

Geol. vjesnik	32	255—263	1 sl. u tekstu, 3 table	Zagreb, 1979
---------------	----	---------	-------------------------	--------------

551.763:552.54

Ranodijagenetske promjene pojedinih sastojaka donjokrednih vapnenaca iz različitih dijelova Vanjskih Dinarida

Josip TIŠLJAR

(Zavod za mineralogiju, petrologiju i ekonomsku geologiju Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 41000 Zagreb, Pierottijeva 6, pp. 186)

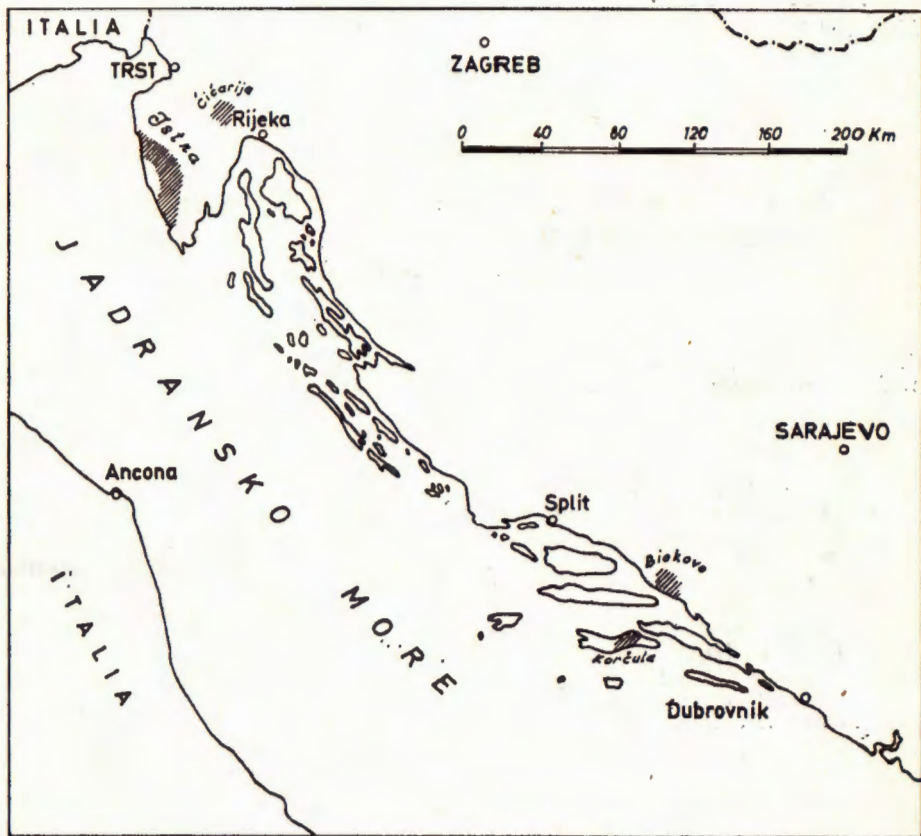
U onkolitnim, LLH-stromatolitnim, peletnim, biomikritnim i biointrasparitnim vapnencima iz donjokrednih naslaga zapadne i južne Istre, Čićarije, Biokova i Korčule, taloženim u lagunarnom, sublitoralnom, litoralnom i zagrebenskom okolišu, vrlo često susrećemo mikritizaciju onkoida, foraminifera i kršja ljuštura školjkaša, te dokaze homoaksijalne transformacije aragonita u kalcit ili otapanja aragonita pod utjecajem meteorskih voda i sukcesivnog nadomještanja mikrokristalastim kalcitnim cementom. Svi su se ti procesi odvijali tokom rane dijageneze. Analiziran je njihov tok i prikazana njihova uloga i značaj pri formiranju današnje strukture i građe spomenutih vapnenaca, a time i mogućih poteškoća kod rekonstrukcije uvjeta i sredina taloženja.

UVOD

Pri istraživanjima donjokrednih karbonatnih sedimenata u različitim i međusobno udaljenim dijelovima Vanjskih Dinarida konstatirani su vrlo slični ili identični strukturni i genetski tipovi vapnenaca, i sredine njihovog taloženja i podudarnost ranodijagenetskih promjena njihovih pojedinih sastojaka. Među karbonatnim sedimentima Vanjskih Dinarida ovakove su promjene vrlo česte i široko rasprostranjene, no rezultati istraživanja koji će ovdje biti prikazani odnose se samo na izrazito plitkovodne vapnerice donjokrednih naslaga zapadne i južne Istre, sjeveroistočnih padina Čićarije, centralnog dijela Biokova i otoka Korčula (slika 1).

LITOLOŠKE I SEDIMENTACIJSKE KARAKTERISTIKE

Na svakom od ova četiri lokaliteta izmjenjuju se u različitim omjerima, često ritmički, onkoliti, mikriti, biomikriti, biointraspariti, pelspariti, pelmikriti i LLM-stromatoliti, a mjestimice i 10 do 40 cm debeli slojevi gastropodnih kokina. Kasnodijagenetski dolomiti i jače ili slabije dolomitizirani gore spomenuti tipovi vapnenaca rasprostranjeni su u valendis-otrivu i albu Istre; neokomu i albu Korčule; albu Biokova i barem-aptu Čićarije. Srednji dio valendis-otriva u Istri karakterizira izmjena



Sl. 1 Opća smještajna karta
Text. — fig. 1 General situation map

dva genetski različita tipa dolomita: 1) makrokristalasti (0,1—0,4 mm) kasnodijagenetski dolomiti i 2) peletni, intraklastični, stromatolitni i kriptokristalasti (< 0,01 mm) ranodijagenetski dolomiti. Ranodijagenetski dolomiti sa pukotinama isušivanja, nadplimatskim konglomeratima i brečama, teksturama ptičjeg oka («birdseye structures» — Shinn, 1968), i stromatolitnim laminama ukazuju na taloženje u supralitoralnom okolišu (Tišljar, 1978).

