

POSTSEDIMENTNE DOLOMITIZACIJSKE BREČE U JURSKIM PLITKOMORSKIM KARBONATNIM SEDIMENTIMA MALOG ALANA NA JUŽNOM VELEBITU

Josip TIŠLJAR

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, YU – 41000 Zagreb

Ključne riječi: Postsedimentne dolomitizacijske breče; jurski plitkomorski karbonati Velebita; ritmička peritidalna sedimentacija; tempestiti; kasnodijagenetska dolomitizacija

U plitkomorskim, pretežno lagunarnim, mudstone/wackestone vapnencima dogera Malog Alana na južnom Velebitu često se kao članovi ritmičke sedimentacije nalaze tanji slojevi ooidnih grainstone vapnenaca i/ili proslojci olujnih breča (»tempestites«). Takva sedimentacija posljedica je naplavlivanja i taloženja ooidnog pijeska i/ili krupnijeg karbonatnog detritusa na lagunarne muljeve (mudstone/wackestone) zbog promjene energije vode djelovanjem struja valova, osobito olujnih valova.

Unutar takvih jednoličnih, ritmički sedimentiranih stijena, koje su mjestimično intenzivno kasnodijagenetski dolomitizirane, pojavljuju se u donjem i srednjem dogeru nekoliko pa do par desetaka metara debele zone vapnenačko–dolomitnih breča. Te se breče sastoje od tamnih »fragemata« vapnenaca i svijetlosivog dolomitnog veziva, međutim, to nisu nikakve sinsedimentacijske klastične vapnenačko–dolomitne breče, već su to postsedimentne dolomitizacijske breče nastale nepotpunom kasnodijagenetskom dolomitizacijom predhodno tektonski raspucanih i razdrobljenih dogerskih mudstone/wackestone vapnenaca. Ukoliko se takve breče poistovjete ili zamjene s bilo kojim tipom sinsedimentnih breča nastaju velike greške u tumačenju uvjeta i okoliša taloženja i interpretaciji paleomorfologije karbonatne platforme.

Uvod

Pri detaljnim geološkim istraživanjima karbonatnih terena, osobito pri izradi »nove« Osnovne geološke karte Jugoslavije 1:50.000, veliku ulogu u interpretaciji okoliša i uvjeta taloženja, litofacijesa, litostratigrafskih jedinica, tektonike i paleomorfoloških karakteristika imaju vapnenačko–dolomitne breče. Osim vapnenačko–dolomitnih breča koje pripadaju različitim tipovima intraformacijskih breča (desikacijske breče, peritidalne breče, tempestitske ili olujne breče), kataklastičnih breča (breče obrušavanja, breče urušavanja i otapanja, kolaps breče, tektonske breče), u našim karbonatnim terenima dinarskog i jadranskog područja često se nalaze i postsedimentne dolomitizacijske breče nastale nepotpunom kasnodijagenetskom dolomitizacijom tektonski raspucanih vapnenaca. Njihovo razlikovanje od intraformacijskih i sinsedimentacijskih vapnenačko–dolomitnih breča, kao i njihova pravilna genetska interpretacija je danas imperativ kod detaljnih geoloških istraživanja u okviru »nove« geološke karte, kao i sedimentoloških, litostratigrafskih, strukturnogeoloških i tektonskih interpretacija karbonatnih terena. U protivnom slučaju, tj. kod njihovo-

Key-words: Postsedimentary dolomitization breccia; Jurassic shallowmarine carbonates of the Velebit Mt.; rhythmic peritidal sedimentation; tempestites; late–diagenetic dolomitization

Thin layers of ooid grainstones and/or thin layers and intercalation of tempestite breccias are very frequent as a rhythmic sedimentation members in the shallow–marine, prevailing lagoonal, mudstone/wackestone Dogger limestones. Such a sedimentation is a consequence of carbonate mud deposition in lagoons and restricted shallows and temporary flooding and deposition of ooid sand and/or coarser detritus by enhanced water energy, i.e. stormy waves. The shallow–marine limestones in the Lower and Middle Dogger comprise zones of carbonate breccias thick several to tens meter, consisting of darkgray »fragments« of mudstone and wackestone and dolomite »cement«. This postsedimentary dolomitization breccias are definitely not synsedimentary formation, and became by incomplete late–diagenetic dolomitization of previously tectonized, fractured and crashed Dogger limestones. Their misinterpretation by a synsedimentary process, especially as a intraformational breccia type, since they appeared conformably stratified in the Dogger limestone, may lead to serious mistakes in interpretation of paleomorphology of carbonate platform and erroneous reconstruction of sedimentary environment and depositional conditions for the Dogger limestones.

vog poistovjećivanja s intraformacijskim, sinsedimentacijskim ili drugim brečama, nastaju dalekosežne posljedice i krive interpretacije kompleksne geološke problematike, posebice uvjeta i okoliša taloženja, paleomorfologije, sinsedimentacijske tektonike i litostratigrafskih karakteristika.

U ovom radu prikazani su na primjeru karbonatnih sedimenata dogera Malog Alana na južnom Velebitu (»Dinarska karbonatna platforma ili Dinaric« – Herak, 1986) rezultati istraživanja postsedimentnih dolomitizacijskih breča i dogerskih sedimenata, data je interpretacija okoliša i uvjeta taloženja dogerskih vapnenaca i vapnenačkih breča te interpretacija postanka dolomitizacijskih breča. Ukazano je na važnost i nužnost razlikovanja dolomitizacijskih od sinsedimentacijskih intraformacijskih vapnenačkih i/ili dolomitnih breča.

