, nelle aree

prossimali, fino a diminuire a 10°-15° in quelle distali.

Le breccie clinostratificate sono costituite, in prevalenza, da detriti di piattaforma con taglia dei grani da pochi mm fino a 5-10 cm (Fig. 19). Al piede dello *slope* le lingue di breccia si interdigitano con i depositi bacinali, associati a torbiditi carbonatiche e calcari dolomitizzati nodulari grigio-giallastri della Formazione di San Cassiano (Fig. 19).

La progradazione della piattaforma del Settsass sopra il bacino è stimata in circa 2 km (Fig. 20).

La superficie di *downlap* fra le clinoformi e gli strati bacinali è prevalentemente coperta dai depositi quaternari presenti ai piedi delle pareti rocciose, tuttavia appare ben esposta in alcune località come al M. Castello (ad est del M. Settsass, vedi Fig. 1) dove è possibile anche osservare la tessitura e la composizione dei depositi alla transizione fra le due unità sovrapposte (Fig. 19).

La geometria della piattaforma del Settsass è determinata dalla forma dei suoi limiti stratigrafici inferiore e superiore: quello superiore con la sovrastante Formazione di Heiligkreuz è piatto (*toplap*), mentre il suo limite inferiore con la sottostante Formazione di San Cassiano corrisponde ad una superficie erosiva (*unconformity*) (Figg. 9 e 20). La geometria finale del Settsass, derivante dalla combinazione dei suoi limiti stratigrafici inferiore e superiore, appare così tabulare e/o leggermente cuneiforme con ispessimento della piattaforma verso l'area bacinale (NE), legato quindi ad un *pattern* di clinoformi leggermente discendenti.

4 - Sezione stratigrafica della Fm. di San Cassiano misurata fra il tetto del Richthofen Riff e la base del Settsass

