

10. KARBONATNE SEDIMENTNE STIJENE

• VAPNENCI I DOLOMITI

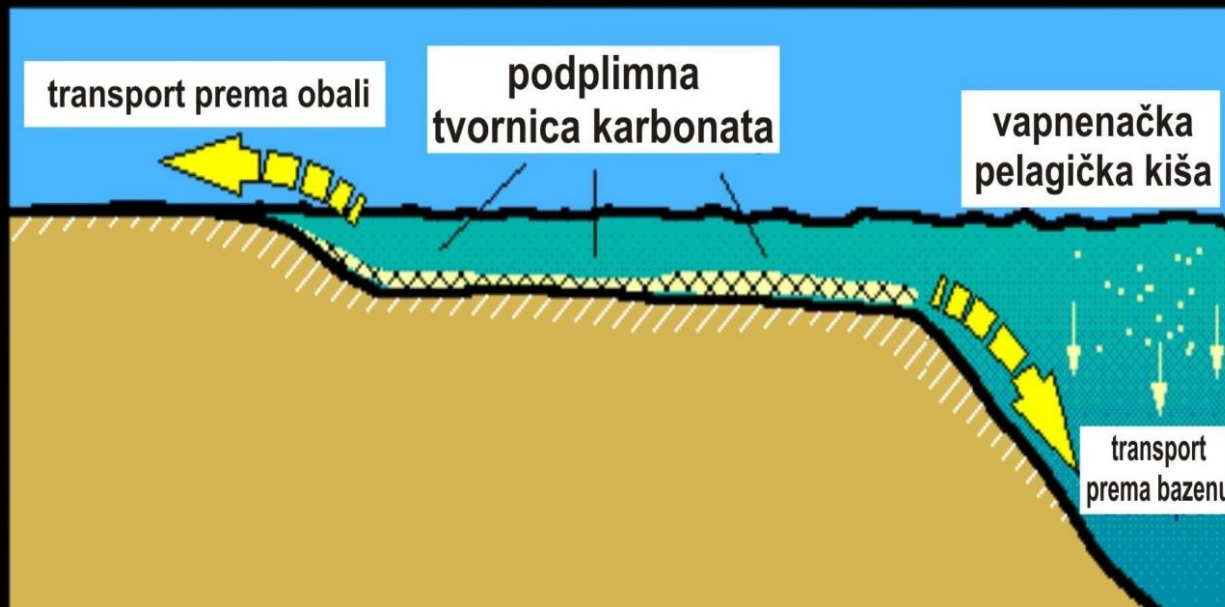
- karbonatne sedimentne stijene
- pretežno izgrađene od karbonatnih minerala (prim., kalcit, dolomit)
- drugačijeg načina postanka i djelovanja od siliciklastičnih stijena

SILICIKLASTIČNI SEDIMENTI	KARBONATNI SEDIMENTI
Nalaze se svuda po svijetu na svim dubinama.	Većinom se nalaze u plitkim, tropskim okolišima.
Potječu iz marinskih i terestičkih okoliša.	U pravilu potječu iz marinskih okoliša.
Veličina zrna ovisi o hidrauličkoj energiji okoliša.	Veličina zrna u sedimentu ovisi o veličini skeleta organizama i kalcificiranih tvrdih fragmenata.
Mulj indicira taloženje iz suspenzije.	Vapneni mulj pokazatelj je prisutnosti i rasta organizama čiji su kalcificirani dijelovi izgrađeni od kristala veličine mulja.
Plitkovodna pješčana tijela rezultat su djelovanja oceanskih struja i valova.	Plitkovodna vapnena pješčana tijela rezultat su lokalnih kemijskih reakcija.
Promjene u sedimentnim okolišima odgovaraju promjenama hidrauličkog režima.	Sedimentni okoliši mogu se mijenjati bez promjena u hidrauličkom režimu.
Ostaju nekonsolidirani na dnu mora.	Sedimenti su cementirani na morskome dnu.
Periodičko izlaganje tijekom taloženja nema utjecaja na dijagenezu sedimenata.	Periodičko izlaganje sedimenata tijekom taloženja dovest će do dijageneze.