U radu su korištene stratigrafske i biostratigrafske granice, koje su pri zajedničkim terenskim istraživanjima i snimanju detaljnog geološkog stupa jurskih sedimenata, postavili B. Sokač i I. Velić pa im ovdje izražavam zahvalnost na korištenju tih podataka.

Sedimentološke i litofacijsne značajke gornjolijskih i dogerskih sedimenata Malog Alana

Tumač OGK list Obrovac (Ivanović et al., 1967) daje vrlo oskudne podatke o litološkim i sedimentacijskim značajkama gornjeg lijasu i dogera južnog Velebita. U gornjem lijasu se spominju fosilno sterilne naslage karakterizirane izmjenama sivih, tanje uslojenih vapnenaca i mrljastih pločastih laporovitih vapnenaca s ulošcima dolomita. Za vapnenice se navodi da su kriptokristalasti i mjestimično pseudooolitični, a mrljast izgled je posljedica neravnomjernog rasporeda glinovite komponente. U donjem dogeru isti su autori konstatirali izmjene sivosmedih vapnenaca homogene kriptokristalaste strukture sa sivosmedim kristaliničnim dolomitičnim vapnencima, a u gornjem dogeru prevladavaju debelo slojevitih sivih vapnenaca s rjeđim debelim slojevima i ulošcima dijagenetskih dolomita. U pogledu sedimentacijskih uvjeta navodi se samo »kontinuitet taloženja karbonatnih stijena od gornjeg trijasa do krede uz prevladavanje stabilnih uvjeta sedimentacije i taloženje vapnenaca, dolomita, laporovitih vapnenaca i vapnenih klastita«.

Nešto više podataka o litologiji i litostratigrafiji dogera Velebita, uz razlikovanje kalcilutitnih, biokalkarenitnih, litokalkarenitnih i kalciruditnih tipova vapnenaca sa sporadičnim interkalacijama ili lećama dijagenetskih dolomita u donjem dogeru, a u gornjem dogeru još i česte pojave intraformacijskih breča, dali su Nikler i Sokač (1968).

Dosada najcjelovitiji litološki i litofacijsni prikaz gornjeg lijasu i dogera Velebita nalazimo u radu o trijskim, jurskim i donjokrednim karakteristikama krškog dijela Dinarida zapadne Hrvatske (Sokač & Velić, 1979). U gornjem lijasu – zoni »mrljastih vapnenaca«, koju smatraju regionalnim litostratigrafskim markerom, oni spominju tanko slojevite mikrite i fosiliferne mikrite s nepravilnom kasnodijagenetskom dolomitizacijom i varijabilnom koncentracijom glinovitog materijala. Te vapnenice interpretiraju kao sedimente nešto jače reduktivnih okoliša dubljeg subtidala. U donjem dogeru u cenozoni *Mesoendothyra croatica*, isti autori su ustanovili litološki monotonu vapnenačku seriju sastavljenu od različitih tipova uglavnom mikrita, pelmikrita i fosilifernih mikrita u kojima se sporadično u gornjem dijelu pojavljuju intraspariti i oospariti te krupnozrnasti kasnodijagenetski dolomiti u obliku slojeva i leća. Smatraju da je u donjem dogeru Velebita i Velike Kapele prevladavala sedimentacija u zaštićenim okolišima dubljeg infralitorala. Gornji doger – cenozona *Selliporella donzelli* – po njima je litološki sličan donjem dogeru uz učestalije interkalacije različitih tipova sparitskih vapnenaca. Tu, osim toga, oni zapažaju intraformacijske breče, a slično kao i u donjem dogeru, i slojeve i nepravilne leće dolomita. Učestaliju pojavu biomikrita i ispranih biosparita povezuju s pojačanom turbulencijom vode, višom temperaturom i boljom aeracijom mora te postojanjem nešto plićih okoliša u odnosu na donji doger, što je rezultiralo boljim ekološkim uvjetima za razvoj karakterističnih formi dasikladacea i bentičkih foraminifera.

Litofacijsne i sedimentacijske značajke gornjeg lijasu

Detaljnim litofacijsnim i sedimentološkim istraživanjima jure na području Malog Alana na južnom Velebitu dobiveno je niz novih podataka od kojih će ovdje biti prikazan samo dio neophodan za razumjevanje problematike pojavljivanja, genezu i uloge breča na koje se ovaj rad prvenstveno odnosi.

Gornji lijas Malog Alana se odlikuje tankoslojevitim (0,05–0,20 m), pepeljastovitim do smedastovitim, zbog bioturbacija mrljastim, vapnencima i kasnodijagenetski neravnomjerno i nejednolično intenzivno dolomitiziranim vapnencima. Izrazito prevladavaju mudstone tipovi (mikriti) jako bioturbirani u obliku valjkastih tragova rovanja promjera oko 8–14 mm. Samo sporadično gusta mikritna masa sadrži sitno fosilno trunje, a sitni peleti ili mrvičasti mikrit redovito ispunjavaju tragove rovanja. Mikritna masa tih vapnenaca je vrlo često nejednolično intenzivno kasnodijagenetski dolomitizirana, bilo pojedinačnim raspršenim, bilo u nepravilna gnijezda i mase nakupljenim, hipidiomorfim do idiomorfim dolomitnim kristalićima promjera 0,05 – 0,10 mm. Bioturbacije prvenstveno, a neravnomjerna kasnodijagenetska dolomitizacija u manjoj mjeri, uzrok su mrljastog izgleda i po boji mrljastog nejednoličnog trošenja gornjolijskih mudstone, odnosno tzv. »mrljastih vapnenaca«.