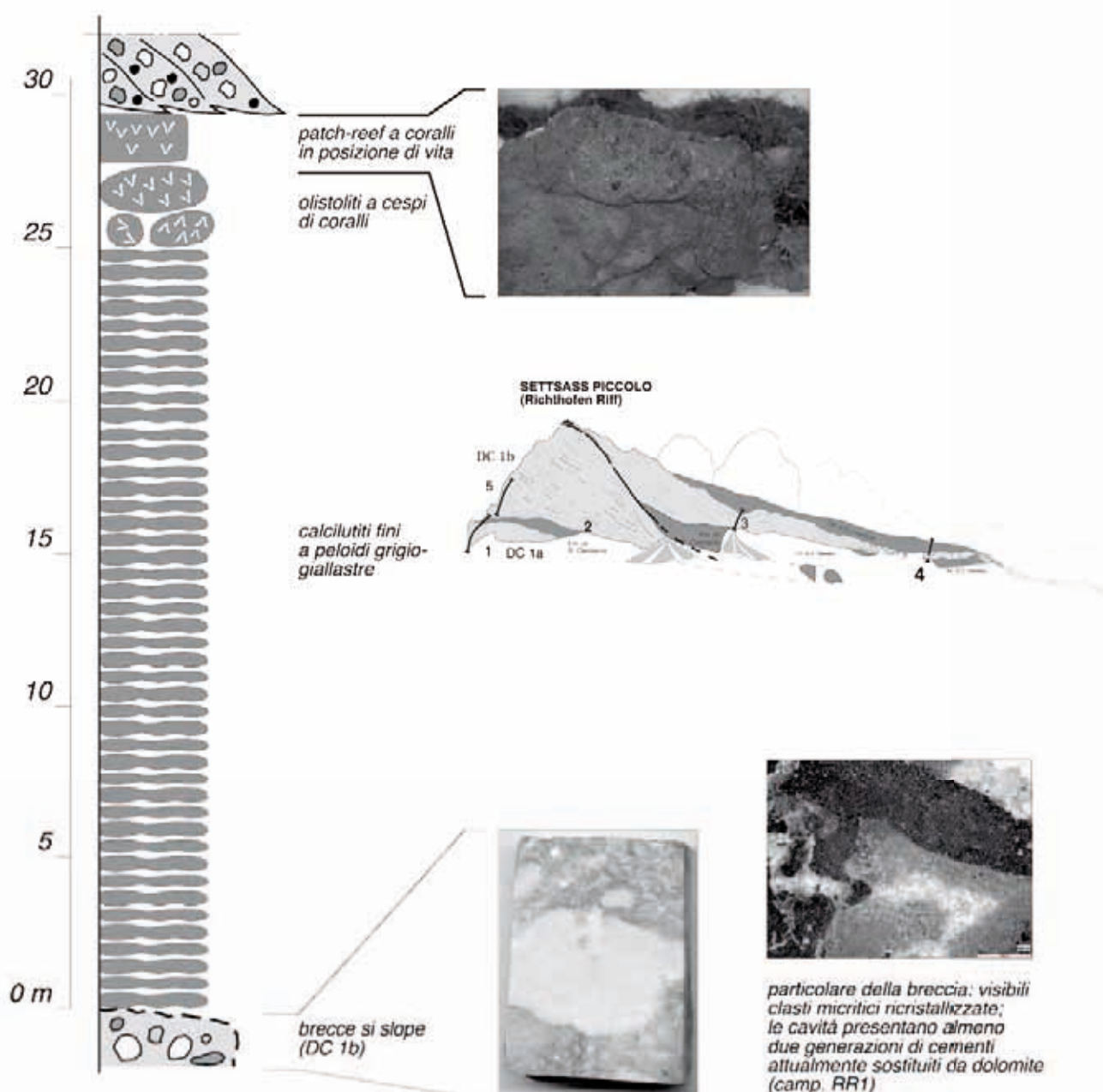


Fig. 16. Sezione stratigrafica semplificata della Formazione di San Cassiano compresa fra il tetto del Richthofen Riff (DC 1) e la base del Settsass (DC 2). Notare la presenza di banchi a coralli in posizione di vita nella parte alta della Formazione di San Cassiano che attestano le condizioni batimetriche superficiali dell'unità medesima.

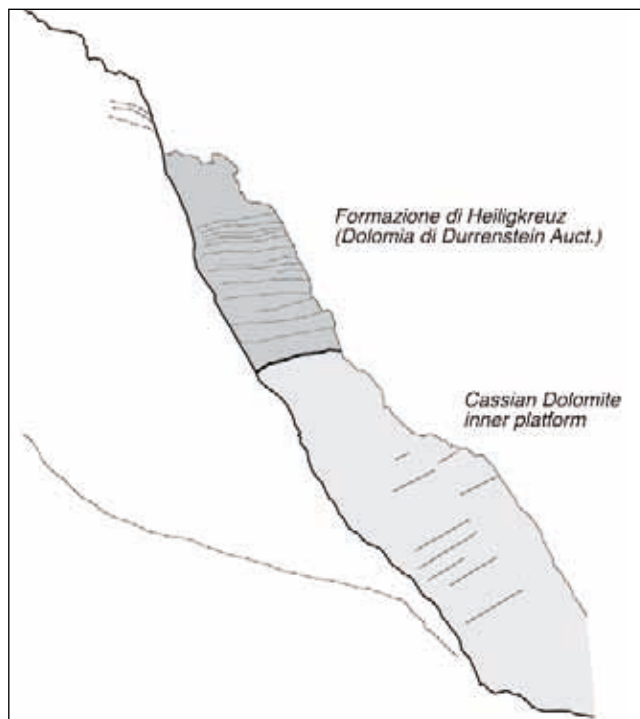


Fig. 17. Versante sud-occidentale del M. Settsass dove affiora il limite stratigrafico fra i depositi di piattaforma interna (*back-reef*) della Dolomia Cassiana e gli analoghi della Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein Auct.).

CONCLUSIONI

Il Settsass/Richthofen Riff è un sistema carbonatico che evidenzia una struttura ed organizzazione interna simile ad altri complessi carbonatici del Carnico inferiore delle Dolomiti, quali la presenza di due piattaforme sovrapposte – come ben illustrato e descritto al Picco di Vallandro (SCHLAGER & NICORA, 1979; SCHLAGER *et al.*, 1991) – e la presenza di enormi volumi di megabreccia carbonatica (compresi anche i blocchi di olistoliti conosciuti come “Cipit”) che si interdigitano con i depositi bacinali della formazione di San Cassiano.

I due edifici carbonatici sovrapposti, si svilupparono sopra un alto topografico stabile, costituito dall'accumulo di breccie sedimentarie appartenenti ad una clinoforza originata da una precedente piattaforma carbonatica (DC 1a di fig. 5). Questi due edifici successivamente aggradarono e progradarono nella stessa direzione, cioè verso nord-est. Le varie fasi di progradazione sono riconosciute dalla interdigitazione fra le breccie di *slope* ed i depositi bacinali della Formazione di San Cassiano sopra le facies carbonatiche d'acqua bassa (Fig. 5).