Kod onkolita, koji su uz biomikrite i biointrasparite izuzev područje Čićarije, najrašireniji tip vapnenaca, nailazimo na veliku raznolikost strukture i građe, kako kod istog lokaliteta, tako i od nalazišta do nalazišta. Najčešći su onkoliti građeni od onkoida tipa algalnih lopti («algal ball») i velike količine mikritnog i/ili biomikritnog matriksa ili kalcitnog cementa (Tabla I, fot. 1). Nešto su rjeđi onkoliti u sastavu kojih nalazimo onkoide tipa algalnih biskvita, intraklaste i sparitni cement (Tabla I, fot. 3) i onkoliti koje izgrađuju onkoidi tipa SS—C («concentrically stacked spheroids» — Logan i dr., 1964), odnosno tzv. «koncentrično obavijeni sferoidi» (Tabla I, fot. 2).

Mikriti i biomikriti po strukturnim odlikama i pakovanju pripadaju tipičnim kalcilutitima i fosiliferim kalcilutitima, tj. litificiranim karbonatnim muljevima s dimenzijama čestica oko 10—25 mikrona, bogatim zelenim algama, bentoskim foraminiferama, kršjem puževa i peletima. Često pokazuju fenestralnu građu, sinerezis-pukotinice i pukotine isušivanja, te tragove slabije ili jače erozije gornjeg dijela sloja ili njegovo razaranje u intraklaste. Peletni se vapnenci odlikuju visokim sadržajem pretežno fekalnih peleta jednoličnih dimenzija, oblika i unutrašnje građe, a rjeđe i peloidima nepoznatog porijekla (mikritizacija?, aglutiniranje mulja?). Podjednako često oni su cementirani sparitnim cementom (pelspariti) i karbonatnim muljem (pelmikriti). Među intraklastičnim vapnencima čisti intraspariti su relativno rijetki. Prevladavaju biointraspariti i peloidni biointraspariti. Pored intraklasta oni sadrže, obično od sloja do sloja promjenljivu količinu, ljušturica bentoskih foraminifera, skeleta zelenih algi i kršja puževa, te kriptokristalaste peloide. Iako se uglavnom pojavljuju u tanjim slojevima, stromatoliti su vrlo važni lito-loški članovi donjokrednih naslaga zbog svoje učestalosti i značaja za rekonstrukciju uvjeta i sredina taloženja. To su tanko-valovito laminirani LLH-stromatoliti (»laterally linked hemispheroids« — Logan i dr. 1964) bogati fekalnim peletima, bentoskim foraminiferama, zelenim algama, ostrakodima i puževima ili fragmentima puževih kućica. Često su isprekidani i ispresjecani pukotinama isušivanja i pokazuju fenestralnu građu ili brečirane gornje dijelove slojeva.

Međusobne izmjene, katkada pravilno ritmičke, ovih strukturnih i genetskih tipova vapnenaca i njihove teksturne odlike, posebno pukotine isušivanja, fenestralna građa i erodirani ili u intraklaste razoreni gornji dijelovi slojeva upućuju na taloženje u litoralnim, sublitoralnim, lagularnim i/ili zagrebenskim okolišima unutrašnjeg dijela prostranog karbonatnog praga. Međutim, iako se je taloženje na sva četiri lokaliteta obavljalo na relacijama supralitoral — litoral — sublitoral — laguna — zagrebenski plicak, kod svih lokaliteta, pa čak i na istom lokalitetu na dva međusobno nedaleka profila, ne nalazimo u određenom kronostratigrafskom nivou uvijek istovrsne uže definirane okoliše, niti jednake debljine sedimenata istih okoliša. Naime, vrlo blagi nagib unutrašnjeg dijela karbonatnog praga, neravnomjerno tonjenje dna bazena na različitim dijelovima praga, uz različit intenzitet akumulacije taloga, odnosno zapunjavanja laguna i plicaka, te kolebanja morske razine, u ovakvim plicacima mogu izazvati već na relativno malim udaljenostima stvaranje i nestajanje različitih okoliša. Posebno to dolazi do izražaja kod supralitorala, litorala, sublitorala i laguna.

Prema tome, na različitim mjestima na pragu u isto vrijeme nisu morali uvijek postojati istovrsni uže definirani okoliši, ili ako su na više mjesta postojali nisu egzistirali jednako dugo vrijeme, i obratno, na različitim je mjestima u različito vrijeme moglo doći do stvaranja istovrsnih okoliša, a na istom mjestu i do periodičkog ponavljanja izmjene dva ili više okoliša u vremenski različitim intervalima. To je uzrok lateralnih i vertikalnih litofacijalnih promjena, različitih debljina sedimenata istih facijesa na različitim mjestima i ritmičkih katkada i cikličkih, izmjena pojedinih tipova stijena.

Za litoralni do plitki sublitoralni okoliš karakteristične su izmjene LLH-stromatolita, fenestralnog mikrita i biomikrita, pelmikrita i pelsparita. Za sublitoralni, lagunarni i/ili zagrebenski okoliš izmjene onkolita, biomikrita, mikrita, biointrasparita i gastropodnih kokina.

RANODIJAGENETSKI PROCESI

Na spomenutim lokalitetima osim podudarnosti strukturnih i genetskih tipova vapnenaca i sredina taloženja evidentna je i podudarnost točkova dijagenetskih procesa tih stijena, osobito ranodijagenetskih procesa kao što su mikritizacija onkoida, ljušturica bentoskih foraminifera, kršja ljuštura školjkaša, te kalcitizacija i homoaksijalna transformacija aragornitnih skeleta.

Mikritizacija je najintenzivnija u onkolitima, stromatolitima i biointrasparitima, a očituje se u djelomičnom ili potpunom pretvaranju onkoida, foraminifera i kršja školjkaša u kriptokristalaste agregate ili partikule bez tragova ranije građe i strukture. Uz mikritizaciju, koja je prodrla dublje u skelet ili karbonatno zrno, zapaža se i mikritizacija u vidu debljih ili tanjih mikritnih ovojnica, osobito kod zelenih algi i puževa.

