

Geol. vjesnik	Vol. 41	str. 25—49	Zagreb 1988.
---------------	---------	------------	--------------

UDK 552.54:551.762

*Izvorni znanstveni rad*

## Litostratigrafske jedinice u dogeru i malmu zapadne Istre (zapadna Hrvatska, Jugoslavija)

Ivo VELIĆ<sup>1</sup> i Josip TISLJAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Geološki zavod, Sachsova 2, p. p. 213, YU — 41000 Zagreb*

<sup>2</sup>*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu,  
Pierottijeva 6, p. p. 186, YU — 41000 Zagreb*

Analizom litofacijesa i biofacijesa u plitkovodnim karbonatnim sedimentima mlađe jure zapadne Istre izdvojeno je šest, za sada neformalnih litostratigrafskih jedinica: (1) Monsena mikriti (kronostratigrafskog raspona gornji bat—donji oksford), (2) Lim peletni vapnenci i njima dijelom bočni ekvivalent, (3) Muča ooidno-bioklastični vapnenci (oksford—donji kimeridž), (4) Rovinj breče (vršni donji kimeridž) i boksiti (gornji kimeridž—donji titon), (5) Kirmenjak stilolitizirani mikriti (gornji titon), (6) Fantazija dolomiti (najgornji titon—berijas).

Stariji dio naslaga, koji završava Rovinj brečama, pokazuje stalnu tendenciju oplićavanja od potplimskih okoliša i laguna preko plimskog pojasa, plimskog pruda i natplimske zone do kopna, a nastao je u regresivnom ciklusu. Nakon kopnenog režima kroz gornji kimeridž i donji titon, kad su taloženi boksiti, slijedi transgresivni ciklus: započinje oscilirajućom transgresijom Kirmenjak jedinice u uvjetima također plitkomorskih okoliša, koji se nastavlja i dalje u donju kredu.

On the basis of lithofacies and biofacies analysis of shallow water carbonate sediments from the Younger Jurassic in western Istria six informal lithostratigraphic units have been established: (1) the Monsena Micrites (of the chronostratigraphical range Upper Bathonian—basal Oxfordian), (2) the Lim Pelletal Limestones and its partially lateral equivalent (3) the Muča Ooid-bioclastic Limestones (Oxfordian—Lower Kimmeridgian), (4) the Rovinj Breccia (uppermost Lower Kimmeridgian) and Bauxites (Upper Kimmeridgian—Lower Tithonian), (5) the Kirmenjak Stylolitized Micrites (Upper Tithonian), and (6) the Fantazija Dolomites (uppermost Tithonian—Berriasian).

The older part of deposits, terminating breccia, shows a permanent tendency of shallowing (subtidal—lagoon/intertidal/tidal—bar/supratidal/dry land) and corresponds to a regressive cycle. During the Upper Kimmeridgian and Lower Tithonian there was a terrestrial regime with the bauxite deposition. They were followed by the transgressive cycle starting with the oscillating transgression of the Kirmenjak unit in conditions of likewise shallow marine environments, which continued further into the Lower Cretaceous.

### UVOD

Geološka istraživanja za Geološku kartu SFRJ 1 : 50.000 započela su u Istri polovicom osamdesetih godina. Shodno dogovorima nadležnih institucija i tijela na jugoslavenskoj razini ta se »nova« karta temelji na litostratigrafskoj klasifikaciji, nasuprot Osnovnoj geološkoj karti SFRJ

1 : 100.000 koja je rađena prema kronostratigrafskoj, odnosno biostratigrafskoj klasifikaciji. Ovakav osnovni koncept »nove« karte predstavlja značajan kvalitativni skok i kompleksniji pristup geološkim istraživanjima. Međutim, već u pripremnom razdoblju, a kasnije i u početku radova, nametnulo se više problema počevši od terminoloških — neadekvatne upotrebe imena (npr. formacijska karta, formacijska analiza i sl. umjesto litostratigrafska . . .) do onih praktičnih — kod samog geološkog kartiranja. Jedan od važnijih može se, općenito, svesti na pitanje izdvajanja osnovnih jedinica litostratigrafske klasifikacije u terenima izgrađenim od gotovo jednakih i/ili jednakih sedimenata velikih debljina nastalih u velikom vremenom rasponu u manje-više jednakim ili sličnim okolišima. Preneseno na naša područja dilema bi se odnosila na gotovo cijeli karbonatni mezozoik i dio starijeg tercijara krških Dinarida.

Našim smo istraživanjem obuhvatili površinom relativno mali teren zapadne Istre (cca 100 km<sup>2</sup>) izgrađen isključivo od plitkovodnih karbonata. Prikazana litostratigrafska podjela otkrivenih naslaga dogera i malma ostaje, za sada, u lokalnom — istarskom opsegu. Njezina šira primjena neizvodiva je bez regionalne korelacije, a i bez službene promocije od strane jugoslavenske stratigrafske komisije, formiranje koje je nužnost i obveza da bi se izbjegla već pomalo prisutna nomenklaturna i kodifikacijska konfuzija. Zbog toga je za sada u početku radova za »novu« kartu, ne samo u Istri, već i drugdje u krškim Dinaridima nemoguće govoriti o formalnim litostratigrafskim jedinicama unutar mezozojsko-tercijarnog karbonatnog kompleksa. To se prvenstveno odnosi na temeljnu jedinicu litostratigrafske klasifikacije — formaciju.

Polazeći od iznesenih stajališta u ovom radu izdvojene jedinice mogu se smatrati jedino neformalnim jedinicama, a ako bi ih se rangiralo unutar litostratigrafske klasifikacije one bi većinom, vjerojatno, odgovarale članovima.

Istraživanja u Istri počela su od najstarijih otkrivenih naslaga — mlađe jure — u jezgri tzv. zapadnoistarske antiklinale. Već su prvi radovi — snimanja karakterističnih stupova / profila — pokazali mogućnost relativno detaljnog izdvajanja nekoliko samostalnih litostratigrafskih jedinica. Terenska istraživanja, a zatim laboratorijske i kabinetske analize dala su i nove značajne rezultate u biofacijesima, starosti, litofacijesima, okolišima i uvjetima taloženja, strukturama i općenito tektonskim odnosima u području Poreč—Limski kanal—Rovinj. U ovom radu ograničit ćemo se samo na litofacijalne i biofacijalne značajke litostratigrafskih jedinica jure.

Sa zahvalnošću ističemo da su ova istraživanja, kao i troškovi pripreme ovoga članka, financirani od Republičke samoupravne interesne zajednice za znanstveni rad SRH.

#### O DOSADAŠNJIM ISTRAŽIVANJIMA

Prve naznake o postojanju jurskih naslaga u Istri nalazimo u radovima talijanskih geologa iz vremena prije i poslije Prvoga svjetskog rata. Parona (1912, 1925) piše o nalazima diceratida u izdancima malmskih vapnenaca okolice Poreča, a D'Ambrosi (1927, 1931) opisuje jurske

vapnence u Okolici Poreča i Rovinja, a kasnije (1940, 1954) i brečaste vapnence s boksitima kod Vrsara. U šezdesetim godinama Polšak (1965a) najprije opisuje novu vrstu malmskog diceratida, a zatim Polšak (1965b) i Polšak & Šikić (1969, 1973) objavljuju do sada najcjelovitije podatke o juri Istre. Nasuprot talijanskim geolozima, koji jurske naslage pribrajaju isključivo titonu, Polšak (i Šikić) starije otkrivene nivoe malma uvrštava(ju) u kimeridž. Izdvojeni su smeđesivi debelo uslojeni do pločasti *Cladocoropsis* vapnenci — donji kimeridž i pretežno debelo uslojeni svijetli grebenski vapnenci — gornji kimeridž s kolonijama koralja, nakupinama hidrozoa i pahiodontnih školjkaša. Debelo uslojeni stilolitni vapnenci titona s proslojcima (20—50 cm) konglomerata s laporovitim vezivom, glinovitim lapora i pločastog vapnenca transgresivno leže na kimeridžu. Transgresivni kontakt obilježen je brečama i laporovitim glinom, a mjestimice i nalazištima boksita (Rovinj, Funtana i dr.). Završni član jure karakteriziran je alternacijom debelo uslojenih dolomita i vapnenaca titon-berijaske starosti.

Noviji radovi o juri zapadne Istre uglavnom tretiraju specijalističku problematiku. Prevladavaju sedimentološki radovi. Trojanović (1973) i Sinkovec (1974) istražuju jurske boksite okolice Vrsara i Rovinja, a Crnković (1974) u preglednom radu u geologiji Istre daje i osnovne značajke jurskih naslaga, na temelju rezultata istraživanja ranijih autora. Tišljar (1978a, 1978b) opisuje malmske karbonatne sedimente s interpretacijom sredina taloženja. Tišljar et al. (1983) detaljno sedimentološki obrađuju ritmičke i cikličke sekvencije titona, a Tišljar (1986) istražuje i interpretira postanak crnih fragmenata i oblutaka u titonskim vapnencima zapadne Istre. Konačno, Tišljar & Velić (1987) na temelju detaljnih istraživanja nekadašnje »grebenske« vapnence kimeridža opisuju kao »Muča ooidne-biosparrudite plimskog pruda« uz druga dva značajna malmska facijesa: »Lim« peletne vapnence i »Kirmenjak« desikacijske stilolitirizane mikrite.

#### LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE

Unutar jurskih sedimenata zapadne Istre izdvojeno je šest litofacijalnih jedinica koje su, s jedne strane, međusobno vremenski, prostorno i sedimentacijski povezane, a s druge strane, ipak dovoljno i uočljivo različite. Svaka od njih, za sebe, čini jasnu litofacijalnu, biofacijalnu i sedimentacijsku cjelinu nastalu u određenim okolišima, pod prepoznatljivim uvjetima taloženja. To su ove litostratigrafske jedinice: 1. Monsena mikriti, 2. Lim peletni vapnenci, 3. Muča ooidno-bioklastični vapnenci, 4. Rovinj breče i boksiti, 5. Kirmenjak stilolitizirani mikriti i 6. Fantazija dolomiti. Navedene jedinice normalno superpozicijski slijede jedna na drugoj osim Lim i Muča vapnenaca koji se dijelom vertikalno i lateralno izmjenjuju.

#### Monsena mikriti

Monsena mikriti su nastarija otkrivena jedinica istarske jure. Izdvojena je u području turističkog naselja Monsena, između Rovinja i Limskog kanala, gdje je i najbolje istražena, pa je ovaj lokalitet, za sada i tipski

(Tab. I, sl. 1 i 2). Otkrivena je još na dva lokaliteta na sjevernoj obali Limskog kanala kod Mukabe i na rtu Šimija (Sl. 2). Najveća debljina ovoga člana — 62 m izmjerena je u stupu/profilu kod Mukabe.

#### Litofacijes i biofacijes Monsena jedinice

Litološki, Monsena se jedinica sastoji od srednje do debelo slojevitih (30—80 cm), svijetlosmeđastih vapnenaca mudstone/wackestone tipa, mjestimice tanko slojevitog do pločastog raslojavanja (Tab. I, sl. 1 i 2). Sporadično su nađeni i tanji slojevi LLH stromatolita i tanji proslojci onkoidnih floatstonea. U najstarijem dijelu česti su ulošci, leće ili slojevi intraformacijskih breča (Tab. I, sl. 2), u središnjem prevladavaju debelo uslojeni mudstonei, a u završnom uz njih mjestimice je zapažena ritmička sedimentacija: mudstone — wackestone — onkoidni (cijanoidni) floatstone.

Mudstone i wackestone vapnenci Monsena jedinice odlikuju se visokim udjelom gustog karbonatnog mulja — mikrita sastavljenog od karbonatnih čestica promjera do 10 mikrometara u kojem se nalaze varijabilne količine sitnog fosilnog trunja, krhotina ili cijelih ljušturica ostrakoda, mikritiziranih kućica bentičkih foraminifera (Tab. II, sl. 1), a u pojedinim slojevima i sitnih peleta i ponekog fragmenta skeleta bodljikaša. Peleti su kuglasti, često međusobno slijepljeni i zbijeni u gustu masu. Onkoidni, odnosno cijanoidni floatstone i wackestone, koji se uglavnom pojavljuju u gornjem, završnom dijelu debljeg sloja mudstonea/wackestonea ili kao završni član već spomenute ritmičke sedimentacije, u gustoj mikritnoj ili biomikritnoj osnovnoj masi (karbonatni mulj + sitni fosilni detritus) sadrže srazmjerno krupne (1—3 mm), grudaste onkoide cijanoidnog tipa, rjeđe mikritizirane ljušturice školjkaša, bodljikaša, a sporadično i krupnije obavijene bioklaste hidrozoa. LLH-stromatoliti, intraformacijske i emerzijske ili desikacijske breče, koje nalazimo samo u najstarijem dijelu Monsena jedinice pripadaju ritmičkoj sedimentaciji: mudstone — fenestralni mudstone — LLH-stromatolit ili mudstone — fenestralni mudstone/wackestone — peritidalna breča s fragmentima stromatolita. Umjesto stromatolitne peritidalne breče ritmička sedimentacija može završiti desikacijskom ili tanjom emerzijskom brečom (Tab. I, sl. 2). Stromatolitni sloj je u pravilu tanak i sastavljen od izmjenene 2—6 cm debelih proslojaka pelmikritne ili pelsparitne, mikritne ili biomikritne strukture i tankih kriptalgarnih, često raskinutih ili desikacijama isprekidanih stromatolitnih lamina kao posljedice izmjeničnog vlaženja i isušivanja u intertidalnoj zoni. Stromatolitni sloj, kao i mudstone/wackestone u njegovoj neposrednoj podini, obično ima mnoštvo izduženih i nepravilnih fenestri i kalupnih šupljina.

Biofacijalne značajke Monsena jedinice vrlo su bliske vremenski odgovarajućim naslagama u drugim područjima krških Dinarida. Može se govoriti isključivo o mikrobiofacijesu u kojemu dominiraju foraminifere uz sporadično kršje alga (taumatoporele), sitnih školjkaša, bodljikaša i ljušturica ostrakoda. U prvih desetak metara stupa registrirane su gotovo sve najznačajnije foraminiferske vrste: *Pfenderina salernitana* Sartoni & Crescenti, *P. trochoidea* Smout & Sugden, *Pfenderella arabica* Redmond, *Satorina apuliensis* Foucade & Chrowicz, »*Conicopfenderina*« (= »*Lituonella*«) *mesojurassica* (Maync),

*Praekurnubia crusei* Redmond i *Valvulina lugeoni* Septfontaine (Tab. II, Tab. III), a osim ovih i poneki presjek *Saccocoma* sp. te nešto učestalija *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri).

Za središnji dio stupa karakteristično je fosilno osiromašenje. Nađe se poneka *Pfenderina*, *Praekurnubia* i *Valvulina*. U završnim slojevima Monsena jedinice uz *P. salernitana*, *P. crusei* i *V. lugeoni* utvrđeni su *Kurnubia palestiniensis* Henson i *Cladocropsis mirabilis* Felix (Tab. III, sl. 2). Ovakva zajednica nagovještava postupni biofacijalni prijelaz u fosilnu zajednicu slijedeće litostratigrafske jedinice — Lim peletnih vapnenaca.

Navedeni mikrofosili kao jedinstvena zajednica definiraju gornjodogersku starost Monsena mudstonea/wackestonea s mogućnošću pripadnosti njegovog vršnog dijela i donjem malmu. To bi kronostratigrafski odgovaralo rasponu gornji bat — donji oksford, a biostratigrafski zoni sa *Satorina apuliensis* i *Pfenderina salernitana* (Sartoni & Crescenti, 1962).