- uglavnom biološkog podrijetla, a mogu nastati i anorganskim kemijskim procesima

“Carbonate sediments are born, not made.” James, 1984

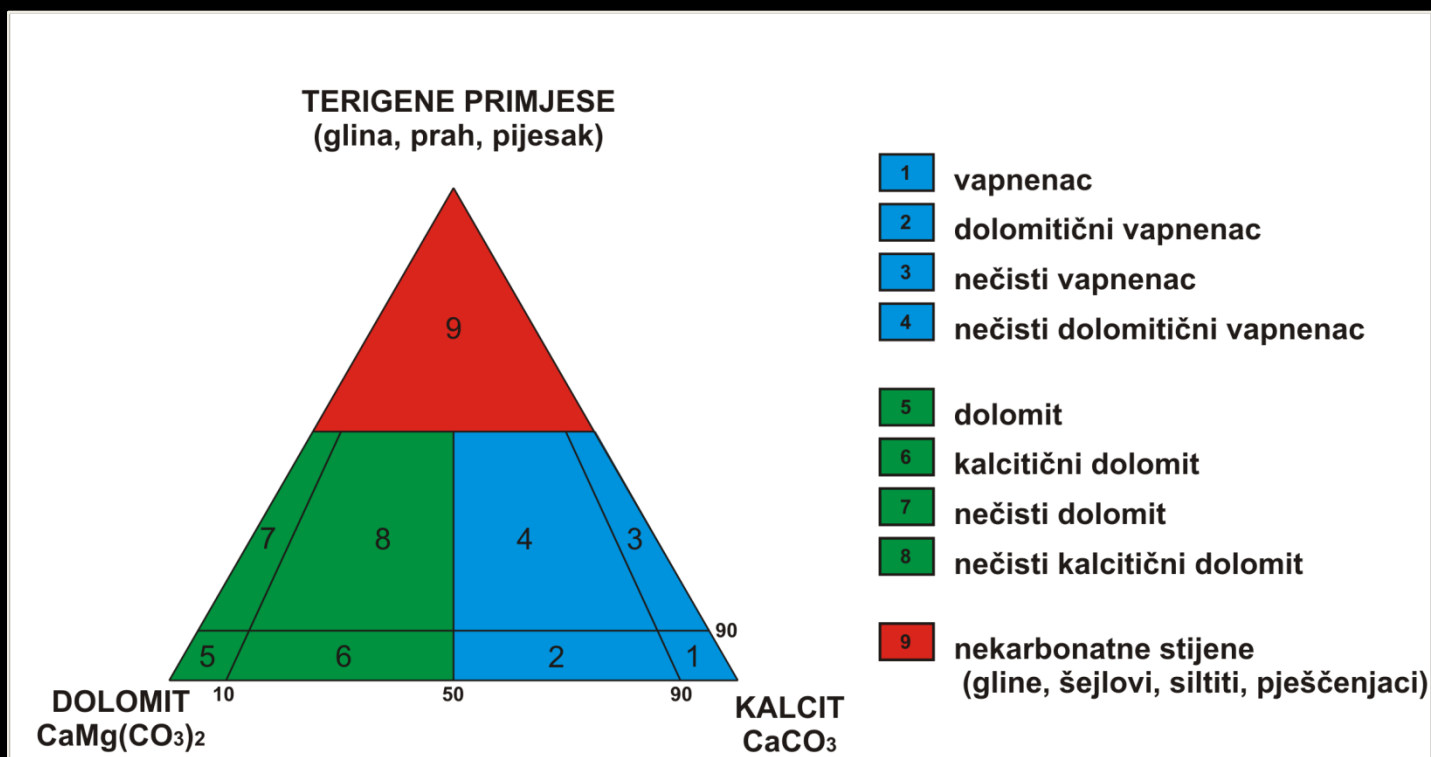
- tvornice karbonata (KARBONATNE PLATFORME)
 - plitka tropska mora bez značajnijeg donosa siliciklastičnog materijala u kojima nastaju najveća i najdeblja karbonatna tijela kao rezultat visoke organske akumulacije



Tvornica karbonata.