Onkoidi i kršje ljuštura školjkaša pokazuju različit intenzitet mikritizacije. Pri tome obično unutar jedne serije, odnosno stijena taloženih u istoj sredini, katkada čak i u istom sloju, nalazimo onkoide ili fragmente skeleta sa svim fazama i postupnim prelazima od tanke mikritne ovojnice po površini do potpuno mikritiziranog zrna bez ikakove unutarnje strukture (Tabla I, fot. 4—6; Tabla II, fot. 4). Kod onkoida i fragmenata ljuštura školjkaša koji nisu potpuno mikritizirani jasno se može zapaziti da mikritizacija napreduje od njihove površine u unutrašnjost, dakle centripetalno, i da na svim mjestima nije prodrla do iste dubine (Tabla I, fot. 4 i 5; Tabla II fot. 4). Na taj je način središnji dio onkoida ili fragmenata skeleta još zadržao svoju primarnu građu, a periferni je dio na različitim mjestima i do različite dubine pretvoren u gustu, organskom materijom obogaćenu, kriptokristalastu masu. U slučajevima kada mikritizacija zahvaća cijeli onkoid ili skelet od njih nastaju kriptokristalasta zrna bez ikakvih jasnih tragova primarne građe i strukture koja nalikuju na intraklaste (Tabla I, fot. 4 i 6; Tabla II, fot. 1). Ukoliko su u istom izbrusku potpuno mikritizirani svi onkoidi ili fragmenti skeleta, vrlo je teško, a često i nemoguće, ustanoviti koja i kakova su to karbonatna zrna bila mikritizirana, što može izazvati pogreške kod određivanja strukturnog i genetskog tipa stijene, dijagenetskih procesa i, naravno, interpretacije sredina taloženja. Međutim, pregledom većeg broja izbruska uzoraka uzetih lateralno i vertikalno, obično se mogu naći nepotpuno mikritizirana zrna, ustanoviti postupni prelazi i odrediti primarna struktura i tip zrna.

Proces mikritizacije mnogo češće i u mnogo širem opsegu i intenzitetu, susrećemo kod bentoskih foraminifera. No, kod njih se, zbog uglavnom potpune mikritizacije i tada velike sličnosti sa peletima, još teže može odrediti da se radi o mikritiziranim ljušturicama. Potpuno mikritizirane ljušturce bentoskih foraminifera, posebice miliolida, jako nalikuju na pe-

lete ili dobro zaobljene intraklaste (Tabla II, fot. 4, 5 i 6), odnosno na karbonatna zrnca poznata pod imenom »peloidi« (McKee & Gutschick, 1969). Kod ljušturica kojima mikritizacija nije potpuno uništila i stijenke i komorice, već je samo dublje ili pliće doprla od površine u unutrašnjost, jasno se može zapaziti da se i ovdje taj proces odvija centripetalno (Tabla II, fot. 3 i 4). Mikritizacijom orbitolina nastaju kriptokristalasta zrna strogo određenih oblika po kojima se jasno raspoznaju od drugih zrna iste unutrašnje strukture. Ovakove su mikritizirane orbitoline osobito česte u onkolitnim i biomikritnim vapnencima donjeg apta Istre i Biokova.

Najveći broj pelioda, tj. okruglastih kriptokristalastih karbonatnih zrnaca, kojima obiluju biointrasparitni, biopelsparitni i biopelmikritni vapnenci Vanjskih Dinarida uglavnom je nastao potpunom mikritizacijom, prvenstveno ljušturica bentonskih foraminifera, a zatim i skeleta zelenih algi, fragmenata ljuštura školjkaša i onkoida manjih dimenzija.

Postanak mikritinih ovojnica i djelomična ili potpuna mikritizacija onkoida, fragmenata ljuštura školjkaša i ljušturica foraminifera usko su povezani sa razvojem kolonija modrozelenih algi na njihovim površinama. U zatvorenim plićacima, sublitoralnim zonama i lagunama, gdje su pokretljivost i energija vode niski, ta su karbonatna zrnca poslužila kao supstrat za rast kolonija modrozelenih algi. One pri svom rastu neprestano buše supstrat i na taj način stvaraju preduvjete za njihovu mikritizaciju. Kako u istom izbrusku onkoidi, fragmenti ljuštura školjkaša i foraminifere obično nisu jednako intenzivno mikritizirani, može se pretpostaviti da, osim što se modrozeleni alge radije koloniziraju na nekima od njih (osobito na puževima), i primarni mineralni sastav i struktura igraju vrlo važnu ulogu. Mikritizacija je u pravilu najjača kod foraminifera, manje intenzivna kod onkoida, a najmanje izražena kod kršja ljuštura školjkaša. Tu svakako presudnu ulogu igra građa tih skeleta. Dok su foraminifere građene od mikrokristalastog kalcita, onkoidi od kriptokristalastog do mikrokristalastog kalcita, a primarno vjerojatno i aragonita i Mg-kalcita, ljušture školjkaša u ovim vapnencima izgrađuje ili prizmatški ili lamelozni mikrokristalasti do makrokristalasti kalcit.

Sudeći prema strukturnim, dijagenetskim i sedimentacijskim karakteristikama, te analogiji toka mikritizacije onkoida, foraminifera, zelenih algi i kršja ljuštura školjkaša u našim vapnencima, mikritizacija se je vršila procesom sličnim onom u talozima Bimini lagune, kojeg je detaljno opisao i protumačio Bathurst, (1966 i 1971).

Homoaksijalna transformacija aragonit-kalcit i kalcitizacija aragonitnih skeleta široko su rasprostranjene i učestale ranodijagenetske promjene u donjokrednim vapnencima Istre, Čićarije, otoka Korčula i Biokova. Jednako često ih susrećemo kod masovne akumulacije kućica ili fragmenata kućica puževa u gastropodnim kokinama, kao i kod pojedinačnih puževa i dazikladaceja u stromatolitima, biointrasparitima, biomikritima i onkolitima. Tok ovih procesa najljepše se može pratiti kod krupnih kućica puževa u kokinama, biointrasparitima i onkolitima koji sadrže sparitni cement. Prema građi skeleta razlikuju se dva osnovna slučaja, katkada povezana postupnim prelazima:

A — Pojedini su skeleti dijelom izgrađeni od kriptokristalastog do mikrokristalastog kalcita, koji je zadržao odlike primarne aragonitne strukture (»homoaxial transformation« — F ü c h t b a u e r, 1974), a dijelom su građeni od makrokristalastog i/ili mikrokristalastog kalcita (Tabla III, fot. 1).