#### Okoliši i uvjeti taloženja Monsena jedinice

Monsena mudstone/wackestone i s njima udruženi onkoidni floatstonei taloženi su u plitkom potplimskom okolišu lagune i/ili zaštićenog plićaka s niskom energijom vode i dominantnom akumulacijom karbonatnog mulja u koji je povremeno bilo naplavlivano sitno kršje bodljikaša, školjkaša i hidrozoo iz udaljenijih plićaka s pokretljivom vodom. Tu su i oblici prilagođeni na život u takvom okolišu kao bentičke foraminifere, ostrakodi i cijanoficeje u obliku cijanoida ili onkoida tipa algalnih lopti, a rjeđe i zelene alge.

U najstarijem dijelu Monsena jedinice ritmično vertikalno redanje mudstone — fenestralni mudstone — LLH stromatolit, odnosno stromatolitne i/ili desikacijsko-emerzijske breče, ukazuje na povremene oscilacije uvjeta i okoliša taloženja na relaciji plitki potplimski—donji plimski—gornji plimski pojas — kratkotrajno izronjavanje. Ove promjene ne bi trebalo tumačiti samo kao oscilacije morske razine već i posljedicom spuštanja i vertikalnog pulsiranja pojedinih dijelova karbonatne platforme, o čemu svjedoče do 1 m veliki stepeničasti skokovi u slojevima ispod emerzijskih breča te kontinuirano taloženje slojeva bez takvih skokova u krovini tih breča (sinsedimentacijska tektonika).

U najmlađem dijelu Monsena vapnenaca evidentan je postupni utjecaj biodetritusa (kršje bodljikaša, školjkaša, hidrozoo) naplavljen iz udaljenijih plićaka s pokretljivom vodom zbog razaranja manjih krpastih grebena (»patch-reefs«).

#### Lim peletni vapnenci

Lim peletni vapnenci dobili su ime prema Limskom kanalu gdje su ovi sedimenti najbolje otkriveni i proučeni. Kontinuirano slijede na Monsena vapnencima. Nalazimo ih južno i jugoistočno od Poreča prema Vrsaru, odnosno Valkarinu, Gradini, Kloštru, na obje obale Limskog kanala, a na rovinjskoj strani između poluotoka Križ i Muča (Sl. 2). Debljina ove jedinice zavisi o međusobnim odnosima i učestalosti pojavljivanja Muča ooidno-bioklastičnih vapnenaca, jer se radi o sedimentima koji se i verti-

kalno i lateralno izmjenjuju. Vrijednosti variraju od 35 do 50-ak metara, a odnose sa samo na »čiste« Lim vapnenca, tamo gdje nema uložaka Muča grainstonea/rudstonea.

### Litofacijes i biofacijes Lim jedinice

Najvažnija i u terenu najuočljivija litološka značajka Lim vapnenaca su debelo slojeviti (0,3—0,8 m), nejasno slojeviti ili masivni, svijetli do blijedožučkasti, žučkastosivi, sitnozrnasti, »mekani«, porozni vapnenci jednolične strukture, pakiranja i izgleda (Tab. IV, sl. 1). Uglavnom su to peloidni packstonei, rjeđe peloidni grainstonei ili wackestonei u kojima prevladavaju sferoidni peloidi (promjera 0,15—0,25 mm) i mikritni matriks, a rjeđe mikrokristalasti mozaični kalcitni cement u međuprostorima peloida (Tab. IV, sl. 2 i 3). Osim peloida oni sadrže ljušturice i fragmente fosila — bentičke foraminifere, hidrozoje, rjeđe skelete zelenih alga, sitne gastropode, krhotine bodljikaša, te dobro zaobljene intraklaste i/ili algalne onkoide (cijanoidne nodule, mikritne onkoide). Fragmenti hidroza i gastropoda su u pravilu obavijeni tankom onkoidnom ovojnicom ili su intenzivno centripetalno mikritizirani (Tab. V, sl. 1). Oko sitnih, zaobljenih fragmenata bodljikaša izlučen je srazmjerno debeli obrub sintaksijalnog kalcitnog cementa. Intergranularne pore peloida i fosila nisu uvijek potpuno ispunjene mozaičnim druznim kalcitnim cementom (kod grainstone tipa) ili mikritnim matriksom (kod packstone tipa), što ovim vapnencima daje visok intergranularni porozitet i malu čvrstoću (Tab. IV, sl. 2).

U opisu litofacijesa Lim peloidnih packstonea spomenute su i glavne mlađem dijelu naslaga, mjestimice nalazimo slojeve skeletnih grainstonea, floatstonea i rudstonea koji se sastoje od 1—35 mm velikih transportiranih obavijenih bioklasta (»cortoids« — Flügel, 1982) i biointrasparritne ili mikritne mase (Tab. V, sl. 1). Ta masa se sastoji od bentičkih foraminifera, peloida i dobro zaobljenih sitnih interklasta promjera 0,2—0,8 mm, a s podređenim udjelom i zaobljenih krhotina bodljikaša, skeleta mikrogastropoda, mikrita i mikrokristalnog mozaičnog druznog kalcitnog cementa (Tab. V, sl. 2, 3 i 4).

U opisu litofacijesa Lim peloidnih packstonea spomenute su i glavne skeletne čestice. Rijetki kolonijski koralji, koje mjestimice nalazimo i u primarnom položaju rasta, usitnjeno kršje malih hidroza, školjkaša i pužića sav su makrofosilni svijet Lim vapnenaca. S paleontološko-biostratigrafskog stajališta mikrofosili su i ovdje primarni. Uz najčešći oblik *Cladocoropsis mirabilis* određene su provodne vrste alga *Salpingoporella sellii* (Crescenti) i *Griphoporella minima* Nikler & Sokač, (Tab. IV, sl. 3; Tab. V, sl. 4), a od stratigrafski gotovo beznačajnih alga *Bacinella irregularis* Radoičić i *Thaumatoporella parvovesiculifera*. Foraminifere su i vrstama i primjercima mnogobrojnije (Tab. V, sl. 2 i 3): *Kurnubia palastiniensis*, *Praekurnubia crusei*, *Pfenderina salernitana*, *Pfenderella arabica*, *Valvulina lugeoni*, *Chablaisia chablaisensis* (Septfontaine), *Nautiloculina oolithica* Mohler, *Conicospirillina basilensis* Mohler, *Protopenieroplis striata* Weynschenk, *Trocholina alpina* (Leupold), *T. elongata* (Leupold) i *Pseudocyclammira lituus* (Yokoyama).

Citirane zajednice karakteristične su za donji malm krških Dinarida, što bi kronostratigrafski odgovaralo oksfordu i donjem kimeridžu. Biostratigrafski, Lim vapnenci pripadali bi zoni sa *Salpingoporella sellii* (Sartoni & Crescenti, 1962).

#### Okoliši i uvjeti taloženja Lim jedinice

Karbonatni sedimenti uvršteni u Lim jedinicu taloženi su u plitkom potplimskom okolišu većeg zaljeva i/ili u otvorenoj laguni karbonatne platforme. Tu se u mirnoj, plitkoj vodi talože velike količine peleta/peloida sa ili bez karbonatnog mulja. Obavijeni bioklasti hidrozoo («cortoidi») i sitno kršje bodljikaša ukazuju na djelovanje valova i struja kojima je taj detritus bio razaran i prenošen u lagunarni okoliš iz plićaka s pokretljivom vodom i s manjih, vjerojatno potpuno razgrađenih i razorenih krpastih grebena (koji fosilno ušćuvani u zapadnoj Istri još nisu nađeni). Ovakvi uvjeti posebno su karakteristični pri taloženju Lim peletnih vapnenaca u graničnim zonama bočnog prijelaza u drugi donjomalmski facijes — Muča ooidno-bioklastične vapnenice.

#### Muča ooidno-bioklastični vapnenci

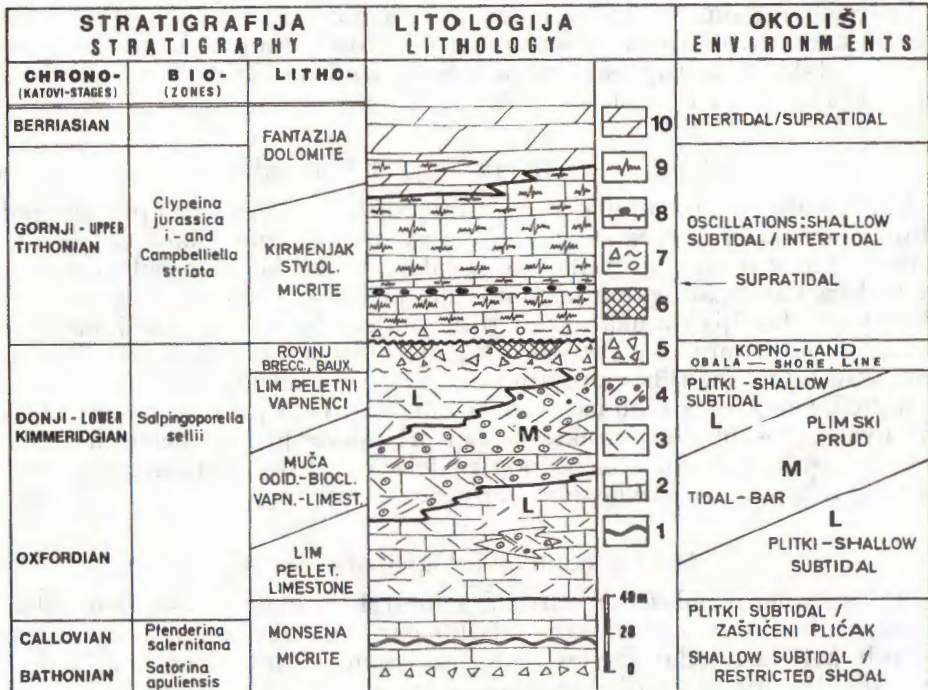
Ovi sedimenti nalaze se, ustvari, unutar Lim jedinice (sl. 1) u obliku prostranih kilometarskih leća debelih par desetaka metara. U zonama bočnih prijelaza jedan facijes prstoliko isklinjava u drugome, što u terenu ostavlja dojam vertikalne izmjene lećastih slojeva.

Najljepši izdanci vapnenaca Muča jedinice otkriveni su na obali istoimenog poluotoka kod bolnice u Rovinju, gdje su i najbolje proučeni (Tišljar & Velić, 1987) pa je poluotok Muča označen i tipskim lokalitetom (Sl. 3). Jednako su sadržajni i izdanci na otočiću Koversada (južno od Vrsara) i nešto istočnije prema aerodromu Vrsar na obali Limskog kanala. Spomenuti lokaliteti pripadaju dvjema velikim lećama Muča vapnenca koje se pružaju od ušća Limskog kanala — jedna JI prema Rovinju, a druga SI prema Dračevcu. Manje su leće izdvojene sjeverno od Funtane, zapadno od Kloštra i zapadno od Valkarina (Sl. 2).

Debljinu Muča jedinice zbog opisanog načina pojavljivanja u terenu teško je sa sigurnošću odrediti. U snimljenom stupu na tipičnom lokalitetu izmjereno je 47 m, a u kampu Koversada 22,5 m s tim da je dio nepoznate debljine pod morem.

#### Litofacijes i biofacijes Muča jedinice

Muča jedinica se od ostalih malmskih jedinica razlikuje po velikom udjelu fosilnog detritusa i ooida te po vertikalnoj ritmičkoj izmjeni tri superponirajuća tipa vapnenca: A — pelodni i skeletni wackestone, B — ooidni grainstone i C — ooidni i bioklastični (kortoidni) grainstone/rudstone (Tab. VI, Sl. 3). Debljina sloja A je općenito znatno manja od slojeva B i C, koji izgrađuju 0,6 do 2,5 m debele slojeve s više-manje jasno izraženom kosom slojevitošću (Tab. VI, sl. 2), a mjestimice i krupnim (decimetarskim) valnim brazdama. Kut nagiba kosih lamina varira od 10° do 23° u smjeru jugoistoka (130°—150°). Mnogo rjeđe nalaze se slojevi s dva seta lamina: donji deblji set s kutom nagiba od 23° i gornji set s ku-



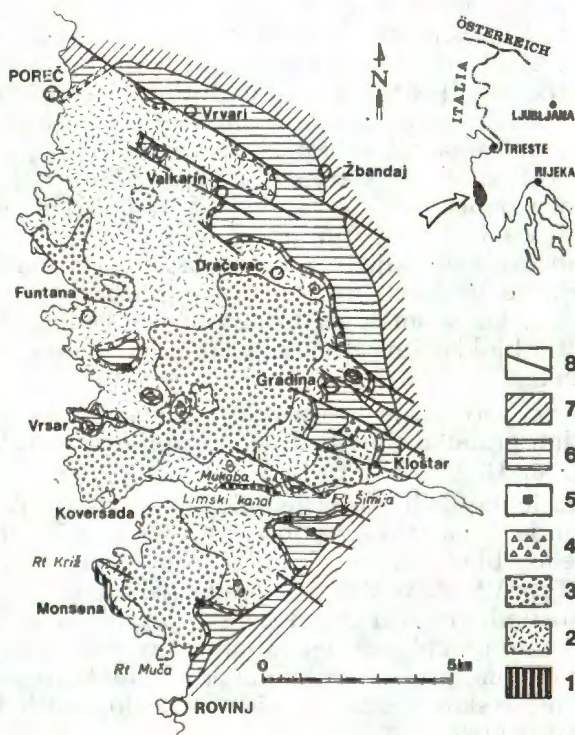
Sl. 1. Litostratigrafske jedinice dogera i malma zapadne Istre: stratigrafija, litologija, okoliši; 1 = stromatolit, 2 = mudstone, 3 = peloidni packstone/wackestone, 4 = ooidni grainstone/rudstone s kosom slojevitom, 5 = regresivne breče, 6 = boksit, 7 = breče/konglomerati/lapori/gline, 8 = crne valutice, 9 = stilolitni mudstone, 10 = kasnodijagenetski/ranodijagenetski dolomit.

Fig. 1. Lithostratigraphic units of the Dogger and Malm in western Istria: stratigraphy, lithology, environments; 1 = stromatolite, 2 = mudstone, 3 = peloidal packstone/wackestone, 4 = ooid grainstone/rudstone with cross-bedding, 5 = regressive breccia, 6 = bauxite, 7 = breccia/conglomerate/marl/clay, 8 = black pebbles, 9 = stylolitic mudstone, 10 = late diagenetic and early diagenetic dolomite.

tom nagiba od  $13^\circ$ , ali u suprotnom smjeru, na sjeverozapad (cca  $300^\circ$ ). Gornji set kosih lamina nastao je pretaložavanjem nevezanog karbonatnog detritusa pri djelovanju povratnih struja i/ili valova na pješčanom plimskom prudu (Tišljarić & Velić, 1987). Kosa slojevitost nalazi se samo u slojevima B i C ritmičke sedimentacije (Sl. 3).

Sloj A — peloidni i skeletni wackestone se sastoji od karbonatnog mulja — mikrita s varijabilnim udjelom peloida, mikritiziranih bentičkih foraminifera, skeleta zelenih alga, sitnozrnastog fosilnog kršja, rjeđe i algalnih onkoida (cijanoidne nodule) te fragmenata kladokoropsisa i drugih stromatoporoida, a mjestimice i koraljnih busena (Tab. VI, sl. 1). Foraminifere, zelene alge i onkoidi predstavljaju ovdje ekološki adaptirane forme, a kršje hidrozoo su abradirani i obavijeni bioklasti, odnosno naplavljani kortoidi. U tim wackestoneima česta je ali vrlo slaba i neravnomjerna kasnodijagenetska dolomitizacija.