La produttività carbonatica di questi due sistemi si interrompe



Fig. 18. Blocco proveniente dai depositi di piattaforma interna contenente cavità irregolari riempite da *silt* grigio-verdastro; le cavità sembrano essere di tipo carsico legate ad una esposizione della piattaforma a seguito di una fase di emersione.

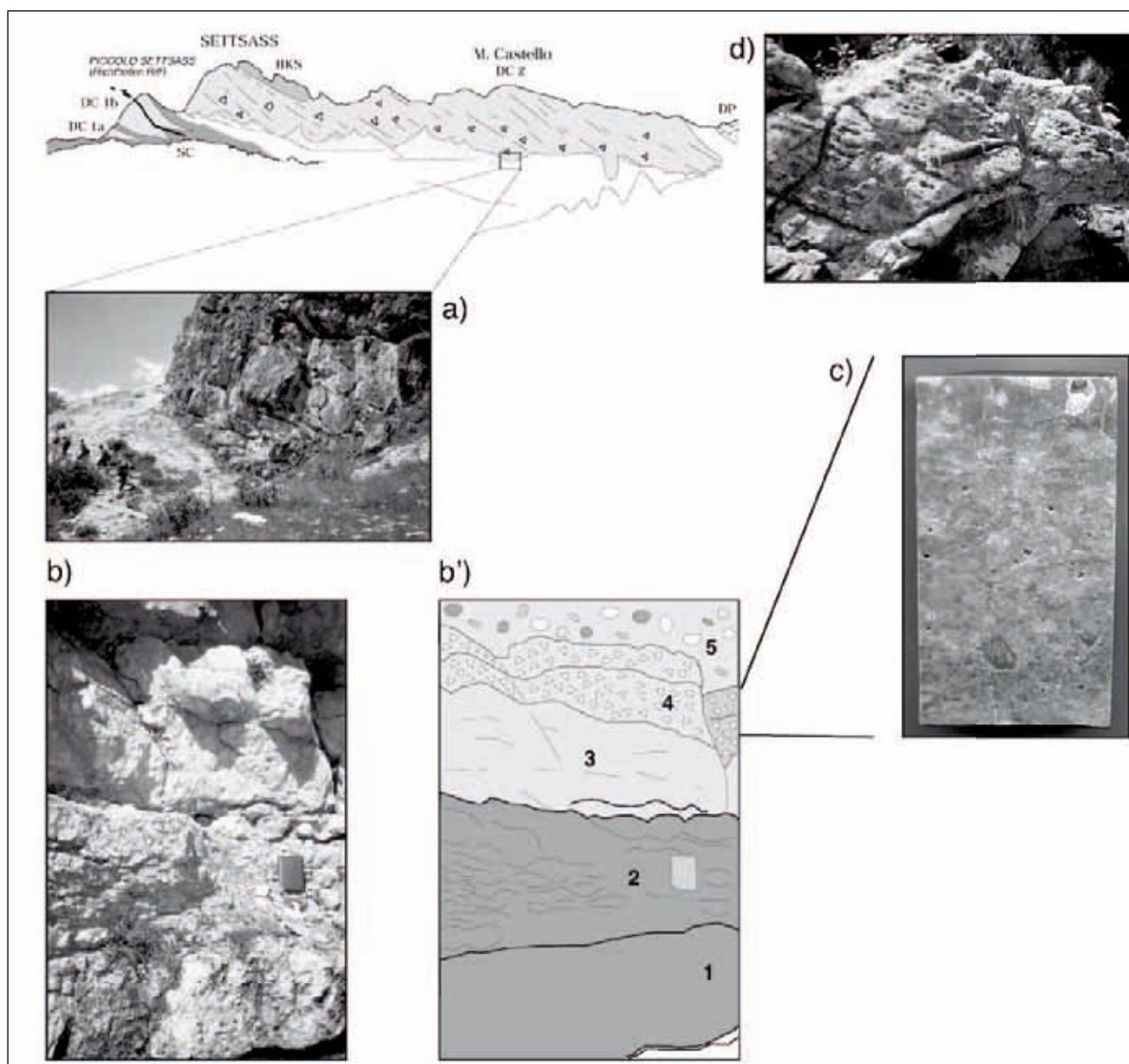


Fig. 19. Nella foto in alto a sinistra (a), la parte inferiore di un corpo clinostratificato (Dolomia Cassiana DC 2) sopra i depositi bacinali (Formazione di San Cassiano). Nelle due immagini sotto (b e b'), il particolare della transizione fra le due unità litostratigrafiche: i calcari dolomitizzati nodulari, leggermente marnosi, della Fm. di San Cassiano (2) passano, verso l'alto, a dolomicriti chiare (3) e a depositi doloruditici in strati decimetrici (4); questi ultimi due depositi sono riferibili entrambi alle facies di *slope* della Dolomia Cassiana. Superiormente, depositi di breccie sedimentarie appartenenti alle facies di *slope* del Settsass (5 - Dolomia Cassiana), che deformano i depositi sottostanti (strutture da carico). La sezione lucida (c) – altezza del campione circa 10 cm – è costituita da doloruditi grigio-giallastre (clasti provenienti dalle aree di piattaforma) immerse in una matrice dolomicritica scura. Località: Monte Castello. Nella foto in alto a destra (d) affioramento delle breccie di *slope* della Dolomia Cassiana: le cavità rappresentano clasti disciolti all'interno della matrice dolomitica.

temporaneamente a causa, probabilmente, del susseguente abbassamento del livello marino relativo con conseguente esposizione subaerea e sviluppo di fenomeni carsici nella piattaforma interna e nel margine della stessa.