Gornjolijski vapnenci su taloženi u plitkom subtidalu zaštićenog plićaka s prevladavanjem reduktivnih uvjeta u koji su plimskim strujama vrlo niske energije naplavljavane i taložene velike količine najsitnijeg karbonatnog taloga (uglavnom mulja, rjeđe peleta i sitnog fosilnog kršja). Neprekidno naplavljanje i akumulacija najsitnijih frakcija karbonatnog taloga u najpliće djelove zaštićenog plićaka i/ili lagune uzrok je praktički potpunog nedostatka autohtonih ali i naplavljenih alohtonih mikrofosila u tim vapnencima. Jaka bioturbacija posljedica je obilatog nastanjivanja mulja crvima muljojedima i njihove intenzivne životne djelatnosti.

Litofacijsne i sedimentacijske značajke dogera

Na »mrljastim vapnencima«, odnosno bioturbiranim vapnencima, gornjeg lijasu u kontinuitetu plitkomorske sedimentacije u nešto izmjenjenim uvjetima i okolišima taloženja slijede dogerski vapnenci. Za razliku od gornjeg lijasu vapnenci donjeg i srednjeg dogera Malog Alana su debeloslojeviti, ne sadrže bioturbacije, a često se odlikuju ritmičkom sedimentacijom: mudstone – ooidni grainstone ili mudstone/wackestone – onkoidni floatstone – intraklastični i/ili bioklastični grainstone/rudstone. U svakom pojedinom ritmu najdeblji član su mudstone ili mudstone/wackestone vapnenci. U vršnom dijelu donjeg dogera i u donjem dijelu srednjeg dogera nalaze se nekoliko desetaka metara debele zone postsedimentnih dolomitizacijskih breča, koje će detaljnije biti prikazane u slijedećem poglavlju.

Debeloslojeviti mudstone i mudstone/wackestone vapnenci, kao prevladavajući litološki član u donjem i srednjem dogeru, bilo unutar ritmičke sedimentacije, bilo izvan nje, sastoje se od gusto pakovanog

karbonatnog mulja – mikrita i sitnih peleta. U vršnim dijelovima takvih 0,5 do 1,5, rjeđe i do 3 m, debelih slojeva mjestimično se nalaze proslojci onkoidnih floatstone vapnenaca (onkomikrudita) s krupnim, nepravilnim cianoidnim onkoidima u mikritnom matriksu ili proslojci i lamine peletnih wackestone vapnenaca (pelmikrita). Ovi posljednji se odlikuju različitom gustoćom pakovanja, rasporeda i udjela sitnih kuglastih peleta, mikritnog matriksa i ljušturica ostrakoda. Razmjerno često ovaj tip vapnenaca donjeg dogera sadrži idiomorfne heksagonalne i bipiramidalne kristale autigenog kvarca dimenzija od 0,05 – 0,30 mm, koji su nastali potiskivanjem karbonata, tj. dijagenetskim silicifikacijskim procesima.

Ooidni grainstone vapnenci (oospariti), koji se u pravilu ritmički izmjenjuju s mudstone/wackestone i/ili floatstone vapnencima, odlikuju se odlično sortiranim, 0,4 – 0,6 mm velikim, ooidima, pretežno s tangencijalnom, rjeđe radijalnom, građom ovoja. Nerijetko se nalaze i intenzivno mikritizirani ooidi, što ukazuje da oni nisu stvarani u toj sredini već su u nju naplavljani.

Po površini ooida izlučen je obično ranodijagenetski vlaknasti, a u intergranularnim porama mikrokristalasti druzni kalcitni cement. Pored ooida ovaj tip vapnenaca obično sadrži i manji udio dobro zaobljenih intraklasta, fragmenata bodljikaša i gastropoda te onkoide tipa algalnih lopti i kortoide (= obavijeni bioklasti) tako da po sastavu i strukturi ima značajke stijene plaža (»beach rocks«). Mjestimično se, osobito u donjem dijelu donjeg dogera, umjesto ooidnih grainstone pojavljuju ehinodermsko–intraklastični grainstone/rudstone vapnenci, odnosno biointraspariti ili biointrasparuditi, a u srednjem dogeru oni često sadrže krhotine ljuštura školjkaša i mikritizirane bentičke foraminifere.

U srednjem dijelu donjeg dogera, uz spomenutu ritmičku sedimentaciju, česti su i ritmovi: mudstone/wackestone – intraklastični rudstone ili »mud pebble« konglomerat, odnosno olujna breča ili tempestiti. Intraklastični rudstone tu se sastoji od krupnih, 1–15 mm velikih, zaobljenih intraklasta pretežno mikritne, biomikritne i pelmikritne strukture, a rjeđe sadrži obavijene bioklaste ili kortoide gastropoda i cianoidne onkoide.

»Mud pebble« konglomerati su sastavljeni od krupnih plastiklasta, tj. plastično deformiranih, primarno mekanih, međusobno zbijenih i zgniječenih intraklasta mrvičasto mikritne i mikritne strukture. Zbog kompakcije i plastičnih deformacija između plastiklasta ne postoji značajniji intergranularni porozitet pa te stijene sadrže vrlo malo cementa i/ili matriksa.