Metastabilni aragonit, koji je u formi tankih lamela orijentiranih paralelno s površinom stijenske skeleta bio primarni sastojak skeleta, većim je djelom »homoaksijalno«, tj. uz zadržavanje strukturnih odlika, pa čak i orijentacije izduženja kristalića, transformiran u stabilni kalcit (tamniji, lijevi dio stijenske skeleta na sl. 1, Tabla III). Manji dio primarnog aragonita je uz utjecaj cirkulacije meteorskih voda, vjerojatno u vadoznoj zoni, otopljen, a na njegovom se je mjestu izlučio rubni nazubljeni, a potom i mozaični kalcitni cement, jednak onom izvan mikritne ovojnice, dakle cementu intergranularnih pora (svijetli, desni dio stijenske skeleta, sl. 1, Tabla III). Da se radi o cementu i unutar stijenske skeleta, a ne o neosparitu nastalom rekristalizacijom, očigledno je iz pojave nazubljenog rubnog cementa s vanjske i unutrašnje strane mikritne ovojnice, kao i međusobnog odnosa kontakata kalcitnih kristala u središnjem mozaičnom sparitu. To su, naime, takvi kontakti kod kojih se na ravnu granicu između dva kalcitna kristala nastavlja treći kristal (»enfacial junction« — B a t h u r s t, 1971). Udio takvih kontakata kod skeleta debljih stijenki procjenjen je na oko 1 : 2,5 u odnosu na sve kontakte.

Još jasniji dokaz da se radi o cementaciji je činjenica što kod skeleta u pojedinim vapnencima nalazimo makrokristalasti i/ili mikrokristalasti Fe-kalcitni cement istog sastava i strukture kao i cementa u integranularnim prostorima, što se kod bojenih izbrusaka jasno zapaža po jednakom intenzitetu plave boje. Fe-kalcitni cement intergranularnih pora i Fe-kalcit u stijenki skeleta bez sumnje pripadaju istoj generaciji i nastali su izlučivanjem iz iste željezom bogate otopine.

Detaljno objašnjenje fizičko-kemijskih i geoloških uvjeta otapanja aragonita iz skeleta, kao i aragonitnih taloga, te procesa izlučivanja kalcita na njegovom mjestu dali su F r i d m a n (1964), B a t h u r s t (1971) i T a f t (1967), pa se zainteresirani čitalac upućuje na te radove.

B — Skeleti su u cjelosti izgrađeni od mikrokristalastog do makrokristalastog ($> 0,01$ mm) kalcita. Ako je pri tome skelet još i okružen sparitnim cementom, tada se njegove konture mogu zapaziti samo po prisutnosti tankih mikritnih ovojnica, kojima su bile presvučene površine njihovih stijenki (Tabla III, fot. 2 i 3). Tako građeni skeleti vrlo su česti u vapnencima bogatim mikritnim matriksom, ali i sparitnim kokinama i biointrasparitima. Vanjska strana stijenske im je dobro markirana granicom s mikritom, a unutrašnja u pravilu samo onda ako postoje mikritne ovojnice ili ako je i unutrašnjost skeleta (intraskeletne šupljine) bila zapunjena muljem ili sitnozrnatom talogom. Tamo gdje toga nema, skelet je izgubio svoju unutrašnju morfologiju i pretvoren je u gnijezdo kalcitnih kristala. Naime, poslije otapanja aragonita iz stijenske skeleta nastala je šupljina, odnosno kalup, kućice ili fragmenta kućice u mikritu, koja je zatim ispunjena sparitnim cementom. To je česta pojava u neokomskim i barem-aptskim biomikritima Biokova i Istre. Katkada je prije cementacije ovakva šupljina zbog daljnjeg otapanja okolnog mikrita

(vjerojatno aragonitnog) proširena u nepravilnu kavernu. U onkolitima, pak, bez obzira da li su međuprostori onkoida ispunjeni mikritnim matriksom (muljem) ili kalcitnim cementom, imamo slučaj da je cijela kućica ili njen, obično plosnati ili školjkasti, fragment izgrađen od makrokristalastog ili mikrokristalastog kalcita, obavijena i obraštena debljim ili tanjim onkoidnim ovojem ili se javlja kao jezgra većeg onkoida. Kod oba ova tipa obraštanja skeleti su predstavljali supstrat za rast modrozelenih algi, a onkoidni su ovoji nastali hvatanjem, lijepljenjem i obraštanjem uhvaćenog mulja na njihovim vlakancima i njihovoj sluzi.

Dakle, i u ovom drugom B slučaju, tj. kod skeleta u cijelosti izgrađenih od mikrokristalastog i/ili makrokristalastog kalcita, bez tragova »homoaksijalne« transformacije (Tabla III, fot. 2 i 3), primarni je aragonit otopljen i nadomješten kalcitnim cementom. Ovdje, također, nalazimo sve već spomenute elemente koji dokazuju cementaciju, a isključuju rekristalizaciju. Posebno lijepo razvijeni obrubni zubičasti cement s jedne i druge strane mikritne ovojnice, kojom je markirana stijenka skeleta, nalazimo kod gastropodnih kokina cementiranih sparitnim cementom (Tabla III, fot. 3). Osim obrubnog cementa s jedne i druge strane ovojnice, očigledna je i podudarnost u količini i rasporedu uklopaka organske supstancije u kalcitnim kristalićima u stijenci skeleta i primarnim intergranularnim šupljinama (Tabla III, fot. 3). U ovim vapnencima, a i biointrasparitima bez matriksa, proces otapanja aragonita iz skeleta i njegovo nadomještanje sparitnim cementom dovodi do bitnih promjena primarne strukture i sastava stijene. Ukoliko se po površini skeleta nisu formirale mikritne ovojnice, od fosilnim detritusom bogate stijene (kokina ili biointrasparit) može zbog otapanja aragonita i izlučivanja kalcitnog cementa na mjestu skeleta, u intraskeletnim šupljinama i intersticijska skeleta, nastati makrokristalasto-zrnasti vapnenac kome je često teško odrediti primarni satav i strukturu i koji se često pogrešno smatra produktom rekristalizacije mikrita, jer pojedini sastojci (fosili, intraklasti ili onkoidi) »plivaju« u sparitu.