Le megabreccie di *slope* sono spesso organizzate in depositi clinostratificati con angoli di *slope* compresi fra 20°-25° e 40°-45°; le pendenze degli *slope* non possono essere spiegate solo con la taglia dei depositi sedimentari (KENTER, 1990) poiché gli

slope delle piattaforme carbonatiche erano stabilizzati anche da microbialiti, cementazione precoce e dalla attività di organismi incrostanti (KEIM & SCHLAGER, 2001).

L'analisi di facies e l'organizzazione dei depositi sedimentari all'interno del Settsass/Richtthofen Riff forniscono nuove indicazioni sull'evoluzione delle piattaforme del Carnico inferiore che possono essere riassunte nel modo seguente:

a) l'esistenza di due sistemi di piattaforma carbonatica (DC 1

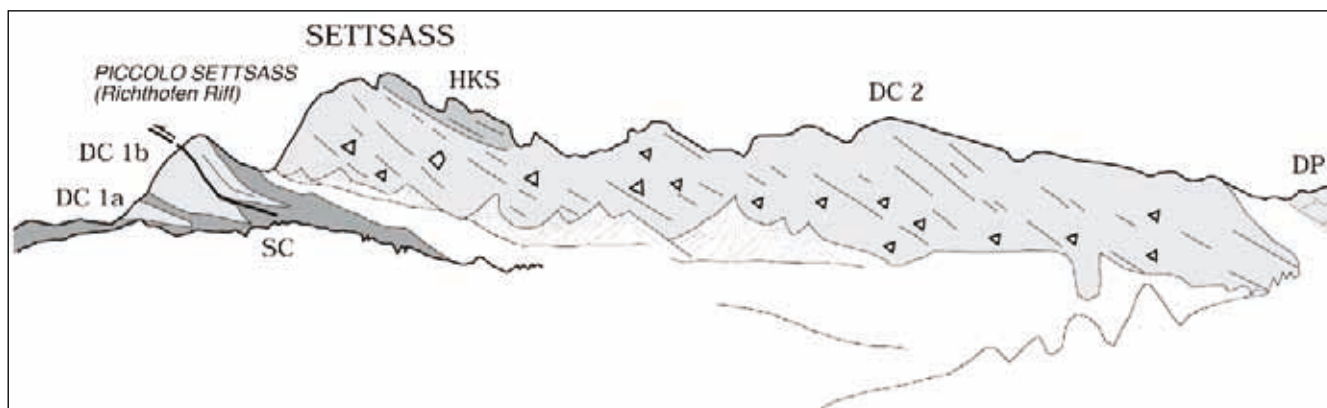


Fig. 20. Interpretazione geologica del gruppo del Settsass. In primo piano (sx nella foto), il Richthofen Riff (Dolomia Cassiana, DC 1) è costituito da un sistema di reef del Carnico con due corpi principali di *slope* progradanti ed intercalati negli adiacenti depositi bacinali della Formazione di San Cassiano. Nella parte centrale della foto, il Settsass (Dolomia Cassiana DC 2) mostra chiaramente la geometria clinostratificata della piattaforma che prograda lateralmente verso il bacino. La progradazione massima misurata è di almeno due (2) km. DC 1a & DC 1b = Dolomia Cassiana (Richthofen Riff); DC 2 = Dolomia Cassiana (Settsass); SC = Formazione di S. Cassiano; HKS = Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein Auct.); DP = Dolomia Principale.