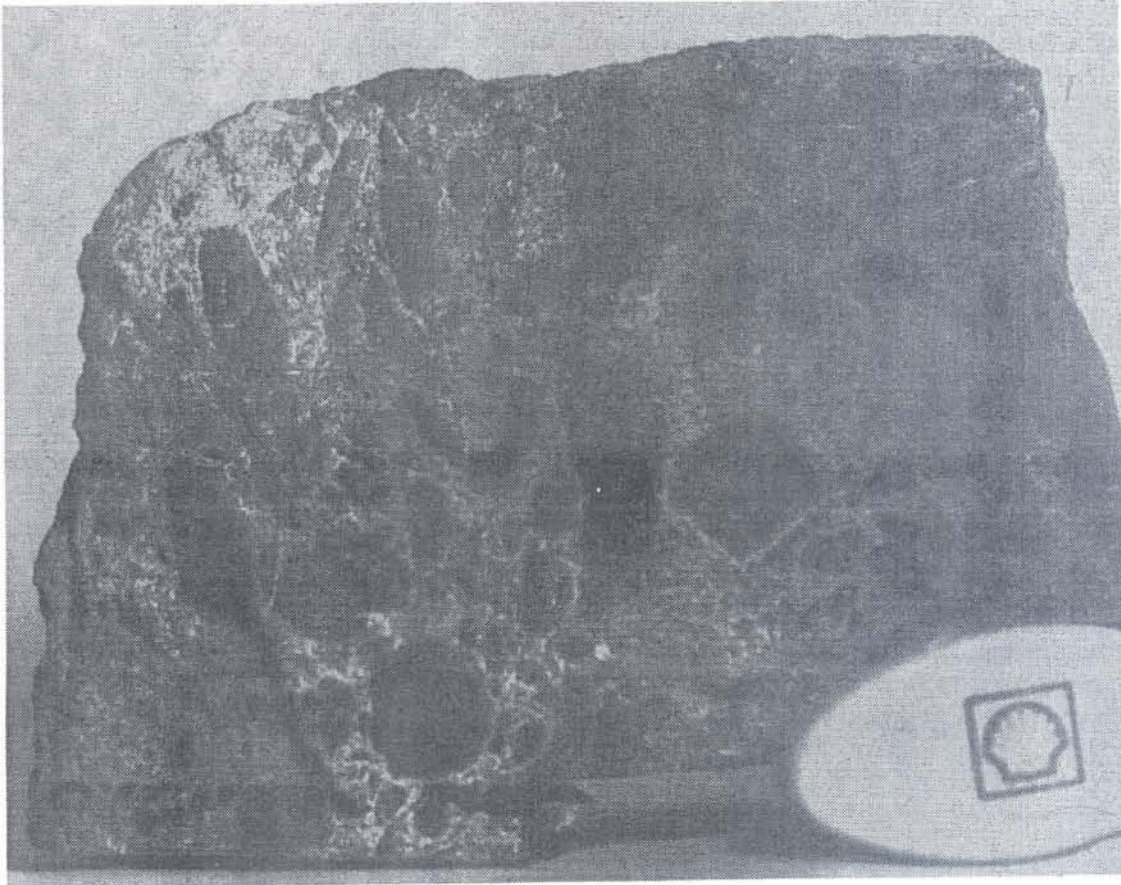
Tempestiti, odnosno olujne breče, odlikuju se po pružanju nejednoličnom debljinom sloja, međusobno varijabilnim udjelom i rasporedom krupnih fragmenata mudstone/wackestone i floatstone vapnenaca te sitnozrnastog matriksa grainstone tipa. Krupni fragmenti su zapravo intraklasti nastali razaranjem poluočvrstnutih i već očvrstnutih taloga uslijed povišene energije vode, koji su zajedno s nevezanim peletnim, intraklastičnim i onkoidnim karbonatnim pijeskom olujnim valovima naplavljani i nabačeni u najpliće dijelove prostranog plićaka ili lagune.

Gornji doger ne pokazuje bitne litološke i sedimentološke razlike u odnosu na donji i srednji doger jer i dalje dominiraju debeloslojeviti mudstone vapnenci, koji sada nešto češće sadrže foraminiferske i peletne wackestone/packstone proslojke. Učestalija je ritmička sedimentacija mudstone/wackestone – intraklastično/bioklastični grainstone i mudstone/wackestone – onkoidni i/ili bioklastični grainstone/rudstone, a rjeđe se, za razliku od donjeg i srednjeg dogera, kao završni član ritma pojavljuje ooidni grainstone.

Onkoidni i/ili bioklastični grainstone/rudstone vapnenci sadrže krupne (0,5–10 mm), nepravilno–grudaste onkoide (cianoidi, algalne lopte), kortoide gastropoda te s podređenim udjelom ljušturice bentičkih foraminifera, krhotine bodljikaša i školjkaša. Ovaj tip vapnenaca odlikuje se visokim udjelom sparikalcita u obliku mozaičnog druznog i mjestimično ranodijagenetskog vlaknastog kalcitnog cementa. U mladim dogerskim vapnencima, uglavnom mudstone tipa sa sporadičnim proslojcima onkoidnih i foraminiferskih wackestonea, učestale su intraformacijske vapnenačke breče sastavljene od nesortiranih i nezaobljenih fragmenata podinskih vapnenaca i mikritnog matriksa, a rjeđe i kalcitnog cementa. Pretežni dio tih breča pripada tempestitima (olujnim brečama), a manji dio peritidalnim brečama nastalim uslijed oplićavanja, izronjavanja, prekida u sedimentaciji, desikacija i pretaložavanja fragmenata strujama plime i oseke.

U ukupnom litološkom sastavu dogerskih sedimentata značajni udio imaju kasnodijagenetski dolomiti. Osobito ih često nalazimo, mjestimice i kao dominantan litološki član, u najmlađem dijelu srednjeg i donjem dijelu gornjeg dogera. Uz slabije ili jače kasnodijagenetski dolomitizirane vapnence tako da se nalaze svi međusobni postupni prelazi od čistih vapnenaca u dolomite s reliktima vapnenaca, tu se pojavljuju masivna ili debelostojevita nepravilna tijela ili mase čistih kasnodijagenetskih makrokristalastih dolomita.