- vrste karbonatnih sedimenata

- vapnenci
- dolomitični vapnenci
- dolomiti



Podjela karbonatnih stijena prema sadržaju kalcita, dolomita i siliciklastičnog materijala.

10.1 VAPNENCI

10.1.1 UVOD

- karbonatne stijene pretežno sastavljene od kalcita
- procesi formiranja
 - biološki i biokemijski
 - anorganska precipitacija CaCO_3



- vrijeme postanka
 - od kambrija do danas
- okoliši postanka
 - svugdje gdje žive organizmi s karbonatnim skeletom
 - dominantno plitka mora (karbonatne platforme)

mineralogija vapnenačkih sedimenta

- recentni sedimenti
 - aragonit (CaCO_3 ; rompski) - *nestabilan u površinskim pt uvjetima*
 - kalcit (CaCO_3 ; trigonski)
 - visokomagnezijski ($> 4\% \text{MgCO}_3$) - *nestabilan u površinskim pt uvjetima*
 - niskomagnezijski ($< 4\% \text{MgCO}_3$)
 - sastav znatno ovisi o vrsti skeletnih čestica
- vapnenci
 - niskomagnezijski kalcit

kontrolni faktori

- **temperatura**
 - mnogi organizmi s vapnenačkim skeletom za bujan život trebaju toplu vodu
 - većina karbonatnih sedimenata nalazi se u tropsko-suptropskom pojasu
- **salinitet**
 - biogena karbonatna produkcija najveća je u vodi normalnog saliniteta
- **donos siliciklastičnog detritusa**
 - smeta razvoju mnogih organizama koji produciraju karbonate

- dubina vode

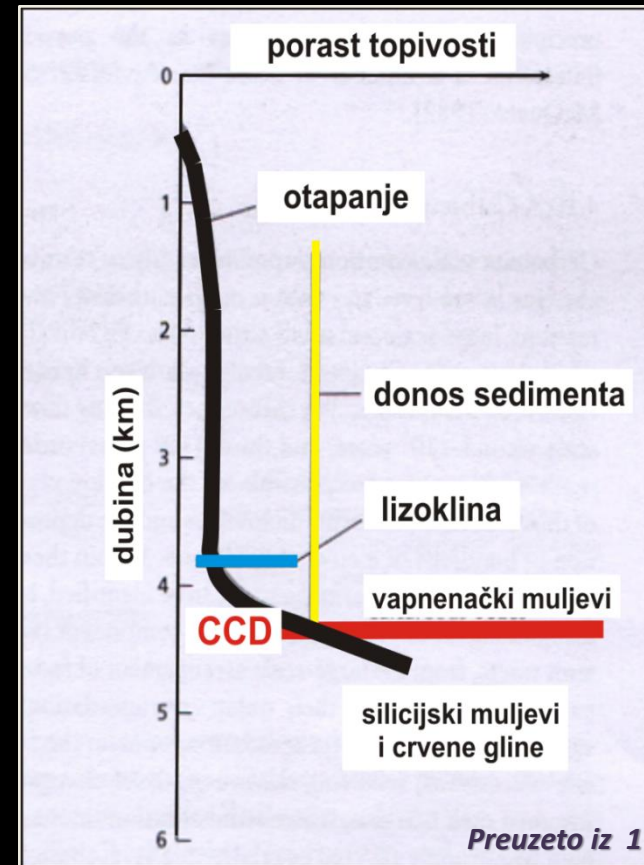
- stupanj zasićenosti vode Ca-hidrogenkarbonatom smanjuje se s povećanjem dubine vode → smanjenje produkcije karbonata
- plitka (topla) mora
 - prezasićena s $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ → visoka produkcija karbonata
 - najpovoljniji je plitki agitirani dio fotičke zone (manje od 10 m dubine)
- dublji dijelovi mora i oceana
 - zasićeni ili podzasićeni s $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ → otežana produkcija karbonata
 - u dubljevodnom pelagičkom okolišu (preko 50-100 m) karbonatni sedimenti uglavnom su sastavljeni od vapnenačkih skeleta planktonskih organizma