Sl. 2. Geološka skica površinskog rasporeda litostratigrafskih jedinica dogera i malma zapadne Istre. 1 = Monsena mikriti (bat — najdonji oksford), 2 = Lim peletni vapnenci (oksford — donji kimeridž), 3 = Muča ooidno-bioklastični vapnenci (oksford — donji kimeridž), 4 = Rovinj breče (vršni donji kimeridž), 5 = boksit (gornji kimeridž — donji titon), 6 = Kirmenjak stilolitizirani mikriti (gornji titon), 7 = Fantazija dolomiti (gornji titon — berijas), 8 = važniji rasjedi.

Fig. 2. Schematic geological map of the Doger and Malm lithostratigraphic units in western Istria. 1 = Monsena Micrites (Bathonian — basal Oxfordian), 2 = Lim Pelletal Limestones (Oxfordian — Lower Kimmeridgian), 3 = Muča Ooid-Bioclastic Limestones (Oxfordian — Lower Kimmeridgian), 4 = Rovinj Breccia (uppermost Lower Kimmeridgian), 5 = Bauxite (Upper Kimmeridgian — Lower Tithonian), 6 = Kirmenjak Styolitic Micrites (Upper Tithonian), 7 = Fantazija Dolomites (Upper Tithonian — Berriasian), 8 = Faults.

Sloj B — ooidni grainstone pretežno se sastoji od vrlo dobro sortiranih (0,2—0,4 mm) ooida s tangencijalnom građom ovoja (Tab. VII, sl. 1.). Mnogo je manja prisutnost dobro sortiranih intraklasta, bentičkih foraminifera i sitnih fragmenata molusaka. Ooidi se sastoje od jezgre (obično bentička foraminifera, peloid ili intraklast) i 2—5. ovojnica tangencijalne građe (Tab. VII, sl. 1). Intergranulane pore su cementirane vlaknastim i granularnim ili druznim kalcitnim cementom. Na mnogo mjesta ooidni grainstonei su cementirani samo djelomice, pa je intergranularni porozitet ovdje vrlo visok.

Sloj C — ooidni i bioklastični grainstone/rudstone sastoji se od ooidnog grainstonea kao osnovne mase i varijabilnog udjela krupnih (2—55 mm) obavijenih bioklasta kladokoropsisa i drugih hidrozoa, koralja, pahiodontnih školjkaša i ljušturica bentičkih foraminifera (Tab. VI, sl. 3). Većina krupnih bioklasta obavijena je mikritnim ovojnica i/ili biogenim algalnim ovojnica, tako da pripada kortoidima ili obavijenim bioklastima (Tab. VII, sl. 2). Ti krupni kortoidi ili bioklasti su abradirane i u ove vapnenice naplavljene komponente. U gornjem dijelu sloja C, a šire i cijele Muča jedinice, unutar debelo slojevitih ili masivnih rudstonea nalazimo uvaljane pojedinačne kuglaste ili elipsoidalne koraljne busene promjera od 10 do 60 cm i grudaste hidroze do 20-ak cm u promjeru. Oni tu nisu na svom staništu u primarnoj poziciji rasta, već su zajedno s ostalim bioklastima donešeni jakim strujama, vrlo vjerojatno olujnim valovima.

Intergranularne pore grainstonea/rudstonea samo su djelomice ispunjene vlaknastim, granularnim ili druznim mozaičnim kalcitnim cementom (Tab. VII, sl. 1).

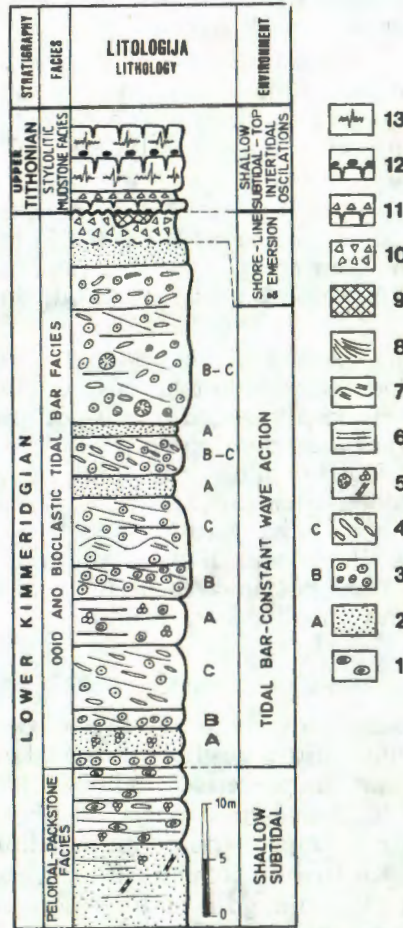
Muča jedinica je najfosilifernija jedinica u juri Istre. To je i posve logično s obzirom da je nastala u okolišu gdje je akumulirana najveća količina naplavljenog biodetritusa. Fosili su mjestimice dominantni sastojak vapnenca (Tab. VI, sl. 3). Čak se i gradacijski može pratiti sudjelovanje pojedinih fosilnih grupa u slojevima od mikroforaminifera promjera kućica do cca 1 mm uklopljenih (»uvaljanih«) u ooidnu masu jednake ili približne veličine zrna, preko centimetarskih kladokoropsisa i kršja molusaka do decimetarskih grudastih hidrozoa i loptastih koralja u bioklastičnim rudstoneima.

Makrofosili našim istraživanjima nisu obuhvaćeni, taj rad tek predstoji. Raspoložemo podacima iz radova Polšaka (1965b) i Polšaka & Šikića (1973) prema kojima su utvrđeni hidrozoon *Actinostroma istriana* Milan, koralji *Isastraea thurmanni* Etallon i *I. variabilis* Etallon i *I. variabilis* Etallon, te pahiodontni školjkaš *Megadicerias salopeki* Polšak. Ovakva zajednica organizama, kojima su grebeni/prigrebeni domicilno stanište, uz mjestimice masovno — litogenetski — prisutan *Cladocoropsis* navela je spomenute autore da su ove vapnenice označili tvorevinama »izrazito grebenskih obilježja«.

Mikrofosilna zajednica prema određenim vrstama posve je jednaka onoj iz Lim vapnenaca, samo što se pojedini oblici pojavljuju u izrazito velikoj množini. To se prvenstveno odnosi na foraminiferske rodove *Chablaisia* i *Trocholina* i hidrozoon *Cladocoropsis* (Tab. VI, sl. 3 i 4). Tako i interpretacija starosti, bilo prema kronostratigrafiji ili biostratigrafiji ostaje istom, odnosno zajedničkom i za Lim i za Muču jedinicu, što znači da je ova zadnja također donjomalmske starosti — oksford-donji kimeridž, ili unutar zone *Salpingoporella sellii* (Sartoni & Crescenti, 1962).

#### Okoliši i uvjeti taloženja Muča jedinice

Plitkovodni vapnenici izdvojeni u Muču jedinicu tipični su sedimenti pješčanog plimskog pruda (= »tidal bar«), tj. sedimenti šestog Wilsonovog (1975) standardnog facijalnog pojasa. Nastali su prenošenjem



Sl. 3. Litofacijalni stup Muča jedinice snimljen na tipskom lokalitetu — poluotoku Muča u Rovinju (iz: Tišljar & Velić, 1987). 1 = onkoidni floatstone, 2 = peloidni packstone/wackestone (A slojevi), 3 = ooidni grainstone (B slojevi), 4 = ooidno-kortoidni grainstone/rudstone (C slojevi), 5 = naplavljene hidrozoi, koralji, foraminifere i alge, 6 = horizontalna slojevitost, 7 = valovita slojevitost, 8 = kosa slojevitost, 9 = boksit, 10 = regresivna breča, 11 = desikacijska breča/konglomerat, 12 = crne valutice, 13 = stilolitizirani mikrit.

Fig. 3. Lithofacies column of the Muča unit measured in type locality — Muča peninsula in Rovinj (from: Tišljar & Velić, 1987). 1 = oncoloidal floatstone, 2 = peloidal packstone/wackestone (A beds), 3 = ooid grainstone (B beds), 4 = ooid-cortoid grainstone/rudstone (C beds), 5 = flooded corals, hydrozoans, foraminifera and algae, 6 = horizontal bedding, 7 = wave ripples, 8 = cross-bedding, 9 = bauxite, 10 = regressive breccia, 11 = desiccation breccia/conglomerate, 12 = black pebbles, 13 = stylolitic micrite (mudstone).

oidnog pijeska i fosilnog detritusa plimskim strujama i valovima, a potom i njegovim taloženjem na plimskom pješčanom prudu.

Teksture i strukture, a posebice kosa slojevitost, valne brazde velikih dimenzija, kao i ritmička sedimentacija: A-peloidni wackestone, B-koso-slojeviti ooidni grainstone i C-ooidni i bioklastični grainstone/rudstone, te abradiranje i obavijanje hidrozoo i koralja jasno ukazuju na spomenuti mehanizam transporta i taloženja.

Obratna gradacija — povećanje veličine zrna odozdo prema gore unutar ritmičke sedimentacije slojeva A, B i C (sl. 3) ukazuje na periodičnu izmjenu razdoblja s niskom energijom (A) i razdoblja sa stalnim porastom energije vode (od A, preko B do C) što se odražava i porastom udjela bioderitusa i veličine doplavljenih čestica.

Peloidni wackestonei (slojevi A) taloženi su u vrlo plitkom potplimskom okolišu u vrijeme niskoenergetske faze; ooidni grainstonei (slojevi B) s kosom slojevitošću na plimskom prudu pod prevladavajućim djelovanjem plimskih struja (»tide dominated conditions«), a hidrozoijski, koraljni i drugi bioklastični kortoidni rudstonei (slojevi C) u visokoenergetskim uvjetima stalnog djelovanja valova (»constant wave action«), vjerojatno uzrokovanih olujama. Krupni bioderitus (»kortoidi«) potječe od razaranja organogenih grebena ili krpastih grebena, koji su bili u visokoenergetskim uvjetima potpuno razoreni, a bioderitus je valovima bio valjan i akumuliran na plimskom prudu.

#### Rovinj breče i boksiti

U ovu jedinicu uvrštene su vapnenačke breče i boksiti. Breče se u kontinuiranom pojasu pojavljuju redovito u krovinskom dijelu Lim ili Muča jedinice pa time čine i neposrednu podinu slijedećoj malmskoj jedinici — Kirmenjak stilolitiziranim vapnencima. Premda se mogu pratiti uzduž cijelog kontaktnog pojasa spomenutih jedinica od Poreča, preko Valkarina, Gradine i Kloštra do Rovinja (Sl. 2), najljepši izdanci breča nalaze se kod Vrsara i Rovinja, gdje su po tipičnom lokalitetu i nazvane Rovinj breče. Osim toga pojasa registrirane su još kod Funtane, istočno od Vrsara, jugoistočno od Poreča i zapadno od Kloštra (Sl. 2). Boksiti se u većim količinama pojavljuju sjeverno od Rovinja i jugoistočno od Funtane, gdje je zapaženo da su istaloženi u paleoreliefnim udubljenjima u Rovinj brečama. Pojave boksita zapažene su i na južnim padinama Limskog kanala te u okolici Gradine.

Debljina breča je varijabilna: od dvadesetak cm do oko 5 m, iznimno i do 8 m, pa često imaju oblik nepravilnih leća.

#### Litofacijes i biofacijes Rovinj breča

Rovinj breče su sastavljene od pretežno 10 do 80-ak mm velikih, slabo zaobljenih ili posve uglastih fragmenata vapnenaca najčešće Lim, rjeđe i Muča jedinice (Tab. VIII, sl. 1). Granica s tim podinskim vapnencima često je neravna ili nepravilna ili je čak potpuno nejasna, poput postupnog prijelaza idući od vapnenca preko brečastog vapnenca u breču. Vezi-vo breča je mikrokristalasti kalcit, mjestimice pigmentiran Fe-mineralima.

Autohtonih fosila u brečama nema, pa se o biofacijesu može govoriti samo na temelju fosilnog sadržaja fragmenata. Kako oni potječu od Lim, mjestimice i Muča vapnenaca, tako se nađu i fosili opisani u tim jedinicama.

### Okoliš i uvjeti taloženja Rovinj breča

Facijalna analiza Rovinj breča ukazuje da one pretežnim dijelom pripadaju priobalnim talozima, a mjestimice i subaerskim emerzijskim brečama. Priobalne breče su po našem shvaćanju nastale u regresivnom ciklusu, dakle pri povlačenju, a ne nadiranju mora pa je njihov završetak ujedno i kraj regresivnog ciklusa koji se jasno manifestira facijalnim karakteristikama i uvjetima taloženja već od Monsena preko Lim i Muča jedinice.

Promatrajući starije jurske članove u Istri kroz promjene okoliša i uvjeta taloženja iskazuje se tendencija postupnog oplicavanja od lagune preko plitkog potplimskog i plimskog okoliša do plimskih pješčanih prudova i izronjavanja, a kulminira upravo stvaranjem ovih breča i završava okopnjavanjem. Mjestimice neizražena granica Lim/Muča vapnenaca podigne s brečama, uglavnom postupni i nikada oštri prijelazi tih vapnenaca u breče, diskordantan položaj boksita na brečama i transgresija Kirmenjak stilolitnih mudstonea, koja započinje transgresivnim brečama/konglomeratima s laporovitim vezivom, ukazuju da je kontaktna zona Rovinj breča s jedne i Kirmenjak vapnenaca s druge strane ujedno i granica starijeg regresivnog i mlađeg transgresivnog ciklusa. U budućim istraživanjima ovo će vjerojatno biti i granica dviju karbonatnih formacija. Rovinj breča nikada nema na boksitima što bi bila normalna pojava da su one nastale pri transgresiji.

Zanimljivo je spomenuti da opisane breče nisu privlačile osobitu pozornost ranijih istraživača. Samo D' Ambrosi (1940) navodi brečaste vapnence Vrsara, dok Polšak & Šikić (1973) brečaste vapnence okolice Vrsara uvrštavaju u donji dio titonskih naslaga. Međutim, sadašnja interpretacija breča kao regresivnog sedimenta zaslužuje osobitu pozornost i detaljniju analizu, prvenstveno stoga što u krškim Dinaridima nismo često u prigodi susresti se s regresivnim tvorevinama u karbonatima; obično su one »izbrisane« erozijom u neposrednoj nastupajućoj kopnenoj fazi. S druge strane, usčuvanost ovih razmjerno tankih naslaga ukazuje na relativno slabu eroziju i malu debljinu kemijskog otapanja što ozbiljno dovodi u sumnju stajališta o postanku boksita otapanjem velikih masa karbonatnih stijena u kopnenim fazama o čemu će detaljnije biti govora u posebnom radu. Uglavnom, paleogeološki događaji između taloženja Lim i Muča vapnenaca s jedne i Kirmenjak stilolitnih vapnenaca s druge strane mogu se na temelju facijalnih analiza rekonstruirati ovim slijedom: (1) regresivne tendencije u vršnom dijelu Lim/Muča jedinice i stvaranje Rovinj regresivnih breča; (2) okopnjavanje i taloženje boksita; (3) oscilirajuća transgresija sedimenta Kirmenjak jedinice (preko Rovinj breča i boksita).

### Kirmenjak stilolitizirani mikriti

Kirmenjak stilolitizirani mikriti nazvani su po već stoljećima poznatom arhitektonsko-građevinskom kamenu koji se i danas vadi u nekoliko

kamenoloma u okolici sela Kirmenjak, a ranije je bio poznat pod imenom »Orsera« (Vrsar). Ovom članu odgovaraju, uz manje izmjene, »vapnenci s tintinidima« (= *Campbelliella striata*) prema Polšaku (1965), odnosno »titon« prema Polšaku & Šikiću (1973).

Vapnenci Kirmenjak jedinice protežu se u manje-više kontinuiranom pojasu od Poreča preko Vrsara, Žbandaja, Valkarina, Gradine i Kloštra do Rovinja s izuzetkom obala Limskog kanala gdje su tektonski prekinuti (Sl. 2). Izolirane pojave utvrđene su još između Valkarina i Poreča, kod Funtane, u Vrsaru i okolici te između Mukabe i rta Šimija (Sl. 2).