Interpretacija uvjeta i okoliša sedimentacije u dogeru Malog Alana je na osnovi litoloških značajki, tekstura i ritmičke sedimentacije slijedeća: tokom dogera prevladavala je sedimentacija karbonatnog mulja u uvjetima i okolišima prostranih zaštićenih plićaka i laguna na unutrašnjem dijelu karbonatne platforme. U takve plićake i lagune, koje su selile po platformi u vremenu i prostoru, kako to pokazuje ritmička sedimentacija mudstone – ooidni grainstone i mudstone/wackestone – onkoidni floatstone – bioklastično/intraklastični grainstone/rudstone, zbog periodičkih promjena energije vode bio je iz susjednih plićaka s pokretljivom vodom ili otvorenih plićaka naplavljivan krupnozrnati karbonatni detritus. Pretežno je to bio ooidni, intraklastični i bioklastični pjeskoviti detritus (grainstone), a povremeno i intraklastični, onkoidni i bioklastični detritus krupnijeg zrna (rudstone). Zbog promjene energije vode i višekratnog premještanja takvog detritusa djelovanjem struja i valova, plićaci i lagune u koje je takav pješćani detritus bio naplavljivan, povremeno mjestimično poprimaju odlike pješćanih i plimskih prudova (»sand bars«, »tidal bars«) ili plićaka s pokret-



Slika 1: Postsedimentna dolomitizacijska breča. »Fragmenti« vapnenca (tamno) u makrokristalastom dolomitnom »vezivu« (svijetlosivo). Povećanje ca 1,2 x.

Fig. 1: Postsedimentary dolomitization breccia. Limestone »fragments« (dark) in the macrocrystalline dolomite »cement« (light-gray). Mgn. ca 1,2 x.

ljivom vodom i značajkama pješčanih plaža (»beach rock environments«).

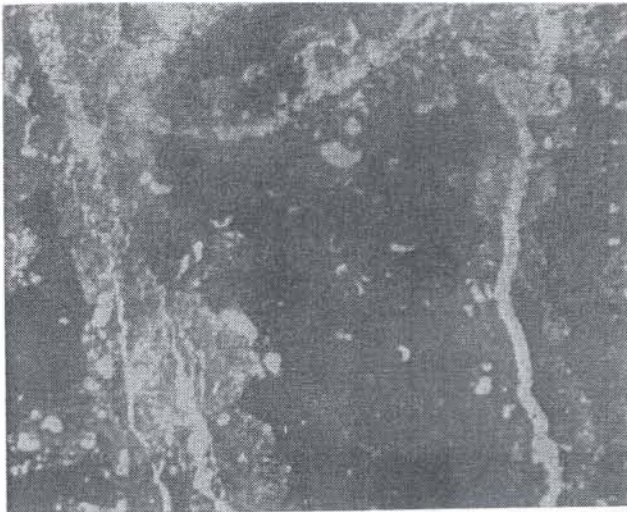
Pri jačoj energije vode, osobito olujnim valovima, u plićacima i lagunama ili samo njihovim najplićim dijelovima, akumulira se naplavljeni krupni detritus (tempestiti ili olujne breče i »mud pebble« konglomerati) kojim katkada završava ritmička sedimentacija mudstone/wackestone – intraklastični rudstone – breča i/ili »mud pebble« konglomerat (tempestite). Pred kraj dogera u ovom je području vjerojatno došlo, ne samo do jače promjene energije vode već i, do češćih oplićavanja koja su uzrokovala taloženje intraformacijskih breča.

Postsedimentne dolomitizacijske breče

Unutar jače ili slabije kasnodijagenetski dolomitiziranih, u predhodnom poglavlju detaljnije opisanih i sedimentološki interpretiranih, plitkomorskih vapnenaca gornjeg dijela donjeg i donjeg dijela srednjeg dogera učestalo se pojavljuju nekoliko metara do par desetaka metara debele zone svijetlo do tamnosivih vapnenačko–dolomitnih breča. Makroskopski se odlikuju vrlo jednoličnim »brečastim« izgledom: tamnosivim »fragmentima« vapnenaca u pepeljastosivom dolomitnom »vezivu« (Slika 1). Tamnosivi »fragmenti« imaju vrlo varijabilne dimenzije i oblike. U istom uzorku se obično zajedno nalaze vrlo sitni (0,5–4 mm) i krupni (10–100 mm) tamnosivi vapnenački »fragmenti« nepravilnih oblika često bez

uglova i oštih ivica s očiglednom tendencijom »zaobljavanja«. Ta tendencija »zaobljavanja« nije posljedica zaobljavanja pri transportu nego je to posljedica otapanja i korozije, odnosno potiskivanja vapnenca dolomitom. U pravilu takvi »fragmenti« nemaju međusobnu potporu već »plivaju« u svijetloj kristaliničnoj dolomitnoj masi (Slika 1). Pažljivim promatranjem lupom, a osobito u mikroskopskim izbruscima, zapaža se da u istom uzorku svi takvi »fragmenti« pripadaju istom strukturnom tipu vapnenca (Slika 3). Redovito je to mudstone ili peletni wackestone. Mjestimično, posebno kod breča s višim udjelom vapnenačkih »framenata«, a nižim udjelom dolomitne mase, vapnenački »fragmenti« tvore mozaik koji po konturama svakog pojedinog i svih framenata zajedno jasno ukazuje da su nastali pucanjem i razdvajanjem iz iste stijene i da nisu pretrpjeli praktički nikakav prenos (slika 2). Dakle, to su in situ nepotpuno dolomitizirani, razdrobljeni i tektonski raspucani komadi istog sloja vapnenca. Zbog korozije rubova i potiskivanja vapnenca dolomitom pri kasnodijagenetskoj dolomitizaciji manji fragmenti u jače razdrobljenim dijelovima stijene više nisu zadržali oštrobriđne i uglaste oblike nego su postali više–manje zaobljeni komadi–relikti vapnenca slični valuticama kuglastog, elipsoidnog ili vretenastog oblika (slika 1).