ZONA DO KOJE DOPIRE MORSKA VODA (prskanje i visoki valovi)	NADPLIMNA ZONA (supratidal)
NAJVIŠA RAZINA PLIME	PLIMNA ZONA (intertidal)
NAJNIŽA RAZINA OSEKE	POTPLIMNA ZONA (subtidal)
DONJA GRANICA FOTIČKE ZONE (100-200 m)	BATIJAL
DUBINA OKO 4000 m (1500-5000)	ABISAL
DUBINA > 5000 m	HADAL

Oceanografska klasifikacija marinskih okoliša sedimentacije.

karbonatna kompenzacijska dubina

- dubina vode u oceanima na kojoj je topivost karbonata jednaka njihovom izlučivanju
- ispod te dubine nema taloženja karbonatnih sedimenata
- dubina CCD u oceanima varira
 - tropski dijelovi oceana
 - kalcit 4500-5000 m
 - aragonit 2000 m
 - više geografske širine
 - CCD sve pliće
 - voda podzasićena s CaCO_3



Otapanje karbonata u oceanima. Ispod karbonatne kompenzacijske dubine (CCD) nema akumulacije karbonata.

10.1.2 SASTOJCI VAPNENACA

- **grupe sastojaka**
 - neskeletne čestice
 - skeletne čestice
 - mikrit
 - cement

10.1.2.1 NESKELETNE ČESTICE

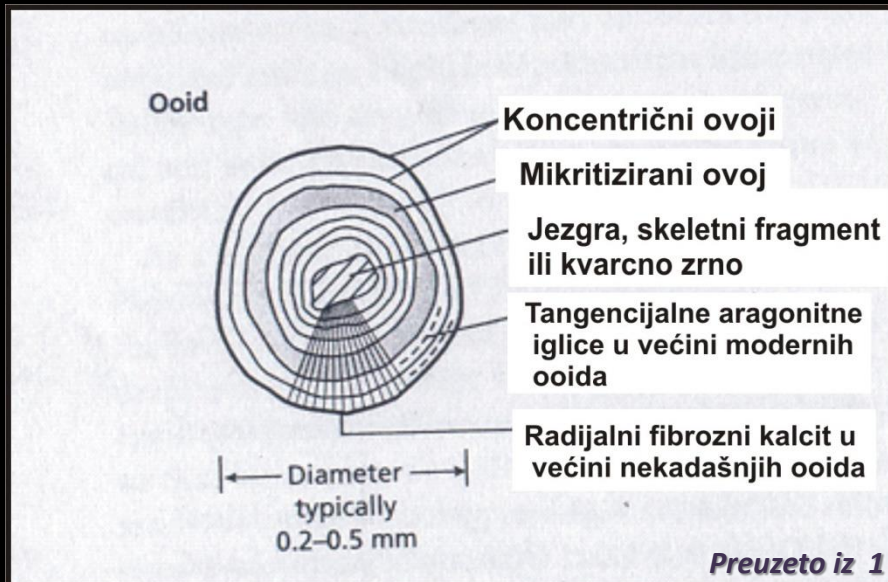
- obavijena zrna
- peloidi
- agregirana zrna
- intraklasti

obavijena zrna

- ooidi
- pizoidi
- onkoidi

OOIDI

- sferična i subsferična zrna sastavljena od jednog ili više pravilnih koncentričnih ovoja oko jezgre najčešće sastavljene od karbonatne čestice ili kvarcnog zrna



Građa ooida.



Recentni marinski ooidi sa Bahama.