Sličan proces otapanja aragonita i njegovo nadomještanje kalcitnim cementom vršen je vjerojatno i kod skeleta zelenih algi, uglavnom dazikladaceja, u stromatolitima, biointrasparitima i biomikritima. Njihovi skeleti, ako nisu bili presvućeni mikritnim ovojnicama, ili im intraskeletna šupljina nije bila ispunjena karbonatnim muljem, gube po završetku tog procesa sve strukturne i morfološke elemente, tako da se u većini slučajeva teško zamjećuje njihova prisutnost u stijeni. Posebno čest je to slučaj kod pojedinih proslojaka ili lamina u stromatolitima Istre, Biokova i Korčule. To tim više što je nakon ovakvih ranodijagenetskih promjena kod njih uobičajena i intenzivna rekristalizacija, uzorke koje nije moguće u potpunosti objasniti. U izbruscima uzoraka takvih proslojaka konture skeleta možemo katkada donekle zapaziti tek kod jako zatvorene blende smještene ispod mikroskopskog stolića (Tabla III, fot. 4).

Već spomenute činjenice koje govore u prilog cementaciji nedvosmisleno nam kod najvećeg broja aragonitnih skeleta ukazuju da se je proces kalcitizacije preko faze otapanja vršio u ranom stadiju dijageneze, iako ima i elemenata kod pojedinih primjera koji ukazuju na kasniju fazu dijageneze. Da je do otapanja aragonita i do izlučivanja kalcita na

njegovom mjestu došlo u još nevezanim ili slabovezanim sedimentima, osim rubnog cementa unutar i izvan mikritnih ovojnica, dokazuje cementacija ispucanih i slomljenih skeleta, odnosno njihovih kontura markiranih mikritnim ovojnicama, tako da su dva odvojena i pomaknuta dijela spojena istim kristalom kalcita, kako je to detaljno opisao Bathurst (1971). Ukoliko bi se ovaj proces vršio u kasnijoj fazi rane dijagenese pri većoj dubini zalijeganja, ili bi izlučivanje kalcitnog cementa nastupilo mnogo kasnije iza otapanja aragonita, zbog pritiska nadslojeva ne bi se mogle sačuvati mikritne ovojnice koje točno markiraju formu skeleta, odnosno neminovno bi došlo do kompacije i potpunog razaranja skeleta. Naravno, to u potpunosti ne mora biti slučaj kod skeleta uloženi u mikritni matriks ili taloga tipa »grainstone« gdje se međusobno oslanjaju intraklasti većih dimenzija a skeleti su smješteni u njihovim međuprorima.

Kada uzmemo u obzir sve okolnosti pod kojima se proces kalcitizacije aragonitnih skeleta preko topive međufaze optimalno može obavljati, tada je potpuno jasno zašto je on najrašireniji u plitkovodnim vapnencima litoralnog do sublitoralnog okoliša, odnosno sedimentima tipa »beach rocks«. Tu, naime, postoje za taj proces optimalni uvjeti počev od akumulacije aragonitnih skeleta, dovođenja tek istaloženih taloga u doticaj s slatkim, meteorskim vodama u vadoznoj zoni zbog izronjavanja na duže ili kraće vrijeme, do obilnog izlučivanja kalcitnog cementa i cementacije taloga pri povećanoj koncentraciji CaCO_3 , između ostalog i uslijed isparavanja otopine u porama taloga.

LITERATURA — REFERENCES

- Bathurst, R. G. C. (1966): Boring algae, micrite envelopes and lithification of molluscan biosparites. — *Geol. J.*, 5, 15—32.
- Bathurst, R. G. C. (1971): Carbonate sediments and their diagenesis. — *Developments in Sedimentology*, 12, 620 p.
- Engelhardt, v. W. (1977): The Origin of Sediments and Sedimentary Rocks. — *Schweizerbart'sche Verlagsb.*, Stuttgart, 359 p.
- Füchtbauer, M. (1974): Sediments and Sedimentary Rocks 1 — Sedimentary Petrology Part II, *Schweizerbart. Verlagsb.*, Stuttgart, 464 str.
- Fridman, G. M. (1964): Early diagenesis and lithification in carbonate sediments. — *J. Sediment. Petrol.*, 29, 87—97.
- Logan, B., Rezak, R. & Ginsburg, R. N. (1964): Classification and environmental significance of algal stromatolites. — *J. Geol.*, 72, 68—83.
- McKee, E. D. & Gutschick, R. C. (1969): History of Radwall limestone of northern Arizona. — *Geol. Soc. Am. Mem.*, 114, 726 p.
- Shinn, E. A. (1968): Practical significance of birdseye structures in carbonate rocks. — *J. Sediment. Petrol.*, 38, 215—223.
- Šokač, B., Tišljarić, J. i Velić, I. (1978): Model biostratigrafskog rasčlanjivanja i analiza sredina taloženja u karbonatnim sedimentima donje krede Biokova. — *Zbornik radova IX Kongresa geologa Jugoslavije*, Sarajevo, 226—232.
- Taft, W. M. (1967): Modern carbonate sediments. — *Developments in Sedimentology*, 9A, 29—50.
- Tišljarić, J. (1978): Onkolitni i stromatolitni vapnenci u donjokrednim sedimentima Istre. — *Geol. vjesnik*, 30/2, 363—382.
- Tišljarić, J. (1978b): Tidal flat and shallow marine carbonate sediments in the Upper Jurassic and Cretaceous of Istria. — *Acta Geologica*, IX/5, JAZU, 159—154.

Early diagenetic alteration of some constituents in the Lower Cretaceous limestones from different parts of the Outer Dinarides (Yugoslavia)

J. TIŠLJAR

Investigation of different and among themselves distant localities (ca 400 km) of the Lower Cretaceous limestones from Outer Dinarides (western and southern Istria and Čičarija Mountain in the west-southwestern part of Croatia, and island Korčula and Biokovo Mountain in the south-southeastern part of Croatia — Text fig. 1.) have pointed out similar and identical sedimentary environments and early diagenetic alteration of some their constituents.

Predominant Lower Cretaceous sediments at these locations are micritic, pelletal, intraclastic, oncolitic and stromatolitic limestones. The late-diagenetic dolomites, as well as the limestones more or less late-diagenetically dolomitized are distributed in all stages of the Lower Cretaceous (especially in Valangian Hauterivian and Aptian from Istria; Neocomian and Albian from island Korčula; Albian from Biokovo Mountain and Barremian-Aptian from Čičarija Mountain). The middle part of Valangian-Hauterivian from Istria is characterized by an alternation of two different dolomite types with respect to their genesis: — 1.) macrocrystalline late-diagenetic dolomites (0,1–0,4 mm) and — 2.) pelletal, intraclastic, stromatolitic and cryptocrystalline (< 0,01 mm) early-diagenetic dolomites. The early-diagenetic dolomites with desiccation cracks, soft pebble conglomerates, birds eye structures and blue-green algal mats (stromatolites) were deposited in a supratidal environments (Tišljari, 1978b).