e DC 2) caratterizzati dalla presenza di margini biocostruiti – dove sono riconoscibili *patch-reef* a coralli in posizione di crescita – ben distinti e suddivisi da depositi di ambiente marino poco profondo riferibili alla Formazione di San Cassiano.

- b) Il Richthofen Riff mostra una geometria piano-convessa che raggiunge uno spessore di circa 80-100 m e si estende lateralmente per almeno 300 m. Questo reef è costituito da due corpi principali (DC 1a and DC 1b):

- 1) DC 1a è costituito da breccie carbonatiche bianche separate dai sottostanti depositi bacinali (Formazione di San Cassiano) da una superficie erosiva. Questo primo corpo presenta una geometria tabulare (Figg. 5, 11 e 13);
- 2) DC 1b rappresenta il “cuore” del reef e corrisponde ad un corpo biocostruito formato da *patch-reef* a coralli e *mounds* a spugne; tale corpo tende a interdigitarsi lateralmente con i depositi bacinali (Fig. 14). Questo secondo corpo presenta una geometria piano-convessa.

- c) La piattaforma del Settsass (DC 2) mostra una geometria tabulare e conserva al suo interno uno spettro completo di ambienti deposizionali, che vanno dalle successioni di piattaforma interna (*back-reef*) ai depositi di *slope* formati da breccie clinostratificate (clinoformi). La successione di piattaforma interna, che non era mai stata documentata in precedenza, è organizzata in cicli *shallowing-upward* ai quali segue verso l'alto, in continuità stratigrafica, una analoga successione di piattaforma interna riferibile alla Formazione di Heiligkreuz (Fm. di Dürrenstein Auct.). I depositi di *slope* sono formati da clinoformi caratterizzate da clinostratificazioni con angoli variabili da 20° - 25°, nelle aree prossimali, a 10°-15° in quelle più distali.

La piattaforma del Settsass mostra una progradazione verso il bacino in direzione NE per una lunghezza di circa 2 km, quindi comparabile con gli altri esempi delle Dolomiti (BOSELLINI, 1984; BOSELLINI & STEFANI, 1991; MAURER, 1999; KEIM & SCHLAGER, 2001).

RINGRAZIAMENTI

L'autore desidera ringraziare M. Claps (Shell), R. Longoni, A. Boz e M. Cella per le utili e costruttive discussioni durante il lavoro di campagna. Si ringrazia anche Piero Gianolla per le discussioni relative alla geologia delle piattaforme delle Dolomiti. Si ringrazia, infine, M. Claps per la revisione del testo in lingua Inglese. Infine, si desidera ringraziare il Dott. Enrico Trevisani per aver sollecitato la preparazione del lavoro ed averlo accolto nella rivista del Museo di Storia Naturale di Ferrara.

BIBLIOGRAFIA

- ASSERETO R., DESIO A., DI CODALBERTO D. & PASSERI L., 1968 - Note illustrative della Carta geologica d'Italia. Foglio 14a Tarvisio. pp. 1-70; *Ser. Geol. d'Italia*, Roma.
- BIDDLE K.T., 1980 - The basal Cipit boulders: indicators of middle to upper Triassic buildup margins, Dolomite Alps, Italy. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 86: 779-794.
- BIZZARRINI F., LAGHI G., NICOSIA U. & RUSSO F., 1989 - Distribuzione stratigrafica dei microcrinoidi (Echinodermata) nella Formazione di San Cassiano (Triassico superiore, Dolomiti): studio preliminare. *Atti Soc. Nat. Mat.*, 120: 1-14.
- BLENDINGER W., 1994 - The carbonate factory of the Middle Triassic buildups in the Dolomites, Italy: a quantitative analysis. *Sedimentology*, 41: 1147-1159.
- BOSELLINI A., 1984 - Progradation geometries of carbonate platforms: examples from the Triassic of the Dolomites, Northern Italy. *Sedimentology*, 31: 1-24.
- BOSELLINI A., 1996 - La storia geologica delle Dolomiti. 148 pp., *Edizioni Dolomiti*, Pordenone.
- BOSELLINI A. & ROSSI D., 1974 - Triassic carbonate buildups of the Dolomites, northern Italy. - In *Laporte L.F. (ed), Reefs in time and space*: SEPM, Spec. Publ., 18: 209-233.
- BOSELLINI A. & NERI C., 1991 - The Sella Platform (Upper Triassic, Dolomites, Italy). - In: *Dolomieu Conference on Carbonate Platforms and Dolomitization, Guidebook Excursion B*, 30 pp, Or-