- okoliši postanka
 - uzburkane vode pokretane valovima i strujama
 - najčešće plitki marinski okoliš dubine do 15 m
 - visokoenergetski okoliši u jezerima
- porijeklo
 - anorgansko (direktna precipitacija karbonata oko neke jezgre)
 - biokemijsko (izlučivanje kalcita ili aragonita posredovanjem životnih procesa mikroorganizama)
- oolit - sediment sastavljen od ooida



*Građa ooida u mikroskopskom izbrusku.
Širina fotografije 1,2 mm.*

PIZOIDI

- nemarinski ooidi
- nastaju u terestičkim okolišima tijekom dijagenetskih procesa u špiljama, kalkretnim korama i u vadoznoj zoni



Preuzeto iz 15i

Pizoidi u mikroskopskom izbrusku. Zrna veličine do 5mm s pravilnim jasno definiranim koncentričnim ovojima.

ONKOIDI

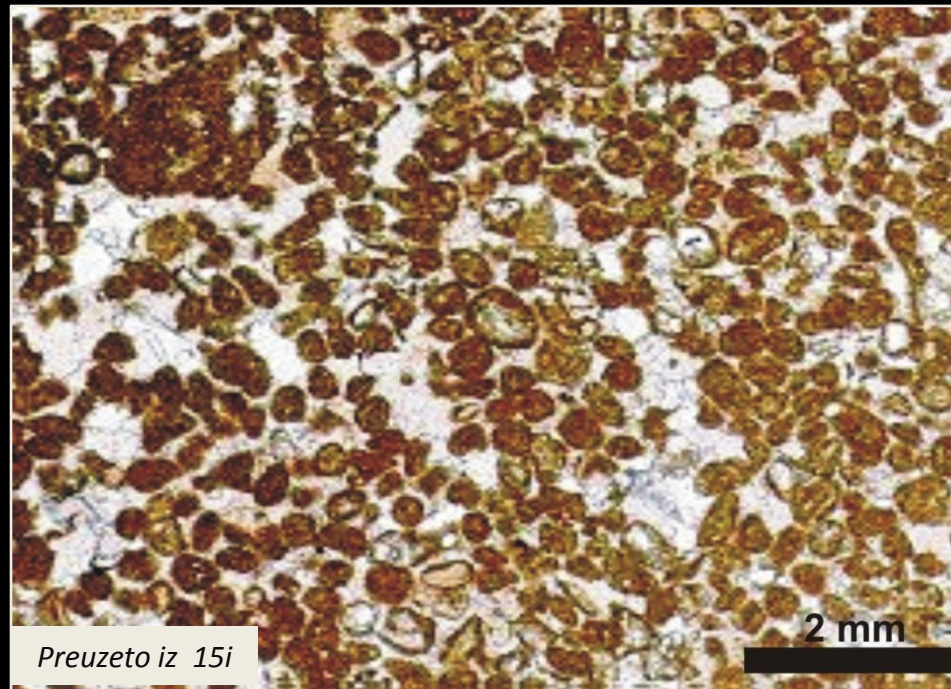
- nepravilnog grudastog oblika
- sadrže mikritne lamine bez jasne koncentrične građe
- nastaju biogenim oblaganjem jezgre djelatnošću algi i cijanobakterija i mehaničkim nakupljanjem mikritnih ovoja



Onkoidi na poliranoj površini stijene.