Mikroskopski ove breče pokazuju specifične značajke »brečaste« grade. Unutar makrokristalastog kasnodijagenetskog dolomita, koji je vrlo sličan



Slika 2: Mikroskopski izbrusak postsedimentne dolomitizacijske breče obojen alizarin crvenim S: Kasnodijagenetska dolomitizacija (sivo) raspucanog vapnenca duž i oko tektonskih pukotina. Povećanje 33 x.

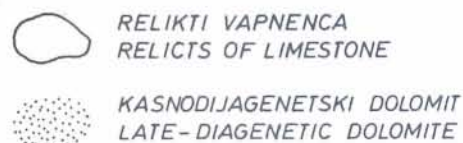
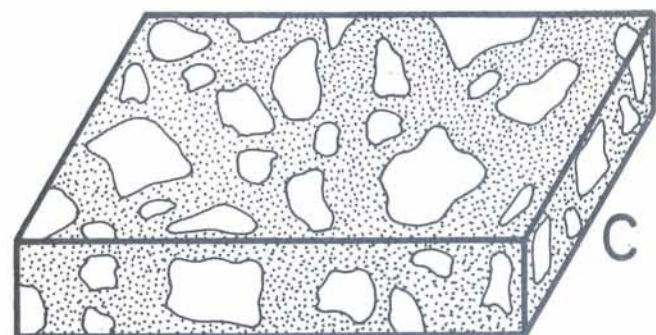
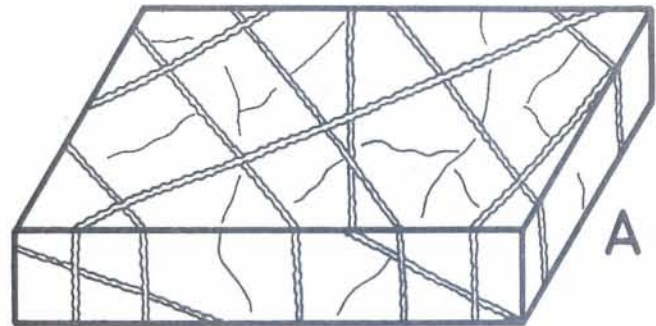
Fig. 2: Stained thin section of the postsedimentary dolomitization breccia: late-diagenetic dolomitization of the limestone (dark) along and around of the tectonic cracks (gray). Magn. 33 x.



Slika 3: Mikroskopski izbrusak dolomitizacijske breče: nepotpuno kasnodijagenetski dolomitizirani razdrobljeni vapnenac (tamno) od kojeg su preostali samo nepravilni relikti. Granica vapnenac-dolomit, kao i konture vapnenačkih relikata, jasno pokazuju da se tu ne radi o klastima vapnenca u dolomitnom cementu. povećanje 33 x.

Fig. 3: Stained thin section of the dolomitization breccia: incompletely late-diagenetic dolomitization of the crumbled limestone (dark irregular fragments). Boundary between limestone relicts and dolomite crystal obviously show all characteristics of the late-diagenetic dolomitization not at all dolomite cementation of the limestone fragments. Magn. 33 x.

vezivu kod klastičnih breča, pojavljuju se fragmenti vapnenca mudstone ili wackestone tipa, koji su po konturama nepravilno i neravnomjerno dolomitizirani (slika 2 i 3). Konture tih vapnenačkih relikata ili fragmenata, kao i njihov odnos prema okolnom dolomitu, jasno pokazuju da se ovdje radi o potiskivanju vapnenca dolomitom pri kasnodijagenetskim dolomitizacijskim procesima (slika 3). Takva dolo-



Slika 4: Shematski prikaz postanka postsedimentnih dolomitizacijskih breča: A - tektonsko pucanje i drobljenje vapnenca; B - cirkulacija pornih otopina koje donose Mg^{2+} -ione duž pukotina i zdrobljenih zona i njihovo penetriranje u okolni vapnenac; C - nepotpuna kasnodijagenetska dolomitizacija vapnenca duž i oko pukotina i razdrobljenih zona tako da u dolomitu ostaju uklopljeni korodirani relikti vapnenca u obliku vapnenačkih »fragmenata«.

Fig. 4: Schematic drawing of the three phase origin of the postsedimentary dolomitization breccias: A - Thick-bedded or massive limestone is crashed and fractured intensively by some younger tectonics. B - Circulation of pore-water along fractured zones bearing Mg^{2+} -ions. Its penetration into bordering zone of limestone fragments. C - Late-diagenetic dolomitization of the limestone fragments progressed centripetally into limestone fragments with gradual dolomitization of edges and sharp fragments. Result: partly dolomitized limestone relicts in dolomite mass.

mitizacija je centripetalno napredovala od pukotine ili razdrobljene zone u vapnenački fragment (slika 2), tj. postupno je napredovala od ruba prema centru takvog vapnenačkog fragmenta, ali u pravilu nije zahvatila cijeli fragment (slika 3). Na taj način fragmenti vapnenaca u dolomitu su zapravo nepotpuno dolomitizirani relikti raspucanih i tektonski razdrobljenih vapnenaca što stijenama daje izgled i karakteristike vapnenačko-dolomitnih breča s »fragmentima« vapnenaca u dolomitnom »vezivu« (slika 1). Najintenzivnije, odnosno često i potpuno, dolomitizirana je sitnorazdrobljena stijena, a samo djelomično fragmenti većih dimenzija i to u pravilu od ruba prema centru. Zbog toga gotovo redovito takvi fragmenti vapnenaca »plivaju« u makrokristalastom dolomitnom »vezivu«, kako je to lijepo vidljivo na slici 1. Tamo gdje nije bilo drobljenja vapnenca već je on samo bio intenzivno raspucan dolomitizacija je napredovala duž prslina i difuzno se širila od prslina u unutrašnjost vapnenačkih komada (slika 2).