Micrites, biomicrites, oncolites (predominate algal ball and SS–C, rare algal biscuit oncoloid types; Plate I, fig. 1–6, Plate II, fig. 1 and 2), intrasparites and gastropoda coquinas and coquinites were deposited in subtidal-lagoonal and/or back reef environments. LLH-stromatolites with fecal pellets, gastropoda, ostracoda and green algae skeletons, and micrites with fenestral fabrics are formed in intertidal environments.

Bentos foraminifera, shell fragments and oncolites of these limestones show more or less intensive micritization (Plate I, fig. 3–6; Plate II, fig. 1–6). Micritization is most intensive by lagoonal to subtidal limestones and often causes significant changes of primary textures and rock fabrics. Oncolites, forams and shell fragments are transformed into carbonate grains with cryptocrystalline texture, e. i. »peloids« or »intraclasts«, by complete micritization, which may cause wrong rock identification, false interpretation of depositional environments and genesis.

Primarily aragonite of gastropoda skeletons and green algae skeletons was: either in course of early diagenesis gradually dissolved and replaced by neocalcite, or homoaxially transformed to stable calcite (Plate III, fig. 1–6). Transformation of aragonite primarily building up the skeletons was being carried on as dissolving process oftenest by influence of meteoric water and successive precipitation of micro and macrocrystalline calcite cement replacing aragonite (Plate III, fig. 2–6). The process is less often homoaxial, e. i. keeping previous textural characteristics (Plate III, fig. 1).

The nature of the above process is undoubtedly linked with solution. It is proved by the same composition and textures of calcite aggregates of interstices pore space cement and calcite aggregates of skeleton walls, in turn, »enfacial junction« (Bathurst, 1971), appearance of fibrous cement on the either sides of micrite envelopes, Fe-calcite in skeleton walls and intergranular pores. If the micritic matrix around a skeleton is missing, it leads to macro and microcrystalline texture, what is often considered by mistaken as consequence of micrite recrystallization.

TABLA — PLATE I

Fot. 1: Onkolit s »algal ball« onkoidima i intraklastima (dole lijevo i desno) cementiranim mozaičnim, a po rubovima i nazubljenim rubnim cementom. Neokom, Istra, pov. 26x.

Fig. 1: Oncolite with »algal balls« and intraclasts (in the lower part of the phot.) cemented by mosaic calcite cement as well as fibrous cement on the edges. Neocomian, Istria, Magn. 26x.

Fot. 2: Onkolit izgrađen od onkoida tipa SS—C, mozaičnog kalcitnog cementa, a mjestimice i mikritnog matriksa (karbonatni mulj). Neokom, Biokovo, pov. 33x.

Fig. 2: Oncolite composed of oncooides SS—C type, mosaic calcite cement and micritic matrix (carbonate mud). Neocomian, Biokovo Mountain, Magn. 33x.

Fot. 3: Onkolit s onkoidima tipa »algalnog biskvita« i kalcitnim mozaičnim cementom, a mjestimice i mikritnim matriksom. Neokom, Biokovo, pov. 33x.

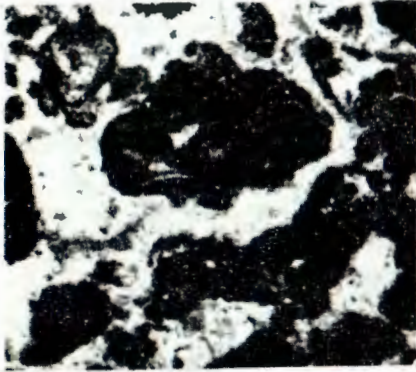
Fig. 3: Oncolite with »algal biscuit« and mosaic calcite cement, partially micritic matrix too. Neocomian, Biokovo Mountain, Magn. 33x.

Fot. 4 i 6: Intenzivno mikritizirani onkoidi tipa SS—C. Kriptokristalasti mikrit je uništio njihovu primarnu koncentrično lupinastu građu. Nazubljeni rubni cement po površinama onkoida izlučen je nakon mikritizacije (fot. 4), što ukazuje na mikritizaciju u vrlo ranoj fazi dijageneze. Neokom, Biokovo, pov. 33x.

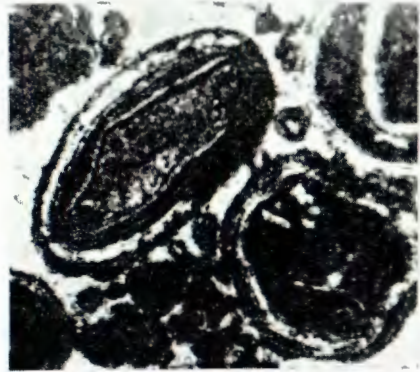
Fig. 4 and 6: Intesively micritized SS—C oncooides. Cryptocrystalline micrites destroyed their primary structure. Early fibrous cement on the oncooides surfaces point out an the micritization in the very early phase of diagenesis. Neocomian, Biokovo Mountain, Magn. 33x.

Fot. 5 Onkoidi tipa SS—C, tipa »algalnog biskvita« i djelomično centripetalno mikritizirana zrna (dole i lijevo) nejasne strukture (onkoidi?) u mikrokristalastom kalcitnom cementu, Neokom, Biokovo, pov. 33x.

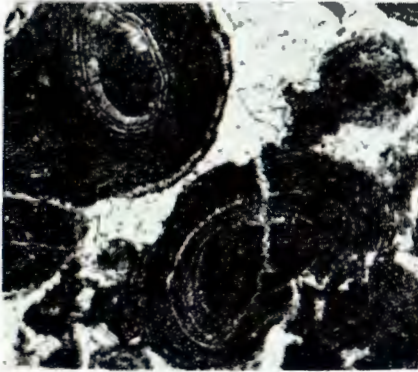
Fig. 5: Oncooides SS—C and algal biscuit type and partially centripetal micritization of carbonate grains (lower and left), probably oncooids too, cemented by mosaic calcite cement. Neocomian, Biokovo, Magn. 33x.