- tisei, Italy.
- BOSELLINI A. & STEFANI M., 1991 - The Rosengarten: A platform-to-basin carbonate section (Middle Triassic, Dolomites, Italy). - In: *Dolomieu Conference on Carbonate Platforms and Dolomitization, Guidebook Excursion C*, 24 pp, Ortisei, Italy.
- BOSELLINI A., MASETTI D. & NERI C., 1982 - La geologia del Passo del Falzarego. - In: *A. Castellarin & G.B. Vai* (a cura di): Guida alla geologia del Sudalpino centro-orientale. *Guide Geol. Reg. S.G.I.*, 273-278, Bologna.
- BOSELLINI A., NERI C. & STEFANI M., 1996 - Geologia delle Dolomiti, introduzione geologica. *78ª riunione estiva della Soc. Geol. It., Guidebook*, pp. 9-53, San Cassiano.
- BOSELLINI A., 1965a - Lineamenti strutturali delle Alpi Meridionali durante il Permo-Trias. *Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid.*, 15: 1-72.
- BOSELLINI A., 1965b - Schema strutturale del Permo-Trias postercinico nelle Alpi Meridionali. *Acc. Naz. Lincei, Rend. Sc. Fis., Mat., Nat. Serie VIII*, 38: 216-222.
- BOSELLINI A., CASTELLARIN A., ROSSI P.L., SIMBOLI G. & SOMMAVILLA E., 1977 - Schema sedimentologico e stratigrafico per il Trias medio della Val di Fassa ed aree circostanti (Dolomiti Centrali). *Gior. Geologia* (2), 17: 83-108.
- BOTTOLI S. & TROMBETTA G.L., 1998 - Analisi di facies ed ambiente deposizionale del Conglomerato della Marmolada: un sistema torbidoitico dominato da flussi ad alta densità (Gruppo Col Rossi-Porta Vescovo, Dolomiti Occidentali). *Mem. Soc. Geol. It.*, 53: 341-357.
- BRANDNER R., 1991 - Geological setting and stratigraphy of the Schlern-Rosengarten buildup and Seiser Alm basin. In *Brandner, R., Flügel, E., Koch, R. & Yose, L.A.* (eds.): The Northern Margin of the Schlern/Scliar – Rosengarten/Catinaccio Platform, 4-16, *Dolomieu Conference on Carbonate Platforms and Dolomitization, Guidebook Excursion A*, 61 pp, Ortisei, Italy.
- BREDA A., PRETO N., ROGGI G., FURIN S., MENEGUOLO R., RAGAZZI E., FEDELE P. & GIANOLLA P., 2009 - The Carnian Pluvial Event in the Tofane area (Cortina d'Ampezzo, Dolomites, Italy). *Geo Alp*, 6: 80-115.
- BROGLIO LORIGA C., CIRILLI S., DE ZANCHE V., DI BARI D., GIANOLLA P., LAGHI G., LOWRIE W., MANFRIN S., MASTANDREA A., MIETTO P., MUTTONI G., NERI C., POSENATO R., REICHICHI M., RETTORI R. & ROGGI G., 1999 - The Prati di Stuares/Stuares Wiesen Section (Dolomites, Italy): a candidate Global Stratotype Section and Point for the base of the Carnian stage. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 105: 37-78.
- CASTELLARIN A., 1979 - Il problema dei raccorciamenti crostali nel Sudalpino. *Rend. Soc. Geol. It.*, 1: 21-23.
- CLAPS M., 1996 - La successione del Trias superiore (dalle piattaforme cassiane alla Dolomia Principale). In: BOSELLINI A., NERI C. & STEFANI M., 1996 - Geologia delle Dolomiti, introduzione geologica. *78ª riunione estiva della Soc. Geol. It., Guidebook*, pp. 95-104, San Cassiano.
- DEMICO R. V. & HARDIE L. A., 1994 - Sedimentary Structures and Early Diagenetic Features of Shallow Marine Carbonate Deposits. *SEPM Atlas Series* No. 1, 265 pp.
- DE ZANCHE V., GIANOLLA P., MIETTO P., SIORPAES C. & VAIL P., 1993 - Triassic sequence stratigraphy in the Dolomites (Italy). *Mem. Sci. Geol.*, 45: 1-27.
- DOGLIONI C., 1992 - Escursione nel Sudalpino Orientale (Dolomiti e Prealpi Venete). AGIP guide book, 118 pp.
- DOGLIONI C. & BOSELLINI A., 1987 - Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps. *Geol. Rundschau*, 76: 735-754.
- DOGLIONI C. & CASTELLARIN A., 1985 - A geologic schematic cross section of eastern Southern Alps. *Rend. Soc. Geol. It.*, 8: 35-36.