Diskusija i zaključci

Objašnjenje postanka opisanih breča shematski je prikazano na slici 4 u tri glavne faze za slučajeve kada je vapnenac predhodno bio intenzivno tektonski raspucan i razdrobljen. Slično tumačenje, ali s bitno smanjenim intenzitetom dolomitizacije, vrijedi i za slučajeve kada su vapnenci bili samo tektonski raspucani a ne i drobljeni. U dogeru Malog Alana prevladava prvi slučaj, tj. intenzivna ali nepotpuna kasnodijagenetska dolomitizacija tektonski razdrobljenog i raspucanog vapnenca (slika 4). U prvoj fazi (A na sl.4) debeloslojeviti ili masivni mudstone i wackestone vapnenci su intenzivno tektonski drobljeni. Duž razdrobljenih zona i prslina cirkulirale su porne otopine koje su donosile Mg^{2+} -ione. Pri tome one su i difuzno prodirale u manje i veće fragmente vapnenaca i to od njihovog ruba prema centru (faza B na sl. 4). Zbog neprestane cirkulacije takvih otopina, uz donošenje Mg^{2+} -iona i odnošenje Ca^{2+} -iona iz kalcita vapnenca, zbiva se dugotrajan proces kasnodijagenetske dolomitizacije raspucanog i razdrobljenog vapnenca od kojeg zaostaju samo centralni dijelovi fragmenata (faza C na sl.4). Jasno je, da se pri tome sitniji fragmenti, odnosno jako razdrobljeni dijelovi vapnenca, dolomitiziraju potpuno, a krupniji fragmenti najčešće samo centripetalno, tj. po rubovima, ivicama i uglovima. Kako mudstone i wackestone vapnenci imaju homogenu strukturu i razmjerno nizak porozitet, difuzno prodiranje pornih otopina od ruba prema centru fragmenata je više-manje jednolično, vrlo slabo i sporo pa je njihova dolomitizacija nepotpuna i centripetalna, što fragmentima daje oblike slične valuticama jer je uglavnom potpuno dolomitiziran samo njihov vanjski rub, osobito ivice i uglovi.

Breče nastale kombinacijom ovako opisanih tektonskih i kasnodijagenetskih dolomitizacijskih procesa ne smijemo nazivati niti samo tektonskim, a još manje jednostavno samo vapnenačkodolomitnim brečama. To su postsedimentne dolomitizacijske breče, koje unutar sedimenata u kojima se konkordantno pojavljuju imaju sasvim

drugačiju ulogu i značenje od tektonskih, a osobito intraformacijskih ili sinsedimentacijskih vapnenačkih ili vapnenačkodolomitnih breča. Velike greške u tumačenju uvjeta i okoliša taloženja, paleomorfologije karbonatne platforme i sinsedimentacijskih procesa nastale bi ukoliko se postsedimentne dolomitizacijske breče poistovjete ili zamjene s intraformacijskim, peritidalnim ili bilo kakvim drugim sinsedimentacijskim brečama. U konkretnom opisanom primjeru litofacijsno i sedimentološki interpretiranim dogerskim karbonatnim sedimentima Malog Alana poistovjećivanje ovih breča s bilo kojim tipom sinsedimentacijskih klastičnih breča iziskivalo bi bitno mjenjanje interpretacije okoliša taloženja, uvjeta i paleomorfologije na karbonatnoj platformi. Nužno bi bilo uvođenje strmije morfologije, intenzivnije sinsedimentacijske tektonike, emercija i slično.

S obzirom da su postsedimentne dolomitizacijske breče dosta česte u jadranskom i dinarskom krškom području, (često sam ih nalazio na pr. u juri Velike Kapele, Velebita i Platka), nužno se nameće i problem njihovog odgovarajućeg prikaza u stratigrafskim stupovima i na geološkim kartama, osobito na »novoj« karti. Naime, takve breče ne smijemo u stratigrafskom smislu jednostavno prikazati kao breče one kronostratigrafske jedinice kojoj pripadaju matični vapnenci koji su naknadno tektonski drobljeni i parcijalno kasnodijagenetski dolomitizirani. Konkretno, ukoliko bi u stupu dogerskih sedimenata Malog Alana opisane breče jednostavno samo prikazali kao konkordantan član, a one su tu zaista konkordantno uložene u dogerske sedimente, tada bi iz stupa proizašlo da su te breče nastale u dogeru. To pak, jasno, povlači za sobom sve one spomenute probleme o interpretaciji uvjeta i okoliša taloženja, sinsedimentacijske tektonike isl. Takve breče je nužno, ne samo razlikovati od sinsedimentacijskih breča, nego ih i adekvatno označiti unutar kronostratigrafske serije sedimenta, dakle u geološkom stupu. U našem primjeru one bi u stratigrafskom stupu i detaljno snimljenom litofacijsnom i biofacijsnom stupu morale biti grafički i teksturalno prikazane kao »postsedimentne dolomitizacijske breče nastale tektonskim drobljenjem i kasnodijagenetskom dolomitizacijom vapnenaca donjeg i srednjeg dogera«. Na pitanje kada su se ti procesi dogodili odgovor bi trebala dati kompleksna petrološka, tektonska, strukturnogeološka i biostratigrafska istraživanja, ali neosporna je činjenica da su one po postanku bitno mlade od dogera premda su na terenu konkordantno uložene u dogerske vapnence i da fragmenti vapnenaca u njima pripadaju dogeru.