Debljina Kirmenjak mikrita nije ujednačena zbog nejednolikog prostornog zahvata višeg dijela ovih naslaga kasnodijagenetskom dolomitizacijom (Sl. 1). Najveća debljina čistih vapnenaca koje tretiramo kao Kirmenjak jedinicu izmjerena je u kamenolomu Kirmenjak i iznosi 85 m. U okolici Poreča dolomitizacija je zahvatila cijeli gornji, manje i srednji, dio vapnenaca pa je tu debljina čistih vapnenaca manja od 30 m. Između Limskog kanala i Rovinja izmjerene su ove debljine: Stara kava u Limu — 50 m, kamenolom Mondolako oko 63 m i Zlatni rat (južno od Rovinja) 32 m.

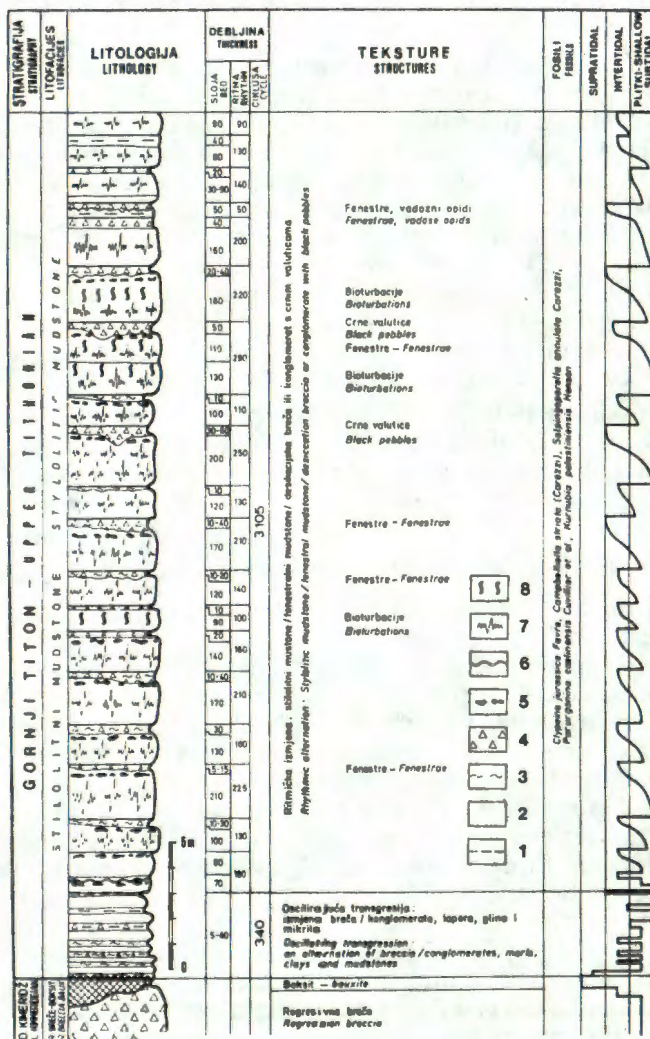
#### Litofacijes i biofacijes Kirmenjak jedinice

Izrazite i u terenu jasno uočljive litološke značajke Kirmenjak vapnenaca su ritmička sedimentacija, mnogobrojni, gusti horizontalni i mrežni stiloliti i očigledna prevlast porculanastih debeloslojevitih mudstonea nad fenestralnim mudstoneima (Sl. 4).

Kirmenjak jedinica iznad boksita započinje izmjenom tankih (5—20 cm) slojeva mudstonea, glinovitih lapora/glina i breča/konglomerata s laporovitim matriksom. Leži na Rovinj brečama ili boksitu, na kojemu se još može pojaviti tanki sloj močvarnog taloga, nastalog prije početka transgresije (Tišljarić et al., 1983). Slijedi glavna masa donjeg dijela Kirmenjak jedinice koja se odlikuje ritmičkim taloženjem (odozdo prema gore) 40—120 cm debelog sloja gustog porculanastog mudstonea, mjestimice s bioturbacijama ili peletnog mudstonea, zatim tanjeg sloja (5—30 cm) mudstonea s fenestralnom građom (Tab. IX, sl. 2), ili rjeđe fenestralnog peletnog wackestonea. Ritam završava ulošcima, lećama ili tanjim proslojcima breča i/ili konglomerata s crnim valuticama, tj. tzv. »black pebble« brečama (Tab. VIII, sl. 2).

Za gornji dio ove jedinice također je karakteristična ritmička sedimentacija, ali nešto drukčija. Nema više »black-pebble« breča/konglomerata. Ovdje su značajni tzv. »desikacijski ciklusi« (Tišljarić et al., 1983). Pojedini ciklus sastoji se od: (A) mudstonea, rjeđe mudstonea s mrvičastom strukturom; (B) mudstonea s desikacijskim pukotinama, erozijskom površinom ili tankom desikacijskom brečom; (C) onkoidnog fenestralnog grainstonea/rudstonea i (D) desikacijskih i/ili vadoznih tvorevina u fenestralnom vapnencu.

Osim ritmičke sedimentacije bitna teksturna značajka Kirmenjak vapnenaca su mnogobrojni gusti horizontalni, rjeđe i mrežni stiloliti, suturiranog i seizmogram tipa (Tab. IX, sl. 1). Po postanku to su kasnodijagenetske tvorevine nastale procesima otapanja pod pritiskom i cirkulacijom vode u već potpuno litificiranim vapnencima. Na temelju veličina



Sl. 4. Detaljni stup nižeg dijela Kirmenjak jedinice snimljen na profilu Boksitna jama — kamenolom Mondolaco, sjeverozapadno od Rovinja. 1 = lapor, 2 = mudstone, 3 = glina, 4 = desikacijska ili »black pebble«-breča, 5 = fenestre, 6 = stromatolit, 7 = stilolitni mudstone, 8 = bioturbacije.

Fig. 4. Detailed column of the lower part of the Kirmenjak unit measured from bauxite mine to the Mondolaco quarry NW of Rovinj. 1 = marl, 2 = mudstone, 3 = clay, 4 = desiccation or black pebble breccia, 5 = fenestrae, 6 = stromatolite, 7 = stylolitic mudstone, 8 = bioturbations.

amplituda stilolitnih šavova Tišlj ar (1976) je izračunao da je procesima stilolitizacije primarna debljina vapnenaca reducirana od 20% do 30%.

Biofacijes Kirmenjak jedinice pokazuje stanovito osiromašenje u odnosu na starije jurske jedinice u Istri. Specifični uvjeti taloženja u izrazito plitkim okolišima (plitki potplimski, plimski i natplimski pojas) s čestim izronjavanjima u vadoznu zonu ili s desikacijama odrazili su se u slaboj zastupanosti fosila. Makrofosili nisu zapaženi, a mikrofosilna zajednica svodi se više na pojedinačne nego skupne nalaze vapnenačkih alga, bentičkih foraminifera, sitnih ostrakoda i favreina. Alge su množinom i vrstama češće, foraminifere vrlo rijetke, ostrakodi neodredivi. Određene su alge: *Clypeina jurassica* Favre, *Salpingoporella annulata* Carozzi, *S. grudii* (Radoičić) i *Campbelliella striata* (Carozzi), od foraminifera samo *Kurnubia palastiniensis* i *Parurgonina caelinensis* Cuvillier et al. (Tab. IX, sl. 3 i 4; Tab. X, sl. 1—3).

Citirana zajednica definira gornjomalmsku, uže gledano gornjotiton-sku starost. Biostratigrafski, vapnenci Kirmenjak jedinice pripadaju najmlađoj malmskoj zoni *Clypeina jurassica* i *Campbelliella striata* (Velić, 1977).

#### Okoliši i uvjeti taloženja Kirmenjak jedinice

Početna ritmička sedimentacija konglomerata/breča s laporovitim i glinovitim vezivom i mudstonea posljedica je oscilirajuće transgresije s više opetovanih preplavlivanja i kraćih izronjavanja, sa stvaranjem vadoznih ili čak paleokrških fenomena ili pak samo s običnim isušivanjima i desikacijskim brečama. Postupnom ingresijom mora uz periodičke oscilacije morske razine, a vjerojatno i pulsiranja karbonatne platforme, uspostavlja se specifičan režim plitkomorske ritmičke sedimentacije u uvjetima zaštićenog plićaka ili lagune s oscilacijama od plitkog potplimskog, preko muljevitog plimskog okoliša uz isušivanja do natplimskog okoliša s vadoznom dijagenezom, a u plitkim uleknućima i lokalnim močvarnim uvjetima (»black pebble« — breče, Tišlj ar, 1986). Ovakvi sedimentacijski uvjeti karakteristični su za gotovo cijeli donji dio naslaga Kirmenjak jedinice, gdje se ritmički izmjenjuju debelo uslojeni porculanasti ili peletni mudstonei, mudstonei s fenestralnom građom i proslojci konglomerata/breča (Sl. 4). Jasna tendencija oplicavanja od dna prema vrhu jednog sloja mudstonea i fenestralnog mudstonea manifestira se postupnim, rjeđe i oštrim prijelazom homogenog mudstonea ili peletnog mudstonea u fenestralni mudstone, koji često sadrži mnogobrojne vertikalne bioturbacije, da bi sloj završio erodiranom plohom, pukotinama isušivanja ili tankom desikacijskom brečom, mjestimice i kalkaretnom korom. »Black pebble« — breča koja slijedi na tako debelom sloju mudstonea ima varijabilnu količinu valutica i ulomaka smeđih, sivih, tarnnosivih i crnih vapnenaca (»black pebbles«) te zelenkastosivo laporovito vezivo. Crne valutice i ulomci interpretirani su kao ostaci razaranja supratidalnih do gornjih intertidalnih reduktivnih močvarnih taloga pri djelovanju visokih plimskih i olujnih valova (Tišlj ar, 1986).

U gornjem dijelu naslaga Kirmenjak vapnenaca, u spomenutoj sedimentacijskoj ritmici desikacijskih ciklusa A-B-C-D, mudstonei (slojevi A)



se sastoje od gustog karbonatnog mulja (mikrita), koji se je taložio u uvjetima i okolišu plitkog subtidala ili lagune uz kontinuirano i postupno oplićavanje. Takvi muljevi zbog oplićavanja dospijevaju u uvjete i okoliš donjeg intertidala, gdje se zbiva jače ili slabije isušivanje i erozija desikacijama ispucanog mulja (B = desikacijska i/ili erozijska faza). Ponovnim preplavlivanjem u uvjetima nešto povišene energije vode, talože se intraklasti, muljne valutice i onkoidne cijanoidne grude (C = faza preplavlivanja i subtidalne sedimentacije). Zbog novog oplićavanja kojim se sedimenti opetovano vlaže i isušuju ili izronjavaju u vadoznu zonu, nastaju cijanoidne kore, vadozne tvorevine, šupljine otapanja i desikacije (D = desikacija ili vadozna faza). Novim, jačim preplavlivanjem započinje novi ciklus s ponovnim taloženjem sitnog karbonatnog mulja (A = faza subtidalne muljne sedimentacije) itd.

### Fantazija dolomiti

Fantazija dolomiti normalno slijede u krovini Kirmenjak vapnenaca ili se dijelom, u prijelaznom nivou, i bočno zamjenjuju. To je posljedica, kako je već spomenuto, kasnodijagenetske dolomitizacije kojom je zahvaćen i vršni dio Kirmenjak vapnenaca (Tab. XI, sl. 1), pa je granica između ovih jedinica vrlo nepravilna i vertikalno i po pružanju, što se toliko ne uočava u geološkoj karti, koliko u profilima i stupu (Sl. 1 i 2). Nazvani su prema tipičnom lokalitetu — kamenolomu Fantazija kraj Rovinja (cesta Rovinj—Baile), gdje se na vertikalno piljenim zidovima izvanredno dobro može pratiti izmjena ranodijagenetskih i kasnodijagenetskih dolomita i svih pratećih sedimentoloških fenomena (Tišljar et al., 1983).

Područje površinskog protezanja Fantazija dolomita u zapadnoj Istri prostire se od Poreča preko Žbandaja i Linskog kanala u Rovinj. Debljina dolomita je promjenljiva, a s obzirom da se u ovom radu tretira samo njihov najdonji dio, podataka o sveukupnoj debljini još nema (Sl. 1).

### Litofacijes i biofacijes Fantazija jedinice

U petrološkom i genetskom smislu Fantazija dolomiti zastupani su s dva glavna tipa: (1) kasnodijagenetskim dolomitima nastalim dolomitizacijom već očvrstlih vapnenaca Kirmenjak jedinice i mlađih i (2) ranodijagenetskim dolomitima nastalim dolomitizacijom još neočvrstlih vlažnih vapnenačkih taloga u natplirskom okolišu (supratidal early diagenetic dolomites).

U donjem dijelu Fantazija jedinice nalazimo samo kasnodijagenetske dolomite u kojima se sporadično pojavljuju pojedinačni slojevi jače ili slabije dolomitiziranih ili nedolomitiziranih Kirmenjak vapnenaca. Vapnenci su zadržali sve one litofacijalne i biofacijalne osobitosti značajne za gornji dio Kirmenjak jedinice (ritmika desikacijskih ciklusa). Dolomiti su jasno slojeviti (0,8—1,7 m). Tipična im je teksturna značajka još i više/manje jasna laminacija uvjetovana izmjenom lamina bogatijih i siromašnijih bitumenom te horizontalni stiloliti. Sudeći po međusobnim odnosima stilolitnih šavova i kristala dolomita, dolomitizacija je mlađi, kasniji dijagenetski proces od stilolitizacije.

Dolomiti starijeg dijela Fantazija jedinice odlikuju se mikrokristalastom ili makrokristalastom strukturom kao posljedicom rasporeda hipi-

diomorfni kristala dolomita veličine od 0,08 do 0,3 mm. U pravilu sadrže zonarno skoncentrirane vrlo sitne uklopke organske i/ili glinovite supstancije, a često i relikte Kirmenjaka vapnenaca između dolomitnih kristala (Tab. X, sl. 4). Samo sporadično, u malim interkristalnim porama, javlja se kalcitni cement — postdolomitizacijski cement interkristalnih pora.

U srednjem i gornjem dijelu Fantazija jedinice ritmički se izmjenjuju 0,4—1,6 m debeli slojevi tamnog kasnodijagenetskog dolomita s 0,6 m debelim slojevima svijetlog, često stromatolitnog i fenestralnog (kriptokristalastog ranodijagenetskog dolomita. O ritmičkoj izmjeni ta dva genetska tipa dolomita u Istri, kao svjetskom sedimentološkom fenomenu, postoji nekoliko opsežnijih radova (Füchtbauer & Tišljarić, 1975; Tišljarić, 1976, 1977; Tišljarić, et al., 1983; Tišljarić & Velić, 1986). Zato se u ovom radu nećemo upuštati u detaljni opis Fantazija člana u cijelosti, tim više što srednji i gornji dio ovih naslaga stratigrafski već pripadaju kredi. To dokazuju nalazi vapnenačkih alga\* berijaske starosti: *Humiella sardiniensis* (Ott & Flaviani) i *Clypeina radici* Sokač. S obzirom na jursku tematiku ovoga rada Fantazija dolomiti bit će u potpunosti obrađeni unutar krednih jedinica.