- FÜRSICH F.T. & WENDT J., 1977 - Biostratigraphy and palaeoecology of the Cassian Formation (Triassic) of the Southern Alps. *Palaeogeog., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 22: 257-323.
- GAETANI M., FOIS E., JADOUL F. & NICORA, A., 1981 - Nature and evolution of Middle Triassic carbonate buildups in the Dolomites (Italy). *Marine Geology*, 44: 25-57.
- GEOLOGISCHE KARTE DER WESTLICHEN DOLOMITEN 1:25.000, 2007 - Autonome Provinz Bozen – Südtirol, *Amt f. Geologie u. Baustoffprüfung, Bozen/Karadaun*.
- HARDIE L.A., 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 10000 year scale. *Paleoceanography*, 1: 447-457.
- HARRIS M. T., 1993 - Reef fabrics, biotic crusts and syndepositional cements of the Latemar reef margin (Middle Triassic), northern Italy. *Sedimentology*, 40: 383-401.
- KEIM L. & SCHLAGER W., 2001 - Quantitative compositional analysis of a Triassic carbonate platform (Southern Alps, Italy). *Sedimentary Geology*, 139: 261-283.
- KEIM L., BRANDNER R., KRISTYN L. & METTE W., 2001 - Termination of carbonate slope progradation: an example from the Carnian of the Dolomites, Northern Italy. *Sedimentary Geology*, 143: 303-323.
- KENTER J.A.M., 1990 - Carbonate platform flanks: slope angle and sediment fabric. *Sedimentology*, 37: 777-794.
- KOKEN E., 1913 - Beiträge zur Kenntniss der Schichten von Heiligen Kreuz. *Abhandl. Geol. R. S.*, 16.
- LEONARDI P. e collaboratori, 1968 - Le Dolomiti. Geologia dei monti tra Isarco e Piave. *Manfrini Editore, Rovereto (Trento)*, 1019 pp.
- MASETTI D. & TROMBETTA G.L., 1998 - Eredità anisica nella nascita ed evoluzione delle piattaforme medio-triassiche delle Dolomiti Occidentali. *Mem. Sci. Geol.*, 50: 213-237.
- MASETTI D., NERI C. & BOSELLINI A., 1991 - Deep-water asymmetric cycles and progradation of carbonate platforms governed by high-frequency eustatic oscillations (Triassic of the Dolomites, Italy). *Geology*, 19: 336-339.
- MASTANDREA A., NERI C. & RUSSO F., 1997 - Conodont biostratigraphy of the San Cassiano Formation surrounding the Sella Massif (Dolomites, Italy): implications for sequence stratigraphic models of the Triassic of the Southern Alps. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 100: 39-52.
- MAURER F., 1999 - Wachstumsanalyse einer mitteltriadischen Karbonatplattform in den westlichen Dolomiten (Sudalpen). *Eclogae Geol. Helv.*, 92: 361-378.
- MAURER F., 2000 - Growth mode of Middle Triassic carbonate platforms in the Western Dolomites (Southern Alps, Italy). *Sedimentary Geology*, 134: 275-286.
- MIETTO P. & MANFRIN S., 1995 - La successione delle faune ad ammonoidi al limite Ladinico-Carnico (Sudalpino, Italia). *Ann. Univ. Ferrara, Sci. Terra* 5 (suppl.): 13-35.
- MOJSISOVICS, E. von, 1879 - Die Dolomit-Riffe von Südtirol und Venetien. Beiträge zur Bildungsgeschichten der Alpen, 1-552, Wien.
- NERI C., MASTANDREA A., LAGHI G., BARACCA A. & RUSSO F., 1994 - New biostratigraphic data on the S. Cassiano Formation around Sella Platform (Dolomites, Italy). *Paleopelagos*, 4: 13-21.
- NERI C., GIANOLLA P., FURLANIS S., CAPUTO R. & BOSELLINI A., 2007 - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio Cortina d'Ampezzo 029. Scala 1:50.000. *Servizio Geologico d'Italia*, 200 pp.
- PRETO N. & HINNOV L., 2003 - Unraveling the origin of carbonate platform cyclothems in the Upper Triassic Dürrenstein Formation (Dolomites, Italy). *Journal of Sedimentary Research*, 73: 774-789.
- RICHTHOFFEN F. von, 1860 - Geognostische Beschreibung der Umgegend von Predazzo, Sanct Cassian und der Seisser Alpe in Südti-