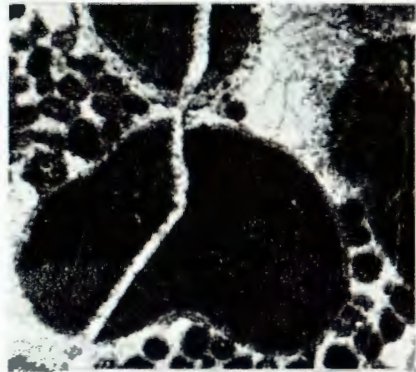
1



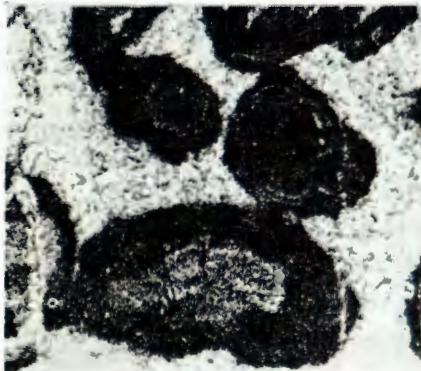
2



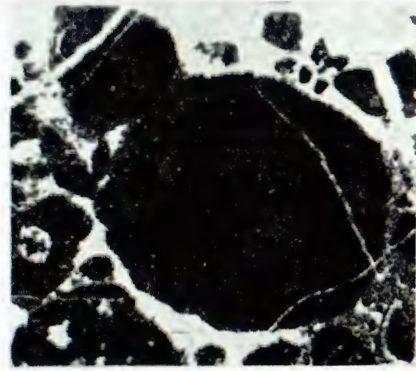
3



4



5



6

TABLA — PLATE II

Fot. 1: Onkolitni vapnenac s mikritiziranim onkoidima, koji pokazuju različit stupanj mikritizacije i postupne prelaze u zrnca kriptokristalaste strukture slična intraklastima, peloidima ili peletima, Neokom, Biokovo, Pov. 33x.

Fig. 1: Oncolite with micritized oncoides, showing up different level of micritization and gradual transition to cryptocrystalline grains as well as intraclasts, peloids or pellets. Neocomian, Biokovo Mountain, Magn. 33x.

Fot. 2: Mikritizirani onkoid tipa SS—C sa slabo očuvanim tragovima koncentrično lupinaste građe i dijelovi mikritiziranih skeleta kodiaceja (lijevi i gornji rub fot.). Neokom, Linski kanal; Istra, pov. 33x.

Fig. 2: Micritized SS—C oncoid with poorly preserved traces of concentric structure and micritized skeleton parts of Codiaceae (Top and left border of the picture). Neocomian, Linski kanal — Istria; Magn. 33x.

Fot. 3: Intrabiosparit s djelomično mikritiziranim i inkrustiranim ljušturicama bentoskih foraminifera i intraklastima. Barem, Biokovo, pov. 33x.

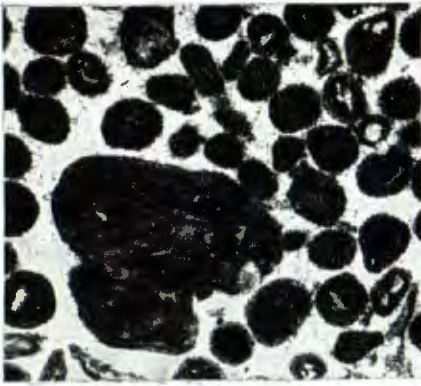
Fig. 3: Intrabiosparite with partially micritized and incrustated shells of benthic foraminifera and intraclasts. Barremian, Biokovo Mountain; magn. 33x.

Fot. 4: Centripetalna mikritizacija fragmenta ljušture školjkaša (centar fot.), djelomično (lijevo) i potpuno (desno) mikritizirane ljušturice foraminifera. Donji alb, Biokovo, pov. 33x.

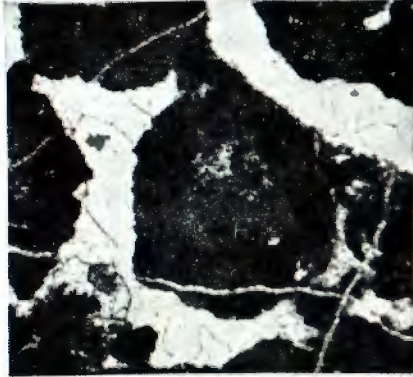
Fig. 4: Centripetal micritization of shell fragments (center of pict.), partly (left) and completely (right) micritized foraminifera shells. Lower Albian, Biokovo Mountain; magn. 33x.

Fot. 5 i 6: Ljušturice bentoskih foraminifera mikritizacijom pretvorene u kriptokristalasta zrnca slična intraklastima (fot. 5) i peletima, odnosno peloidima (fot. 6). Alb, Štinjan — Istra, pov. 33x.

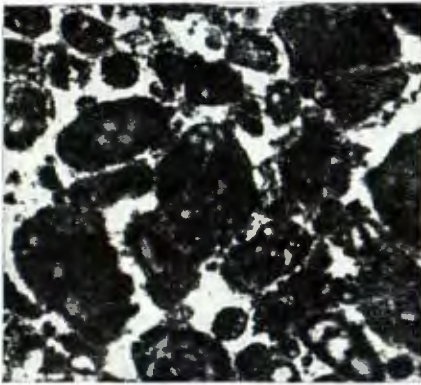
Fig. 5 and 6: Cryptocrystalline grains by micritic transformation of benthic foraminifera shells resembling to pellets and pelloids (fig. 6) and intraclasts (fig. 5). Albian, Štinjan — Istria; magn. 33x.