#### PREGLED REZULTATA I ZAKLJUČAK

Istraživanja za geološku kartu SFRJ 1 : 50.000 koja će se izvoditi prema kriterijima litostratigrafske klasifikacije započela su u Istri u području Poreč—Rovinj, gdje su otkrivene mlađe jurske naslage. Detaljnim analizama snimljenih stupova na reprezentativnim profilima ostvareni su i novi rezultati od kojih su u ovom radu prikazani samo oni iz domašaja litofacijesa i biofacijesa. Evo najvažnijih:

— Izdvojeno je šest litostratigrafskih jedinica:

Monsena mikriti (1), Lim peletni vapnenci (2) unutar kojih su u središnjem i gornjem dijelu i bočno i vertikalno smješteni Muča ooidno-bioklastični vapnenci (3), zatim regresivne Rovinj breče i boksiti (4), Kirmenjaki stilolitizirani mikriti (5) i Fantazija dolomiti (6).

— Sve su istraživane naslage (osim boksita) sedimenti plitkomorskih okoliša karbonatne platforme nastali u potplimskoj zoni prostranih laguna i zaštićenih plićaka (Monsena i djelomice Lim vapnenci), plićacima s pokretljivom vodom ili plićacima s vrlo pokretljivom vodom u okolišima pješčanog plimskog pruda (Muča ooidni vapnenci), u priobalnoj zoni regresivnog ciklusa (Rovinj breče) a i na kopnu (boksiti), u plićacima i muljevitom plimskom okolišu s dužim fazama isušivanja i vadozne dijageneze (Kirmenjaki vapnenci), te u natplimskoj zoni uz ranodijagenetsku dolomitizaciju muljeva (Fantazija ranodijagenetski dolomiti).

— Litofacijalne i biofacijalne osobitosti istraženih sedimenata ukazuju na prisutnost dva osnovna tipa jurskih naslaga Istre, koji se izdvajaju kao dva zasebna dugotrajnija sedimentacijska ciklusa:

\* Odredbe B. Sokač.

— prvi, stariji, s regresivnim tendencijama osobito izraženim u vršnom dijelu Lim i Muča jedinica, koji kulminira stvaranjem regresivnih Rovinj breča i postupnim okopnjavanjem (boksiti) i

— drugi, mlađi, transgresivni ciklus počinje Kirmenjak vapnencima i nastavlja se Fantazija dolomitima. Očituje se najprije oscilirajućom transgresijom (preplavlivanje — izronjavanje), a zatim uspostavljanjem sedimentacije u mirnim okolišima plitkog potplimskog do muljevitog plimskog/natplimskog pojasa.

— Granice litostratigrafskih jedinica nisu podudarne granicama konostratigrafskih jedinica: Monsena jedinica ima raspon gornji bat do donji oksford, Lim i Muča jedinice odgovaraju većem dijelu oksforda i donjem kimeridžu, Rovinj breče kraju donjeg kimeridža, boksiti su nastali unutar gornjeg kimeridža i donjeg titona, Kirmenjak jedinica u gornjem titonu, a Fantazija dolomiti odgovaraju najgornjem titonu i berijasu.

— Značajni su rezultati u istraživanju mikrofosilnih zajednica:

- po prvi put je u istarskoj juri paleontološki dokazan doger (bat — kalovij),
- kopneni režim kada su taloženi boksiti ograničen je na razdoblje gornjeg kimeridža i donjeg titona,
- granicu jura — kreda (titon-berijas) u terenu i stupu nemoguće je pouzdano detaljno postaviti zbog nejednolične kasnodijagenetske dolomitizacije graničnih slojeva (Fantazija kasnodijagenetski dolomiti).

Zaključno se može ustvrditi da su izdvojene litostratigrafske jedinice omogućile geološko kartiranje i izradu detaljne geološke karte jure zapadne Istre. Stoviše, u terenima poput ovoga, na velikoj površini pokrivenoj kvartarom (zemlja crvenica), primjena navedene litostratigrafske klasifikacije ukazuje i na osnovne zone tektonskih poremećaja. U ovoj najranijoj fazi izrade »nova« geološka karta daje stvarne i pouzdane podatke u istraživanjima površinskog rasporeda i pružanja izdanaka i/ili zona mineralnih i drugih sirovina (boksiti, arhitektonsko-građevni kamen). Ne treba sumnjati u njezinu korisnu primjenu i u drugim geološkim ili bliskim disciplinama i granama (hidrogeologija, inženjerska geologija, građevinarstvo, rudarstvo).

Primljeno: 18. 1. 1988.

#### LITERATURA

- Crnković, B. (1974): Geologija Istre i problemi probijanja prometnica. — *Dometi. Cakavski sabor*, 7/5, 77—82, Rijeka.
- D'Ambrosi, C. (1927): Segnalazione di nuovi affioramenti giuresi presso Parenzo e Rovigno in Istria. — *Atti Acad. sci. Veneto-Trentino-Istriaana*, (3), 18, 14—20, Padova.
- D'Ambrosi, C. (1931): Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio Pisino. Uff. Idrogr. Mag. alle acque, Sez. Geol. 1—79, Padova.
- D'Ambrosi, C. (1940): Sull'età e sul significato geologico dei calcari brecciati di Orsera in Istria e delle loro bauxiti. — *Bol. Soc. geol. ital.*, 59, 1, 25—36, Roma.

- D'Ambrosi, C. (1954): Nuovi ragguagli in merito alla stratigrafia del Cretaceo istriano; con particolare riguardo all'età, genesi e giacitura delle bauxiti di Orsera in risposta al De Weisse. — *Boll. Soc. Adriat. Sci. Nat.*, 47, 82—89, Trieste.
- Flügel, E. (1982): *Microfacies Analysis of Limestones*. — Springer, 633 p., Berlin.
- Füchtbauer, H. & Tišljarić, J. (1975): Peritidal cycles in the Lower Cretaceous of Istria (Yugoslavia). — *J. Sedimentary Geol.*, 14, 219—233, Amsterdam.
- Parona, C. F. (1912): Affioramento di tatonico con *Diceras luci* presso Parenzo in Istria. — *Atti Rend. Accad. naz. Lincei, Cl. sci. fis. math. nat.*, 21, p. 578, Roma.
- Parona, C. F. (1925): Nuove osservazioni sui calcari con *Heterodicerias Luci* della costa Parrentina in Istria. — *Atti Rend. Accad. naz. Lincei, Cl. sci. fis. math. nat.*, (6), 1, 626—629, Roma.
- Polšak, A. (1965a): *Megadicerias salopeki* n. sp. iz malmskih naslaga zapadne Istre. (*Megadicerias salopeki* n. sp. dans le couches du Malm de l'Istrie occidentale). — *Acta geol.*, 5, 313—318, Zagreb.
- Polšak, A. (1965b): Stratigrafija jurskih i krednih naslaga srednje Istre. (Stratigraphie des couches jurassiques et crétacées de l'Istrie centrale). — *Geol. vjesnik*, 18/1, 167—184, Zagreb.
- Polšak, A. & Sikić, D. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ, list Rovinj 1:100.000, L 33—100. — *Inst. geol. istraž. Zagreb (1957—1963)*, Sav. geol. zavod, Beograd.
- Polšak, A. & Sikić, D. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ Tumač za list Rovinj, L 33—100. — *Inst. geol. istraž. Zagreb (1963)*, Sav. geol. zavod, Beograd.
- Riding, R. (1983): *Cyanoliths (Cyanoids): Oncoids Formed by Calcified Cyanophytes*. In: Peryt, T. ed.: *Coated Grains*. — Springer, 276—283, Berlin.
- Sartoni, S. & Crescenti, U. (1962): Ricerche biostratigrafiche nel meozoico dell'Appennino meridionale. — *Giorn. Geol. (2a)* 29, 161—304, Bologna.
- Sinkovec, B. (1974): Jurski glinoviti boksiti zapadne Istre. (Jurassic clayey bauxites of western Istria). — *Geol. vjesnik*, 27, 217—226, Zagreb.
- Tišljarić, J. (1976a): *Petrološka studija krednih sedimentata zapadne i južne Istre* (Sedimentologic study of the Cretaceous sediments in the western and southern Istria). — *Disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 188 str., Zagreb.
- Tišljarić, J. (1976b): *Ranodijagenetska i kasnodijagenetska dolomitizacija i dedolomitizacija u krednim karbonatnim sedimentima zapadne i južne Istre* (Hrvatska, Jugoslavija). (Early diagenetic and late diagenetic dolomitization and dedolomitization processes in Cretaceous deposits of western and southern Istria — Croatia, Yugoslavia). — *Geol. vjesnik*, 29, 287—321, Zagreb.
- Tišljarić, J. (1978a): Tidal flat, lagoonal and shallow marine carbonate sediments in the Upper Jurassic and Cretaceous of Istria, Yugoslavia. (Supralitoralni, litoralni, lagunarni i prateći plitkomorski karbonatni sedimenti gornje jure i krede u Istri). — *Acta geol.*, 9/5, 159—194, Zagreb.
- Tišljarić, J. (1978b): *Onkolitni i stromatolitni vapnenci u donjokrednim sedimentima Istre*. (Oncolites and stromatolites in Lower Cretaceous carbonate sediments in Istria, Croatia, Yugoslavia). — *Geol. vjesnik*, 30/2, 363—382, Zagreb.
- Tišljarić, J. (1986): *Postanak crnih oblutaka i ulomaka (»black pebbles«) u periplimatskim vapnencima titona zapadne Istre i barema otoka Mljeta*. (Origin of the black pebbles and fragments in the peritidal limestones of the western Istria /Tithonian/ and Island of Mljet /Barremian/). — *Geol. vjesnik*, 39, 75—94, Zagreb.
- Tišljarić, J. & Velić, I. (1986): *Ritmička sedimentacija u peritidalnim i lagunarnim karbonatnim sedimentima donje krede Istre*. V skup sedimentologa Jugoslavije, Brioni 1986, Vodič ekskurzije. — *Hrv. geol. društvo*, 1—26, Zagreb.
- Tišljarić, J. & Velić, I. (1987): *The Kimmeridgian tidal-bar calcarenite facies of western Istria (western Croatia, Yugoslavia)*. (Oberjurassische Gezeitenbarren-Kalkarenit-Fazies im westlichen Istrien /Jugoslawien/). — *Facies*, 17, 277—284, Erlangen.
- Tišljarić, J., Velić, I., Radović, J. & Crnković, B. (1983): *Upper Jurassic and Cretaceous peritidal, lagoonal, shallow marine and perireefal carbonate sediments of Istria*. (From: *Excursion guide-book*, eds. Babić, Lj. & Jelaska, V.: »Contributions to Sedimentology of some carbonate and clastic units of the coastal Dinarides«). — 4th I. A. S. Regional meeting Split, 1983, 13—35, Zagreb.

- Trojanović, D. (1973): Jurski boksiti zapadne Istre. (Jurassic bauxites in western part of Istria Peninsula). — II jugosl. simp. istraž. eksploat. boksita, 6 str., Tuzla.
- Velić, I. (1977): Jurassic and Lower Cretaceous Assemblage-zones in Mt. Velika Kapela, Central Croatia. — *Acta geologica*, 9/2, 15—37, Zagreb.
- Wilson, J. L. (1975): Carbonate facies in geologic history. — Springer, 471 p., Berlin.

## Lithostratigraphic units in the Doger and Malm of western Istria

I. Velić & J. Tišljari

Within Jurassic sediments of western Istria six units interlinked in terms of lithofacies but still adequately different can be distinguished. Each of them makes in itself a clear lithofacies, biofacies and sedimentation unit, formed in particular environments and under indentifiable sedimentation conditions. These are the following lithostratigraphic units: 1. — the Monsena Micrites; 2. — the Lim Pelletal Limestones; 3. — the Muća Ooid-bioclastic Limestones; 4. — the Rovinj Breccia and Bauxite; 5. — the Kirmenjak Stylolitized Micrites, and 6. — the Fantazija Dolomites. These units follow each other in a normal superposition with the exception of the Lim and Muća units, which, additionally, laterally alternate each other (Fig. 1).

### The Monsena Micrites

The Monsena micrites unit is the oldest outcropping unit of the Istrian Jurassic (Fig. 1). Lithologically, the Monsena unit consists of stratified (30—80 cm) limestones of the mudstone and wackestone type, being in part stratified into thin strata to laminae. Sporadically, thinner strata of LLH stromatolite and thinner interbeds of oncoid floatstone were found. In the oldest part intercalations, lenses or intraformational breccia abound, in the middle one thickly stratified mudstone prevail, while the terminal part, beside these, a partial rhythmical sedimentation: mudstone — wackestone — oncoid (cyanoid) floatstone has been noted.

The biofacies features of the Monsena unit are, in terms of age, very similar to the relevant deposits in other karst Dinarides. In microfacies, foraminifera predominate, along with sporadic detritus of algae (*Thaumatoporella*), small lamellibranchs, echinoderms and ostracods. In the first ten meters almost all most significant species were registered: *Pfenderina salernitana* Sartoni & Crescenti, *P. trochooidea* Smout & Sugden, *Pfenderella arabica* Redmond, *Satorina apuliensis* Fourcade & Chorowicz, «*Conicopfenderina*» (= «*Littonella*») mesojurassica (Maync), *Praekurnubia crusei* Redmond and *Valvulina lugeoni* Septfontaine and beside these, some cross-sections of *Saccocma* sp., and somewhat more frequent *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri).

The central part of the column is characterised by the fossil impoverishment. Here and there some *Pfenderina*, *Praekurnubia* and *Valvulina* can be found. Apart from *P. salernitana*, *P. crusei* and *V. lugeoni*, in the terminal strata of the Monsena unit *Kurnubia palastiniensis* Henson and *Cladocoropsis mirabilis* Felix were found. Such a community hints to a gradual transition into biofacies of the next unit — the Lim Pelletal Limestones. Quoted microfossils, as a whole define the Upper Doger age of the Monsena unit, with a possibility that its top part also belongs to the lowermost Upper Jurassic. Chronostratigraphically, that would correspond to the Upper Bathonian—Lower Oxfordian age and biostratigraphically to the *Satorina aquiliensis* and *Pfenderina salernitana* zone (Sartoni & Crescenti, 1962).

The Monsena mudstone/wackestone and oncoid floatstones united with them have been deposited in a shallow subtidal lagoon environment and/or restricted shoal with low water energy, by the accumulation of carbonate mud, into which, from time to time, fine detritus of echinoderms, lamellibranchs and hydrozoans

drifted from more distant shoals with agitated water. Also, there are forms adapted to the life in such environment, like benthic foraminifera, ostracoda and cyanophytes in the form of »cyanoids« (Riding, 1983) or oncoids of the algal ball type and also, less frequently, green algae.

In the oldest part of the Monsena Micrites unit the rhythmic vertical sequence of mudstone — fenestral mudstone — LLH stromatolite, that is the stromatolitic and/or desiccation-emersion breccia, indicates occasional oscillations within the range shallow subtidal—lower intertidal—upper intertidal—desiccation and erosion. These oscillations should not be interpreted as mere variations of the sea level, but also as a consequence of vertical pulsation of the part from carbonate platform.

In the youngest part of Monsena limestones the gradual influence of the biodebitus, which drifted from more distant shoals with agitated water, becomes gradually more and more pronounced, due to the destruction of smaller bioherms and/or patch-reefs.

### The Lim Pelletal Limestones

The Lim Pelletal Limestones unit derives its name from the Limski kanal where the outcrops of these sediments have been most properly studied. They continuously follow upon Monsena limestones (Fig. 1 and Fig. 2). The thickness of this unit depends on the relationship and frequency of appearance of the Muća Ooid-bioclastica limestones, as these are sediments which alternate both vertically and laterally. Values vary from 35 to 50 m and relate only to pure Lim limestones.

The most important and in the field most distant lithological and sedimentological feature of Lim pelletal limestones are thickly stratified (0.3—0.8 m), indistinctly stratified or massive, light yellowish, fine grained, »soft«, porous pelletal limestones of the uniform structure, packing and appearance. Predominantly, these are pelloid packstones, less frequently pelloid grainstones or wackestones, wherein spheroidal pelloids (0.15—0.25 mm in diameter) in the micrite matrix prevail (Plate IV, fig. 2 and 3). Beside pelloids, they contain fossil debris and fragments — benthic foraminifera, hydrozoans and, less frequently, green algae, small gastropod and echinoderm fragments, as well as rounded intraclasts and algal oncoids. The hydrozoan and gastropod fragments are, as rule coated by a thin oncoid envelope.