- rol. *Perthes*, Gotha.
- ROSSI P.L., VIEL G. & SIMBOLI G., 1977 - Significato paleogeografico e magmatico-tettonico della serie vulcanica vulcano-clastica ladina superiore nell'area del Monte Civetta. *Boll. Soc. Geol. It.*, 95 (1976): 433-458.
- RUSSO F., NERI C., MASTANDREA A. & BARACCA A., 1997 - The Mud Mound nature of the Cassian Platform margins of the Dolomites. A case history: the Cipit boulders from Punta Grohmann (Sasso Piatto Massif, Northern Italy). *Facies*, 36: 25-36.
- SACERDOTI M. & SOMMAVILLA E., 1962 - Pillowlave, ialoclastiti e altre formazioni vulcanoclastiche nella Regione Dolomitica occidentale. *Studi Trent. Sc. Nat.*, 39: 423-473.
- SCHLAGER W. & NICORA A., 1979 - Picco di Vallandro - The flank of a carbonate platform at Cassian time. In: *Riccardo Assereto and Giulio Pisa Field Symposium on Triassic Stratigraphy in Southern Alps*, June, 1979: 64-68.
- SCHLAGER W., BIDDLE K.T. & STAFLEU J., 1991 - Picco di Vallandro (Durrenstein) a platform-basin transition in outcrop and seismic model. *Dolomieu Conference on Carbonate Platforms and Dolomitization, Ortisei, Guidebook Excursion B*, September 1991: 22pp.
- SCHÖNBORN G., 1999 - Balancing cross section with kinematic constraints: The Dolomites (northern Italy). *Tectonics* 18(3): 527-545.
- STEFANI M., BRACK P., GIANOLLA P., KEIM L., MAURER F., NERI C., PRETO N., RIVA A., ROGHI G. & RUSSO F., 2004 - Triassic carbonate platforms of the Dolomites: carbonate production, relative sea-level fluctuations and the shaping of the depositional architecture. - In: M. Stefani (ed.), *Triassic carbonate platforms of the Dolomites: carbonate production, relative sea-level fluctuations and the shaping of the depositional architecture fieldbook - 32nd Int. Geol. Congr.*: 1-44.
- TROMBETTA G.L., 2011 - Facies analysis, geometry and architecture of a carnian carbonate platform: the Settsass/Richthofen Riff system (Dolomites, Southern Alps, Northern Italy). *Geoalp*, 8: 56-75.
- URLICH M., 1994 - *Trachyceras Laube* 1896 (Ammonoidea) aus dem Unterkarn (Obertrias) der Dolomiten (Italien). *Stuttgarter Beiträge für Naturkunde*, Serie B, 217: 1-55.
- WISSMANN H.L. & MÜNSTER G.G. von, 1841 - Beiträge zur Geognosie und Petrefacten-Kunde des Südöstlichen Tirol's vorzüglich der Schichten von St. Cassian. *Beitr. Petrefacten-Kunde*, 4: 1-152, Bayreuth.
- VIEL G., 1979 - Litostratigrafia ladina: una revisione. Ricostruzione paleogeografica e paleostrutturale dell'area Dolomitico-Cadorina (Alpi Meridionali). Parte I e II. *Riv. It. Paleont. Strat.* 85/1: 85-125 and 85/2: 297-352.
- WOLF K.H., 1965 - Gradational sedimentary products of calcareous algae. *Sedimentology* 5: 1-37.