1



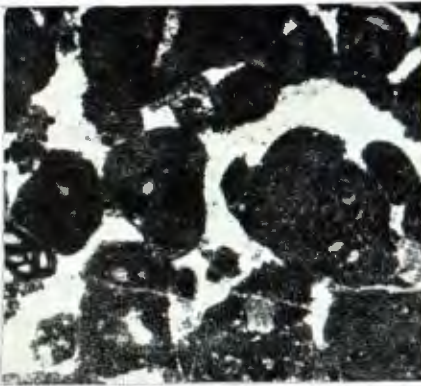
2



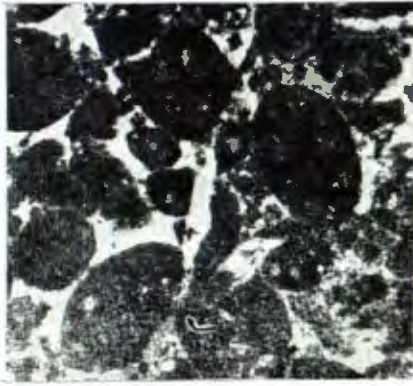
3



4



5



6

TABLA — PLATE III

Fot. 1: Dio skeleta gastropoda s pretežno »homoaksijalno« transformiranim primarnim aragonitom u kriptokristalasti do mikrokristalasti kalcit (lijevi, tamniji dio), a dijelom izgrađen od rubnog i makrokristalastog kalcitnog cementa koji se je izlučio na mjestu otopljenog aragonita. Kontura ovog dijela skeleta je prema cementu intergranularnih pora markirana mikritnom ovojnicom i rubnim zubica-stim cementom; Alb. Tarska vala — Istra, pov. 45x.

Fig. 1: A part of gastropoda skeleton with prevailingly »homoxial« transformation of primarily aragonite into cryptocrystalline to microcrystalline calcite (left, dark part), and partially built up of macrocrystalline calcite cement which was precipitated out in the place of dissolved aragonite. The contours of the skeleton against the interstices cement is marked by micritic envelope only. Lower Albian, Tarska vala — Istria; magn. 45x.

Fot. 2: Dio skeleta gastropoda markiran mikritnom ovojnicom. Primarni aragonit skeleta je pod utjecajem meteorskih voda uglavnom potpuno otopljen, a na njegovom se je mjestu izlučio makrokristalasti kalcitni cement. Samo manji dio skeleta izgrađuje kriptokristalasti kalcit nastao »homoaksijalnom« transformacijom iz aragonita. Alb, Tarska vala — Istra, pov. 35x.

Fig. 2: A part of gastropoda skeleton marked only by micrit envelopes. Primary aragonite was affected by meteoric water and dissolved mainly. New macrocrystalline calcite cement was formed on its place. Cryptocrystalline calcite become by »homoxial« transformation from aragonite, builds up a smaller part of the skeleton. Albian, Tarska vala — Istria, magn. 35x.

Fot. 3: Makrokristalasto-zrnasta struktura kokina vapnenca nastala kao posljedica ranodijagenetskog otapanja aragonita iz skeleta gastropoda i cementacije na taj način nastalih šupljina istovremeno kao i intergranularnih pora. Ranodijagenetski nazubljeni rubni cement s vanjske i unutrašnje strane mikritne ovojnice i identičan makrokristalasti cement s uklopcima organske materije unutar i izvan stijenke markirane ovojnicama ukazuju na cementaciju, a ne rekristalizaciju, Alb, Karigador — Istra, pov. 45x.

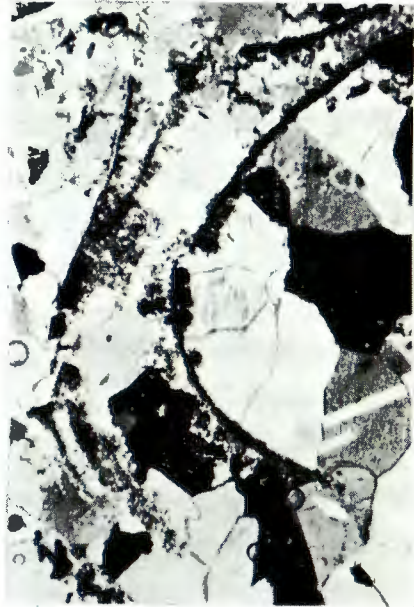
Fig. 3: Macrocrystalline texture of coquina limestones become as consequence of early diagenetic dissolution of aragonite from skeletons and cementation of newly formed spaces and intergranular pores. Early diagenetic fibrous cement from the inner and outer sides of micrite envelopes and identical macrocrystalline cement with inclusions of organic matter inside and outside of walls, marked by envelopes, point out cementation. Albian, Karigador — Istria; magn. 45x.

Fot. 4: Otopljeni aragonit nadomješten kalcitom, a potom i rekristalizacija, potpuno su uništile skelete zelenih algi, primarnu građu i strukturu biosparitno-biomikritnog vapnenaca. Proslojak bogat skeletima zelenih algi u stromatolitu. Neokom, Kufci — Istra, pov. 45x.

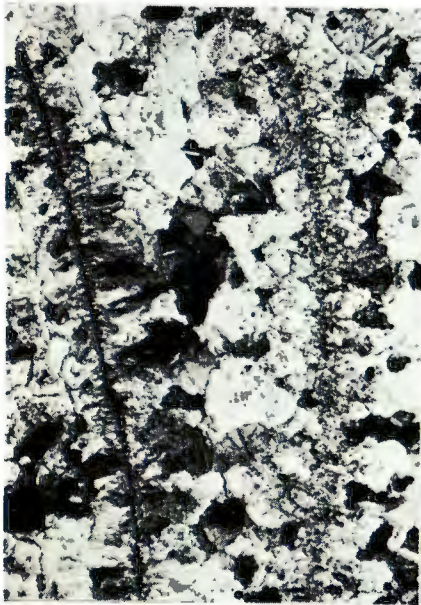
Fig. 4: Dissolved aragonite, precipitated, calcite and after that recrystallization destroyed green algae skeletons thoroughly, as well as primary texture and composition of biosparitic — biomicritic limestones. Interlayers full of green algae skeletons in LLH-stromatolite. Neocomian, Kufci — Istria; magn. 45x.



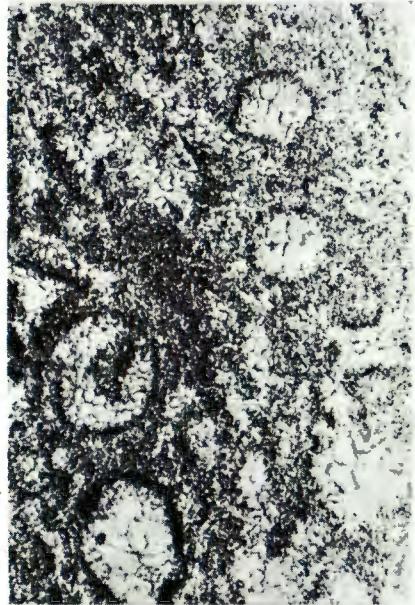
1



2



3



4