In the above description of the Lim pelloid packstone lithofacies the main biofacies constituents have been mentioned. Scarce, colonial corals, which can be sporadically found in their growth position, fragmented detritus of small hydrozoans, lamellibranchs and gastropods represents the whole macrofossil biota of the Lim unit. From the paleontological-biostratigraphical point of view, microfossils are here in situ. Beside the most common form, *Cladocoropsis mirabilis*, characteristic dasyclad species *Salpingoporella selli* (Crescenti) and *Griphoporella minima* Nikler & Sokač have been determined, as well as *Bacinella irregularis* Radoičić and *Thaumatoporella parvovesiculifera*. Foraminifera are more numerous, both in species and specimens: *Kurnubia palastinensis*, *Preakurnubia cruisei*, *Pfenderina salernitana*, *Pfenderella arabica*, *Valvulina lugeoni*, *Chablaisia chablaisensis* (Septfontaine), *Nautiloculina oolithica* Mohler, *Conicospirillina basiliensis* Mohler, *Protopeneroplis striata* Weynschenk, *Trocholina alpina* (Leupold), *T. elongata* (Leupold) and *Pseudocyclamina lituus* (Yokoyama).

The quoted communities are characteristic of the lower parts of the Upper Jurassic of the Oxfordian and Lower Kimmeridgian. Biostratigraphically, Lim limestones would belong to the *Salpingoporella selli* zone (Sartoni & Crescenti, 1962).

Carbonate sediments included into the Lim unit had been deposited in an environment of the shallow subtidal in a larger bay and/or open lagoon, in the interior of a carbonate platform. Coated hydrozoan bioclasts (»scortoids« — Flügel, 1982) and fine echinoderm detritus indicate the activity of waves and streams, whereby this detritus had been destroyed and transported into this environment from shoals with agitated water and from small, probably totally destroyed patch-reefs (which have not yet been found preserved in western Istria). Such

conditions are particularly characteristic for the depositions of Lim packstones/grainstones in zones of the lateral transition in to another Upper Jurassic facies — the Muča unit.

#### *The Muča Ooid-bioclastic Limestones*

These sediments are, in fact, positioned within the Lim unit (Fig. 1) as a lateral facies equivalent, in form of kilometers-long lenses, some tens of meters thick. In zones of lateral transition one facies wedges out, finger-like into the other (and vice versa), leaving in the terrain an impression of vertical sequence of lens-like strata. Because of the described manner of appearance in the field it is hard to determine the thickness of Muča unit with any certainty. In the observed column at the Muča peninsula near the Rovinj hospital as a typical locality (Tišljar & Velić, 1987) it was measured as 47 m (Fig. 3).

The Muča unit differs from other Upper Jurassic units by a large proportion of fossil detritus and ooids, as well as by the vertical rhythmic sequence of the following three superimposed types of limestones: A — pelloid and skeletal wackestone, B — ooid grainstone and C — ooid and bioclastic (cortoid) grainstone and rudstone (Fig. 3). The thickness of the member A is generally considerably lesser than that of B and C. The latter two making members 0,6 to 2,5 m thick are characterised by large ripple marks and cross-beddings (Plate VI, Fig. 3). The dip angle of inclined laminae varies from 10 to 23°.

The Muča unit is most fossiliferous unit in the Istrian Jurassic. It is possible to follow the gradual replacement of particular fossil size groups from microforaminifera, having a shell of up to appr. 1 mm, embedded («rolled») among the ooids of the equal or approximate size, through centimetre-size *Cladocoropsis* and the molluscan debris to decimetre-size hydrozoan and coral heads.

The microfossil community is, according to the established species, identical to the one from Lim limestones, with the only difference that some forms appear in greater abundance. The Muča unit is also of lower Upper Jurassic age — Oxfordian to Lower Kimmeridgian or within the *Salpingoporella sellii* zone (Sartoni & Crescenti, 1962).

The shallow water limestones of the Muča unit are typical tide-bar winnowed carbonat sands, i.e. sediments of the sixth Wilson's (1975) standard facies belt. They originated by the transport of the ooid sand and fossil detritus by tidal streams and waves and the deposition on the tidal sand bar. More detail see Tišljar & Velić, 1987.

#### *The Rovinj Breccia and Bauxite*

This unit includes limestone breccia and bauxite. Breccia occurs in a continuous belt regularly overlying the Lim or Muča units, and underlying the next Upper Jurassic unit — the Kirmenjak Stylolitic Micrites (Fig. 1). Bauxites appear in larger quantities to the north of Rovinj and to the south-east of Funtana, where it was observed that they had been deposited in paleorelief depressions in Rovinj breccias.

The thickness of the breccia varies: from some twenty cm to about 5, exceptionally even 8 m, so that they often have a form of irregular lenses.

Rovinj breccia is predominately made up of 10 to 60 mm sized, poorly rounded or entirely angular limestone fragments, most commonly of the Lim and, less frequently, also that Muča units. The boundary with these underlying limestones is often uneven or irregular, or it is even entirely indistinct, like a gradual transition, going from the limestone, through the breccia limestone into the breccia. The breccia cement is mikrokristalline calcite, pigmented at places by Fe-minerals.

There are no autochthonous fossils in breccia, so that the biofacies can be discussed only on the basis of the fossil contents of fragments. As they originate from Lim and, here and there from Muča limestones fossils described in these units can also be found.

The facies analysis of the Rovinj breccia indicates that they predominantly belong to littoral sediments and, here and there, also to subaerial emergent breccias. As we see it, these littoral (shore-line) breccias originated in a regressive cycle, that is during the retreat and not the ingression of the sea, so that their termination is at the same time the end of end of the regressive cycle, which is clearly

manifested by facies characteristics and sedimentation condition of Lim and Muća units. Looking at the older Jurassic units in Istria in the light of environmental changes and sedimentation conditions, there is a tendency to gradual shallowing from lagoon/subtidal to intertidal — tidal bar, culminating in the formation of these breccias and ending in the emersion with bauxite. The discordant position of the bauxite upon breccias and the transgression of the Kirmenjak stylolitic limestones beginning with transgressive breccias/conglomerates with marly matrix, indicate that the contact zone between Rovinj breccias at one and Kirmenjak limestones the other side is at the same time the boundary of one regressive and one transgressive cycle (Fig. 4).

#### *The Kirmenjak Stylolitic Micrites*

Kirmenjak stylolitic micrites bear their name after the already centuries known architectural-building and decorative stone being at present time still exploited in several quarries in the vicinity of the village named Kirmenjak, while at earlier times it had been known under name »Orsera« (= Vrsar). To this unit correspond, with minor changes, »Limestones with tintinnides« (= *Campbelliella striata* (Carozzi), after Polšak (1965b).

The thickness of the Kirmenjak limestones is not uniform, due to the irregular spatial extension of late diagenetic dolomitisation into the higher part of these deposits (Fig. 1).

The largest thickness of pure limestones we are treating as Kirmenjak unit has been measured in the Kirmenjak quarry and totals 85 m. In other parts it varies from 30 to 50 m.

Distinct and in the terrain clearly noticeable lithological and sedimentological features of the Kirmenjak limestones are rhythmic sedimentation, numerous dense, horizontal and reticular stylolites and an obvious predominance of porcellanous, thickly stratified mudstone. The Kirmenjak unit on the bauxite begins with an alternation of thin (5–20 cm) strata of mudstone, clayey marls/clays and breccias/conglomerates with the marly matrix (Fig. 4). They lie upon bauxite, upon which a thin stratum of swamp sediment can appear, originating from before the commencement of the transgression (»Oscillating transgression« — Tišljarić et al., 1983). The main mass of the Kirmenjak unit's lower part follows, being distinguished by the rhythmic sedimentation (from below upwards) of thick, porcellanous, dense mudstone, then comes a thinner stratum (5–30 cm) of mudstone with fenestral fabric and lenses of thinner breccia interbeds and/or »black pebbles« conglomerates (Fig. 4). Black pebbles are interpreted as remains of the destruction of supratidal to upper intertidal reduction swampy sediment during the action of high tidal or stormy waves (Tišljarić, 1986). The upper part of Kirmenjak unit is also characterised by the rhythmic sedimentation, but somewhat different. There are no more »black pebble« breccias/conglomerates. Here are significant the so called »desiccation cycles« (Tišljarić et al., 1983). Each particular cycle involves: (A) mudstone, less frequently mudstone with clotted structure, (B) fenestral mudstone with desiccation cracks, the erosion surface or a thin desiccation breccia, (C) oncoid and cyanoid grainstone/mudstone with fenestral fabric and (D) desiccation and/or vadose features in the fenestral limestones.

The biofacies of the Kirmenjak unit shows certain impoverishment when compared with older Jurassic units in Istria. Macrofossils were not noticed, while the microfossil assemblage is reduced to individual findings of calcareous algae, benthic foraminifera, small ostracodes and favreinas. The following algae have been determined: *Clypeina jurassica* Favre, *Salpingoporella annulata* Carozzi, *S. grudii* (Radošević) and *Campbelliella striata* (Carozzi) and from foraminifera only *Kurnubia palastiniensis* and *Parurgonina caelinensis* Cuvillier et al. The quoted community defines the Upper Jurassic, or within a narrower scope, Upper Tithonian age. From the biostratigraphical point of view, limestones of the Kirmenjak member belong to the youngest Upper Jurassic unit: *C. jurassica* and *Campbelliella striata* zone in western Dinarides area (Velić, 1977).

Deposition conditions are in Kirmenjak unit very curious. The initial rhythmic sedimentation of mudstone and conglomerate/breccias with marly and clayey content with several repeated floodings and shorter emersions, along with the formation of vadose, or even paleokarstic phenomena, or only with desiccations and desiccation breccias. By a gradual ingression of the sea, together with periodic



oscillations of the sea level, and probably also the carbonate platform pulsation, a specific regime of the shallow water rhythmic sedimentation in condition of a restricted shoal or a lagoon, with oscillations ranging from shallow subtidal to supratidal, with vadose diagenesis, as well as local swampy conditions in shallow depressions, establishes itself. Such sedimentation conditions are characteristic for almost entire lower part of the Kirmenjak unit. A clear tendency of shallowing from the bottom towards the top of one stratum of the mudstone and fenestral mudstone is manifested with gradual and, less frequently, also sharp transition of homogenous mudstone or pelletal mudstone into fenestral mudstone, which often contains vertical bioturbations, to the termination of the stratum with an erosion surface, desiccation cracks or with a thin desiccation breccia and, here and there, also the calcare crust. During the action of high tidal or stormy waves by the destruction of supratidal reduction swampy deposits were deposited black pebble breccia and conglomerate lenses. Mudstone (stratum A) in the upper part of Kirmenjak limestones within the mentioned sedimentation rhythmic of desiccation cycles are formed of densely packed, carbonate mud which had been deposited in the environment of a shallow subtidal or a lagoon, with continuous and gradual shallowing. Such muds come in conditions of lower intertidal, where stronger or weaker desiccation and erosion take place through desiccations of cracked mud (B = desiccation and/or erosion phase). By a new flooding, intraclasts and cyanoid balls are deposited (C = flooding and subtidal phase). Due to new shallowing, whereby sediments are repeatedly wetted and desiccated or emerge into the vadose zone, cyanoid crusts, vadose fabrics as well as dissolution and desiccation cavities disappear (D = desiccation or vadose phase).

#### *Fantazija dolomites*

Fantazija dolomites normally overlie the Kirmenjak limestones or they, in a transitional level, mutually alternate. It is, as already mentioned, a consequence of the late diagenetic dolomitization, which also affects the top part of Kirmenjak limestones, so that the boundary between these units is very irregular (Fig. 1). They are named after the typical locality — the Fantazija quarry near Rovinj, where, on vertically sawn walls, alternation of early and late diagenetic dolomites and all accompanying petrological and sedimentological phenomena can be exceptionally well observed.

In the lower part of Fantazija unit one finds only late diagenetic dolomites, in which individual strata of stronger or weaker dolomitised Kirmenjak limestones appear (Plate X, Fig. 4 and Plate XI, Fig. 1). In the middle and upper parts of the Fantazija unit rhythmically alternate 0,4–1,6 m thick strata of dark, late diagenetic dolomite, with 0,3–1 m thick strata of light, often stromatolitic and fenestral cryptocrystalline early diagenetic supratidal dolomite (Plate XI, Fig. 2). There is a number of more comprehensive works about the alternation of these two types of dolomites in Istria as a world famous sedimentological phenomenon (Füchtbauer & Tišljari, 1975; Tišljari, 1976; Tišljari et al., 1983; and Tišljari & Velić, 1986). Therefore, in this work we shall not get involved in a detailed description of Fantazija unit as a whole, because the middle and upper parts of these deposits stratigraphically already belong to the Cretaceous Period (Fig. 1). This is proven by findings of calcareous algae of the Berriasian age: *Humiella sardiniensis* (Ott & Flaviani) and *Clypeina radici* Sokač (Determination by B. Sokač).

TABLA — PLATE I

1. Debelo uslojeni Monsena mikriti.  
Gornji doger: bat — kalovij. Rt Križ.
1. Thick-bedded Monsena micrites.  
Upper Dogger: Bathonian — Callovian. Križ promontory.
2. Monsena mudstone/wackestone (M/W) s uloškom intraformacijske breče (BR).  
Rt Križ.
2. Monsena mudstone/wackestone (M/W) and interbedded intraformational breccia  
(BR). Križ promontory.