Primljeno: 3. I. 1990.

Prihvaćeno: 4. VI. 1990

LITERATURA

- Herak, M. (1986): A new concept of geotectonics of the Dinarides. — *Acta geologica*, 16/1, Prir. istraž., 53, JAZU, 1–42, Zagreb.
- Ivanović, A., Sokač, B., Vrsalović — Carević, I., Zupanić, J. (1967): Osnovna geološka karta SFRJ; Tumač za list Obrovac L 33–140, Inst. za geol. istr. Zagreb, Sav. geol. zavod, 61 str., Beograd.

Nikler, L. Sokač, B. (1968): Biostratigraphy of the Jurassic of Velebit, Croatia. (Biostratigrafija jure Velebita). — *Geol. vjesnik*, 21, (1967), 161–174, Zagreb.

Sokač, B. & Velić, I. (1979): Triassic, Jurassic and Lower Cretaceous of the karst part of the Dinarids in the Western Croatia. In: K. Drobne (edit.): Geological development in Slovenia and Croatia. 16th European micropaleontological colloquium, 79–101, Ljubljana.

Postsedimentary Dolomitization Breccias in the Jurassic Shallow-Marine Carbonate Sediments of the Mali Alan-South Velebit Mt.

J. Tišljar

A zone of limestone–dolomite breccias, thick a few to tens meter occurs in the series of the platform, shallow–marine limestones and late–diagenetic dolomites, belonging to the Lower and Middle Dogger of the Mali Alan on Southern Velebit Mt., together with the intraformational breccias (peritidal and tempestite breccias). Regarding their sedimentary environment and formation conditions, they differ markedly from the surrounding limestones and tempestites as well as from intraformational breccias, in which they are interstratified.

The Dogger limestones surmounts in continuation the Upper Liassic bioturbation–bearing »Spotty limestones«, deposited in reducing subtidal shallows, with low energy water. In contrary to the Upper Liassic limestones, the Lower and Middle Dogger ones are thick–bedded, without bioturbation, characterized by rhythmic sedimentation: mudstone – ooid grainstone or rhythmic sedimentation: mudstone/wackestone – ooid floatstone – bioclastic/intraclastic grainstone to rudstone. In the middle part of the Lower Dogger, there are very frequent rhythms: mudstone – intraclastic rudstones or »mud pebble conglomerates«, i.e. tempestite breccias. The Upper dogger does not exhibits essential lithological and sedimentary characteristics in relation to the Lower and Middle Dogger. In that respect, more frequent are peletal and skeletal wackestone/packstone, and rhythmic sedimentation: mudstone/wackestone – intraclastic and/or bioclastic grainstone/rudstone, and less often, as a final rhythmic member appears ooid grainstone. Very often in the Uppermost Dogger limestone one may find intraformational breccia intercalations, of tempestite type mostly. Peritidal breccias formed by redeposition of abraded limestones, because of shallowing and change in water energy are less frequent. Share of late–diagenetic dolomites or more or less late–diagenetic dolomitized mudstones/wackestones and grainstones in the complete lithological Dogger sequence at mali Alan is significant as well.

In the Dogger time, sedimentation of carbonate mud in vast, restricted shallows or lagoons on the inner carbonate platform side prevailed. Coarser carbonate detritus had been loaded in shallows and/or lagoons from neighbouring parts of the carbonate platform by periodical change in water energy. It was ooid, intraclastic and bioclastic sands (grainstone member of the rhythmic sedimentation) predominantly, less often coarse grained ooidal, intraclastic and bioclastic detritus (rudstone member

of the rhythmic sedimentation). Such a way in detritus transport as well as in redeposition by tidal streams and waves facilitated tidal bars formation in shallows and vast lagoons. During stormy weather, wave activity accumulated the coarsest carbonate detritus and caused tempestite breccia formation in the shallowest part of the shoals.

Carbonate breccias, thick several to tens of meter appear in the upper part of the Lower Dogger and in the lower part of the upper part of the Middle Dogger, shallow marine limestones and late–diagenetic dolomites, described so far. The breccias have got monotonous composition: dark–gray limestone »fragments« and light–gray dolomite »cement« (Fig.1). The »fragments« are variable in dimension and shape, and all belong to mudstone and wackestone to floatstone Dogger limestones. Irregular, tiny (0,5–4 mm) and coarse (10–100 mm) limestone »fragments« usually come together. As a rule, their are not grain supported but rather »float« in dolomite »cement« (fig.1). Frgment edges and angles are notably rounded as a consequence of corosion, disolution and replacement of limestones by dolomite.

The breccias have been interpreted as a postsedimentary dolomitization breccias. Their origin has been displayed schematically in three phases in Fig. 4.

The first phase (A), thick–beded or massive mudstone/wackestone or rarer floatstone limestones were crashed and fractured intensively by some younger tectonics. Pore–water was circulating along fractured zones bearing Mg^{2+} –ions. Its penetration and diffusion into bordering zone of smaller or greater limestone fragments (phase B) enabled their late–diagenetic dolomitization. It is clear, that the most intensive late–diagenetic dolomitization accured along fractured zones and fissures in limestones. Dolomitization, however, progressed centripetally into limestone fragments with gradual dolomitization of edges and sharp fragments (phase C). This is origin of the late–diagenetic, partly dolomitized limestones with characteristic limestone–dolomite breccias (fragments or limestone relicts in dolomite mass, Fig. 1, 2 and 3). If the postsedimentary dolomitization breccias are misinterpretad as syndimentary variety it will cause erroneous interpretation of sedimentary and environmental condition of the Dogger limestone formation as well as misunderstanding of paleomorphological characteristics on the carbonate platform.