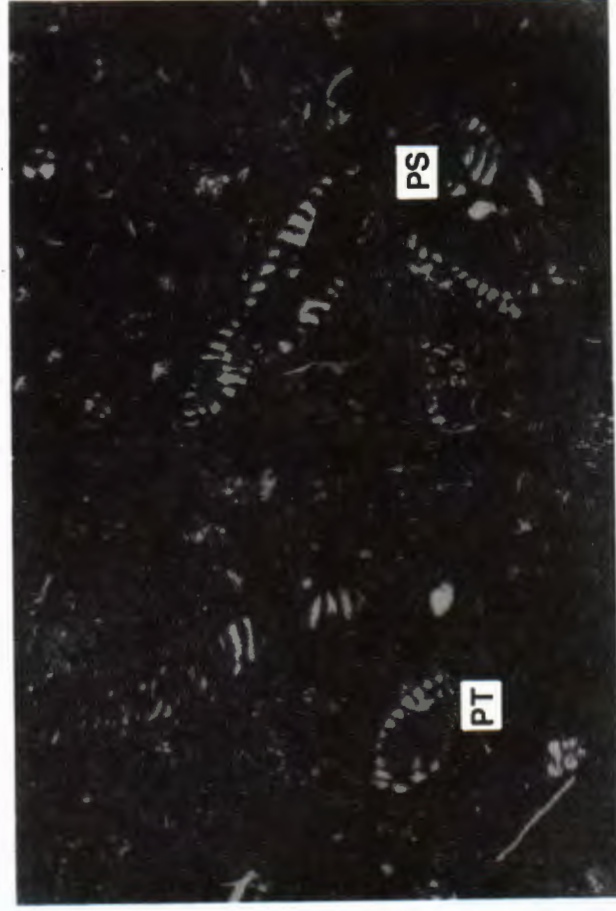
1



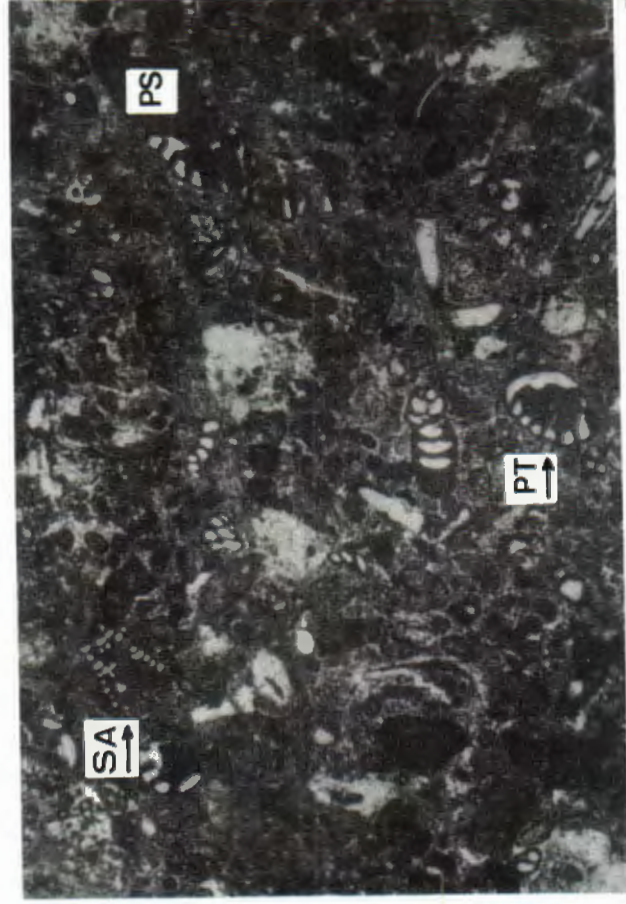
2

TABLA — PLATE: II

1. Monsena wackestone s:
1. Monsena wackestone with:  
*Pfenderina salernitana* Sartoni & Crescenti (PS),  
*Pfenderina trochoidea* Smout & Sugden (PT); 18 ×.  
Rt Križ — Križ promontory.
2. Monsena onkoidno-foraminiferski wackestone/packstone s:
2. Monsena oncoidal-foraminiferal wackestone/packstone with:  
*Pfenderina salernitana* Sartoni & Crescenti (PS),  
*Pfenderina trochoidea* Smout & Sugden (PT),  
*Satorina apuliensis* Fourcade & Chorowicz (SA); 18 ×.  
Limski kanal (Mukaba) — Lim bay (Mukaba).



1



2

TABLA — PLATE III

1. Monsena wackestone s:

1. Monsena wackestone with:

*Valvulina lugeoni* Septfontaine, 18 ×. Rovinj, Monsena.

2. Monsena mudstone/wackestone s:

2. Monsena mudstone/wackestone with:

*Pfenderella arabica* Redmond,  
*Cladocoropsis mirabilis* Felix, 18 ×.

Rt Križ — Križ promontory.

*Velčić, I. i Tišljar, J.: Dager u malm Istre*

TABLA — PLATE III



1



2

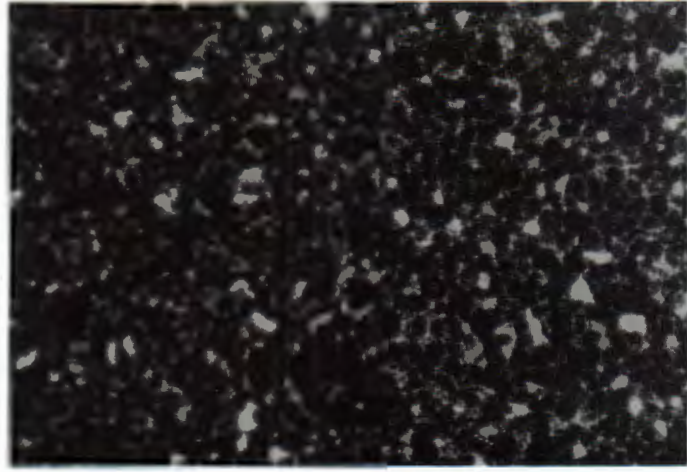
TABLA — PLATE IV

1. Masivni, razlomljeni Lim peletni vapnenci.  
Donji malm: oksford — donji kimeridž. Poreč, Brulo.
1. Massive, slightly tectonized Lim pelletal limestones.  
Lower Malm: Oxfordian — Lower Kimmeridgian. Poreč, Brulo.
2. Sitnozrnasti Lim peletni packstone, 28 ×. Rovinj, Monsena.
2. Fine-grained Lim pelletal packstone, 28 ×. Rovinj, Monsena.
3. Peletni wackestone s:
3. Lim pelletal wackestone with:  
*Gryhoporella minima* Nikler & Sokač, 20 ×.  
Rovinj, bolnica — Rovinj Hospital.

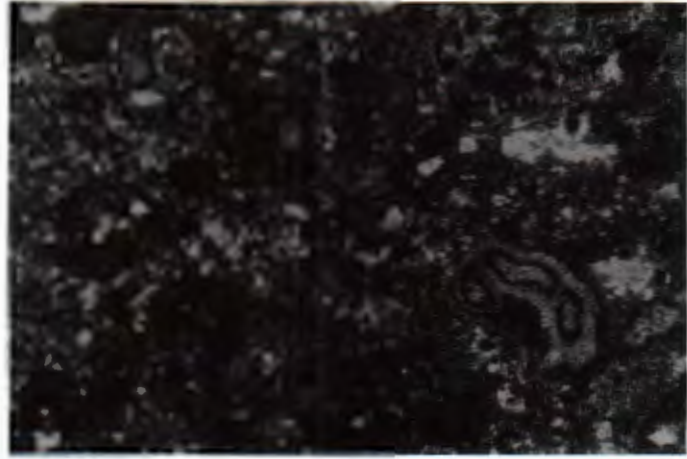




1



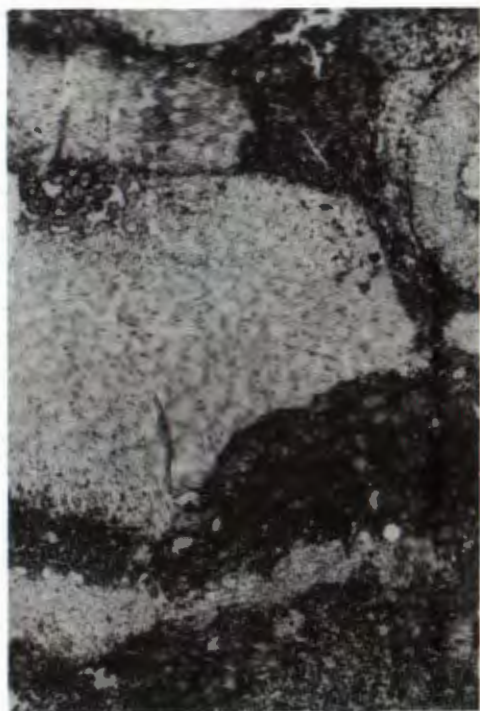
2



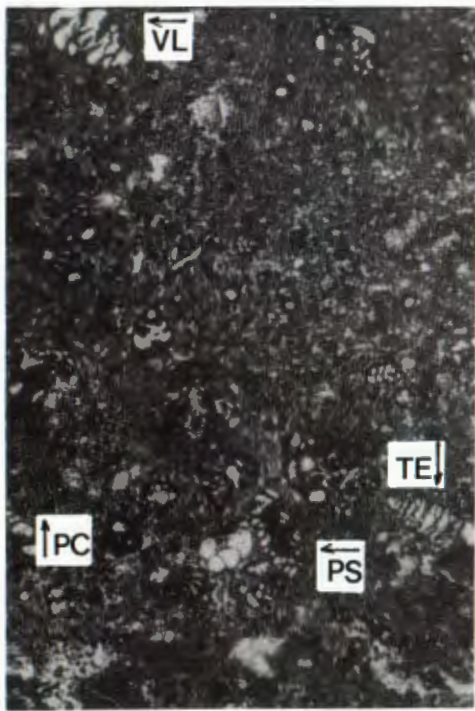
3

TABLA — PLATE V

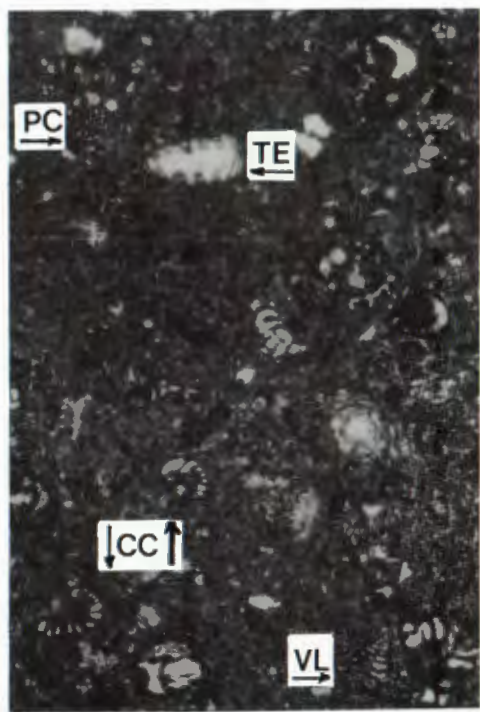
1. Lim floatstone s:
1. Lim floatstone with:  
*Cladocoropsis mirabilis* Felix, 7,5 ×.  
Limski kanal (Mukaba) — Lim bay (Mukaba).
2. Lim wackestone s:
2. Lim wackestone with:  
*Trocholina* gr. *elongata-alpina* (Leupold) (TE),  
*Pfenderina salernitana* Sartoni & Crescenti (PS),  
*Praekurnubia crusei* Redmond (PC),  
*Valvulina lugeoni* Septfontaine (VL), 7,5 ×.  
Poreč, Zelena laguna.
3. Lim wackestone s:
3. Lim wackestone with:  
*Chablaisia chablaisensis* (Septfontaine) (CC),  
*Valvulina lugeoni* Septfontaine (VL),  
*Praekurnubia crusei* Redmond (PC),  
*Trocholina elongata* (Leupold) (TE), 7,5 ×.  
Limski kanal — Lim bay.
4. Lim fosiliferno-peletni wackestone s:
4. Lim fossiliferous pelletal wackestone with:  
*Salpingoporella sellii* (Crescenti) (SS); 7,5 ×.  
Rovinj, Zlatni rat.



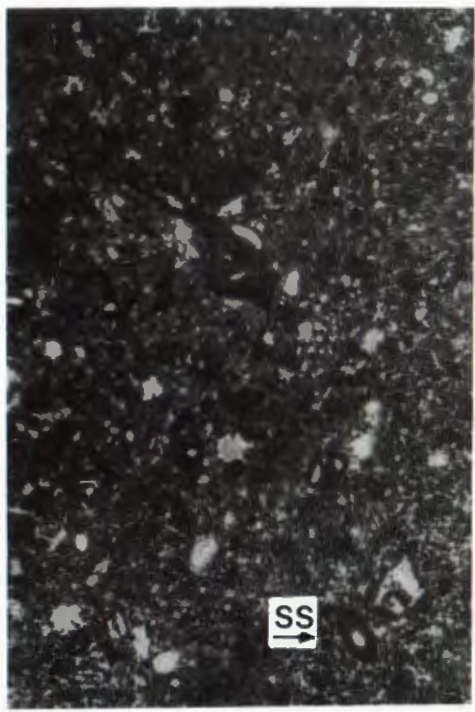
1



2



3



4

TABLA — PLATE VI

1. Muča jedinica: A sloj — packstone/wackestone s koraljnim busenom u primarnom položaju rasta.  
Donji malm: oksford — donji kimeridž. Otok Koversada.
1. Muča unit: A bed — packstone/wackestone with coral head in original position of growth.  
Lower Malm: Oxfordian — Kimmeridgian. Koversada island.
2. Muča jedinica: B sloj — koso slojeviti ooidni grainstone. Rovinj, poluotok Muča.
2. Muča unit: B bed — cross-bedded ooid grainstone. Rovinj, Muča peninsula.
3. Muča jedinica: C sloj — kortoidni rudstone sastavljen od naplavljenih bioklastita (kortoida) hidrozoa. Otok Koversada.
3. Muča unit: C bed — cortoid rudstone built up of flooded cortoids of Hydrozoans. Koversada island.

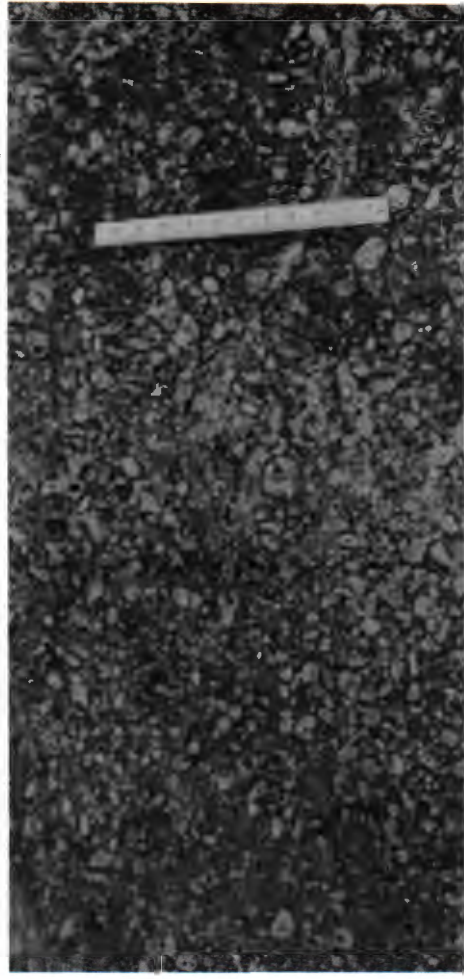
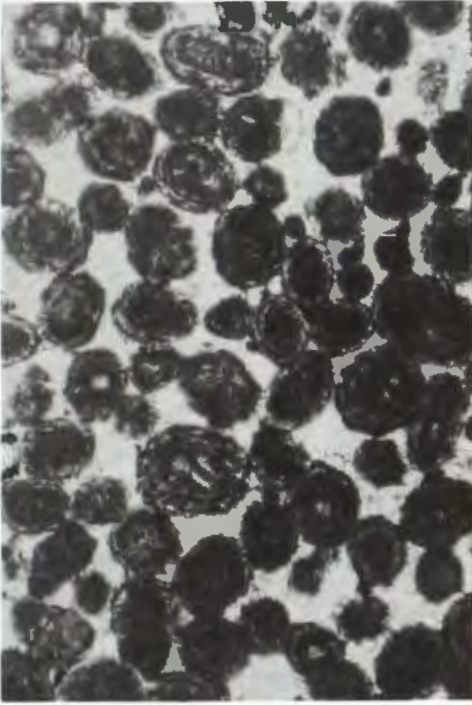
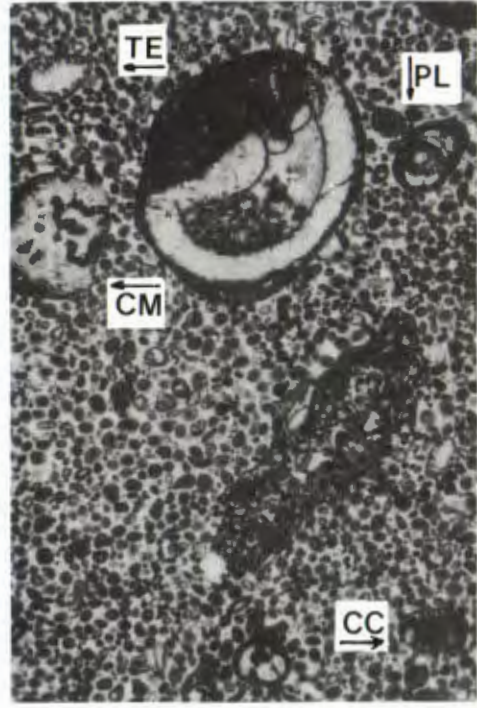


TABLA — PLATE VII

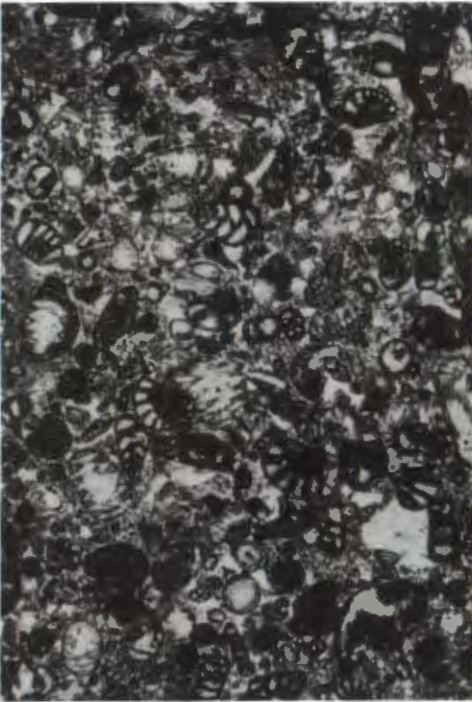
1. Muča jedinica: ooidni grainstone — B sloj s tangencijalnim ooidima i nepotpuno cementiranim intergranularnim porama; 38 ×. Rovinj, poluotok Muča.
1. Muča unit: ooid grainstone — B bed with tangential ooids and incompletely cemented intergranular pores; 38 ×. Rovinj, Muča peninsula.
2. Muča jedinica: bioklastični ooidni grainstone/rudstone — B sloj s kortoidima u oosparitnoj osnovi; 7,5 ×. Rovinj, poluotok Muča.
2. Muča unit: Bioclastic ooid grainstone/rudstone — B bed. Cortoids in oosparite matrix; 7,5 ×. Rovinj, Muča peninsula.  
*Cladocoropsis mirabilis* Felix (CM),  
*Trocholina alpina-elongata* (Leupold) (TE),  
*Pseudocyclammia lituus* (Yokoyama) (PL),  
*Chablaisia chablaisensis* (Septfontaine) (CC).
3. Muča grainstone, C sloj; 7,5 ×. Vrsar, kamp Koversada.
3. Muča grainstone, C bed; 7,5 ×. Vrsar, Koversada camp.  
*Chablaisia chablaisensis* (Septfontaine),  
*Trocholina alpina — elongata* (Leupold).
4. Muča grainstone, C sloj; 28 ×. Vrsar, kamp Koversada.
4. Muča grainstone, C bed; 28 ×. Vrsar, Koversada camp.  
*Praekurnubia crusei* Redmond (PC),  
*Chablaisia chablaisensis* (Septfontaine) (CC),  
*Nautiloculina oolithica* Mohler (NO),  
*Griphoporella minima* Nikler & Sokač (GM).



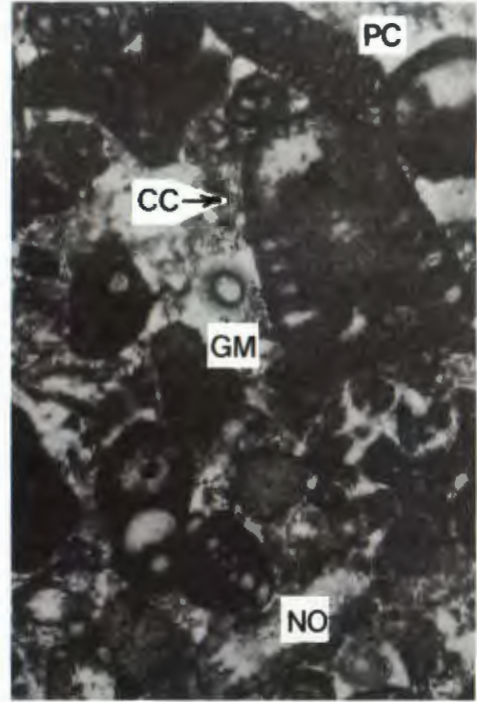
1



2



3



4

TABLA — PLATE VIII

1. Rovinj breča — gornja slojna površina.  
Donji-malm: donji kimeridž. Cesta Vrsar — Flengi.
1. Rovinj breccia — upper surface of a bed.  
Lower Malm: Lower Kimmeridgian. Road Vrsar — Flengi.
2. Sedimentacijski ritam donjeg dijela Kirmenjak jedinice:  
SM = stilolitni mudstone,  
FM = fenestralni mudstone,  
BR = breča/konglomerat s crnim valuticama.  
Gornji titon. Stara kava u Limu.
2. Sedimentary rhythm in the lower part of the Kirmenjak unit:  
SM = stylolitic mudstone,  
FM = fenestral mudstone,  
BR = breccia/conglomerate with black pebbles.  
Upper Tithonian. The Old quarry in Lim bay.





1

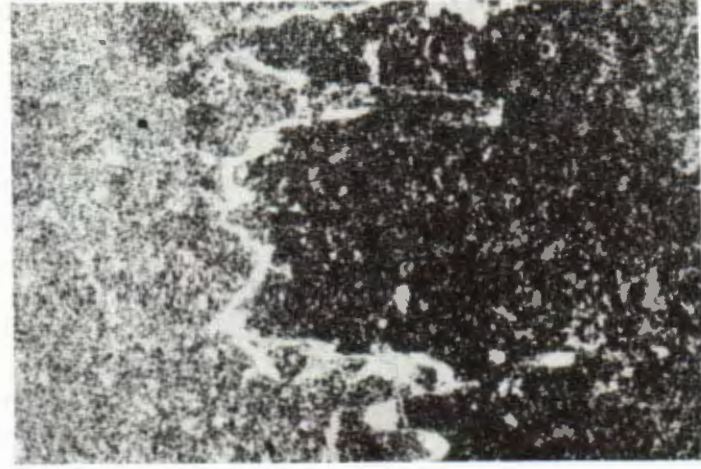


2

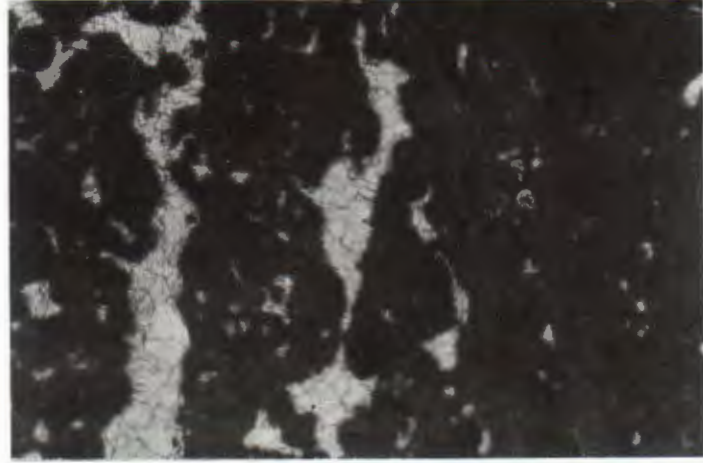
TABLA — PLATE IX

1. Kirmenjāk stilolitni mudstone: različita struktura mudstonea s jedne i druge strane stilolitnog šava; 36 ×. Kamenolom Kirmenjāk.
1. Kirmenjāk stylolitic mudstone: different structures of mudstone above and below the stylolite; 36 ×. The Kirmenjāk quarry.
2. Kirmenjāk fenestralni mudstone s vadoznim tvorevinama; 28 ×. Rovinj, Zlatni rat.
2. Kirmenjāk fenestral mudstone with vadose fabric; 28 ×. Rovinj, Zlatni rat.
3. Kirmenjāk fosiliferni wackestone; 7,5 ×. Rovinj, Zlatni rat.
3. Kirmenjāk fossiliferous wackestone; 7,5 ×. Rovinj, Zlatni rat.  
*Campbelliella striata* (Carozzi).
4. Kirmenjāk fosiliferni wackestone; 12 ×. Rovinj, Zlatni rat.
4. Kirmenjāk fossiliferous wackestone; 12 ×. Rovinj, Zlatni rat.  
*Salpingoporella annulata* Carozzi.

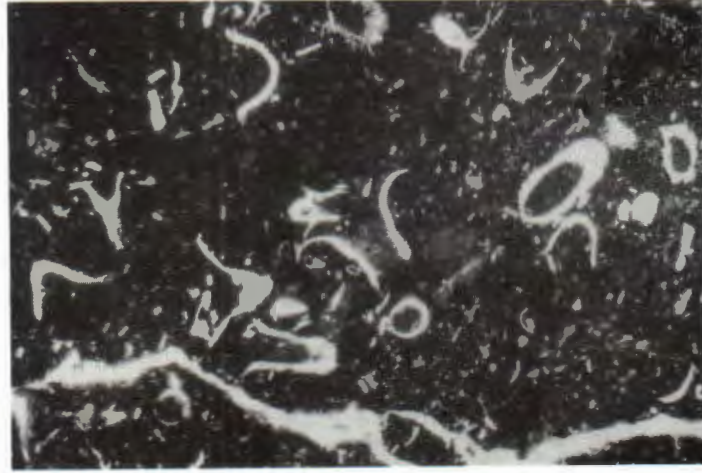
*Veitć, I. i Tišljar, J.: Doger i malm Istre*



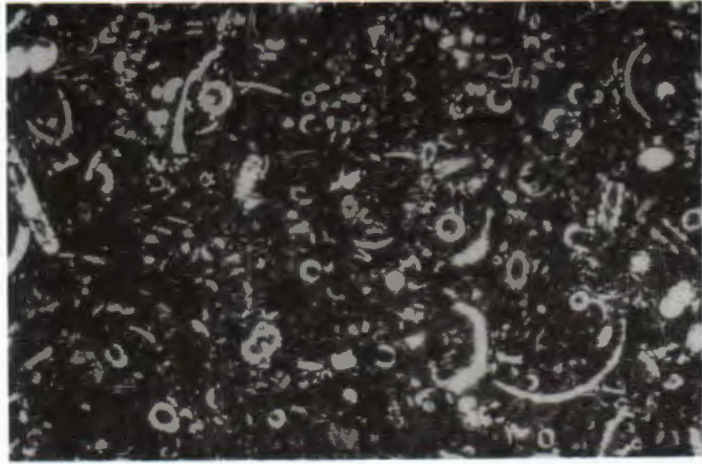
1



2



3



4

TABLA — PLATE IX

TABLA — PLATE X

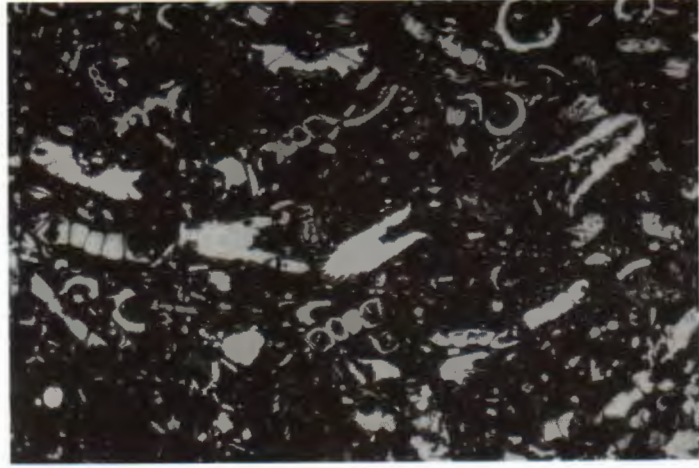
1. Kirmenjak fosiliferni wackestone; 30 ×. Stara kava u Limu.
1. Kirmenjak fossiliferous wackestone; 30 ×. The Old quarry in Lim bay.  
*Clypeina jurassica* Favre,  
*Parurgonina caelinensis* Cuvillier et al.
2. Kirmenjak fosiliferni wackestone; 7,5 ×. Stara kava u Limu.
2. Kirmenjak fossiliferous wackestone; 7,5 ×, The Old quarry in Lim bay.  
*Clypeina jurassica* Favre,  
*Campbelliella striata* (Carozzi).
3. Kirmenjak fenestralni mudstone, slabo kasnodijagenetski dolomitiziran; 9,5 ×. Poreč.
3. Kirmenjak fenestral mudstone, slightly late diagenetic dolomitized; 9,5 ×. Poreč.  
*Campbelliella striata* (Carozzi).
4. Fantazija kasnodijagenetski dolomit s nedolomitiziranim reliktima Kirmenjak mudstonea; 42 ×. Stara kava u Limu.
4. Fantazija late diagenetic dolomite with a part of non dolomitized Kirmenjak mudstone; 42 ×. The Old quarry in Lim Bay.

*Velić, I. i Tišljar, J.: Doger i malm Istre*

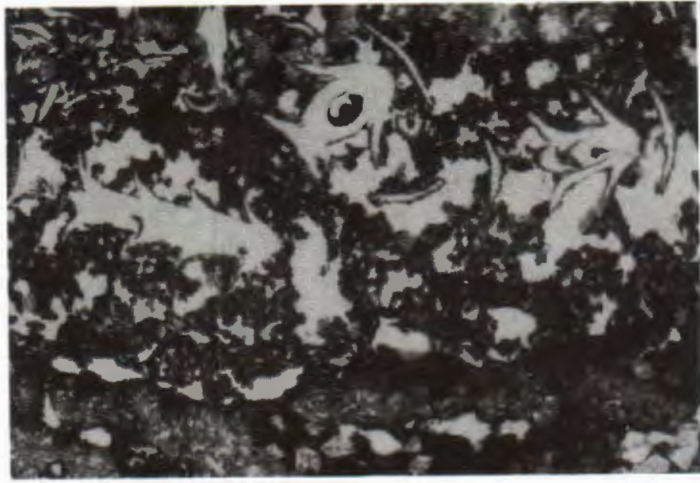
TABLA — PLATE X



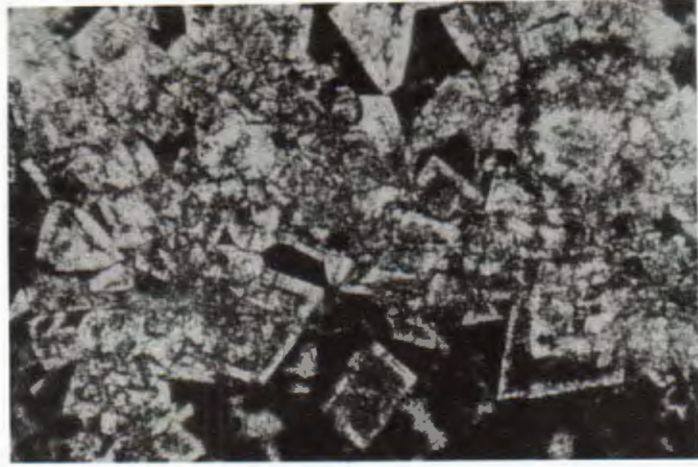
1



2



3



4

TABLA — PLATE XI

1. Kasnodijagenetski dolomitiziran Kirmenjak stilolitni mudstone (D = dolomit, M = mudstone). Poreč, Pical.
1. Late diagenetic dolomitized Kirmenjak stylolitic mudstone (D = dolomite, M = mudstone). Poreč, Pical.
2. Ranodijagenetski Fantazija dolomit. — Pelsparit (P) s malim pukotinarna stezanja (SC) i fragment kriptokristalastog dolomita (CD) u stromatolitnom dolomitu (SD); 8 ×. Berijas. Rovinj, kamenolom Fantazija (negativ).
2. Early diagenetic Fantazija dolomite. — Pelsparite (P) with small shrinkage cracks (SC) and a fragment of cryptocrystalline dolomite (CD) in stromatolitic dolomite (SD); 8 ×. Berriasian. Rovinj, the Fantazija quarry (negative print).