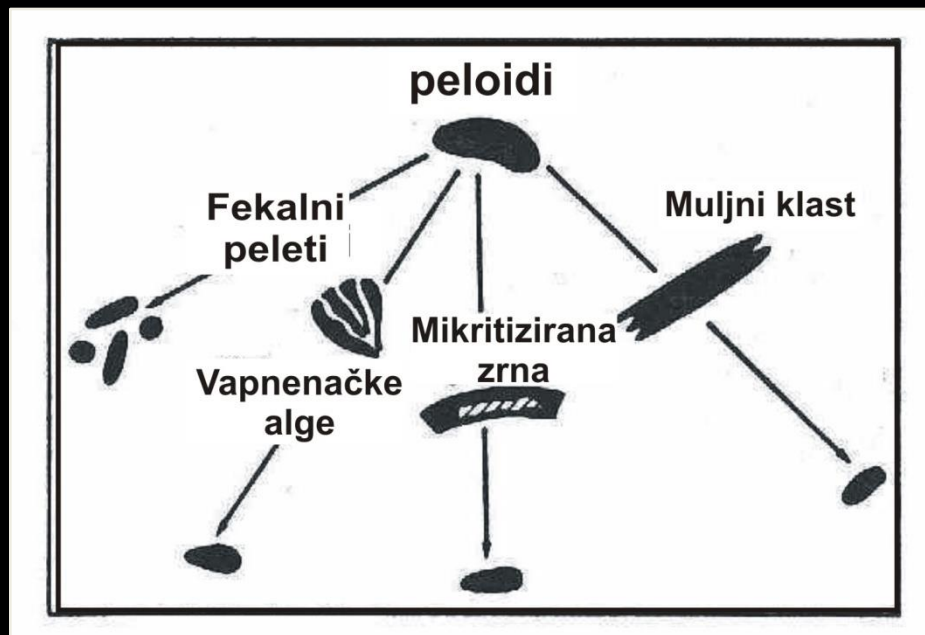
peloidi

- kuglasta, elipsoidna valjkasta ili vretenasta karbonatna zrna
- veličine 0,1-0,5 mm (može doseći i nekoliko mm)
- mikritna unutarnja struktura, obično bez bilo kakvih drugih strukturnih obilježja unutarnje građe



Mikroskopski izbrusak vapnenca uglavnom izgrađenog od peloida.

- pojam peloid uključuje i mikritizirana zrna bioklasta koja su u pravilu više nepravilnog oblika od fekalnih peleta



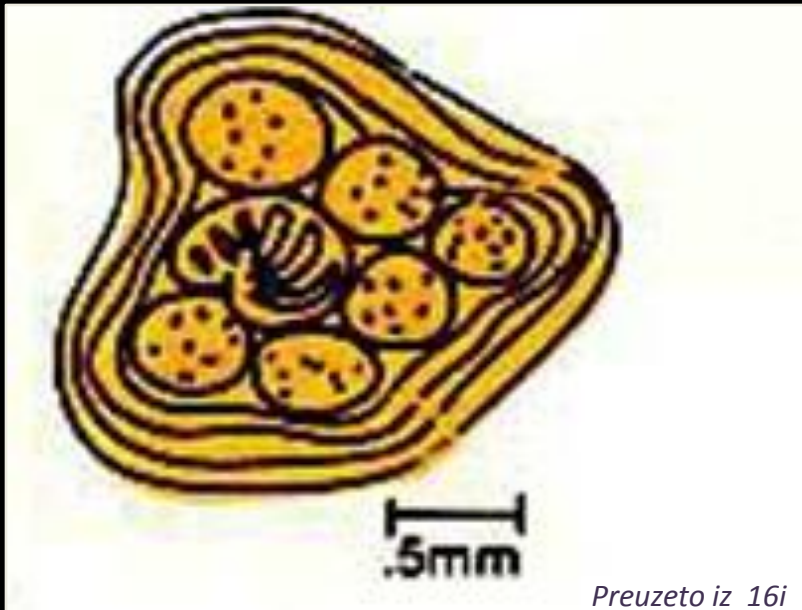
Porijeklo peloida.

peleti

- peloidi fekalnog podrijetla (rakovi, ostrakodi, puževi ...)
- pravilnog oblika i bogati organskom materijom
- česti u zaštićenim okolišima poput laguna i plimnih ravnica (plitko more niska energija vode)

agregirana zrna

- nekoliko karbonatnih čestica cementiranih zajedno mikrokristalastim cementom ili sljepljenih organskom materijom
- nastaju u relativno zaštićenim plitkim podplimnim okolišima



Primjer agregiranog zrna.



Okoliš postanka agregiranih zrna (Bahami).

intraklasti

- fragmenti litificiranog ili dijelom litificiranog karbonatnog taloga
- nastaju unutar sedimentacijskog prostora neposredno nakon taloženja karbonatnog materijala



Preuzeto iz 17i

Makroskopski izgled intraklasta.

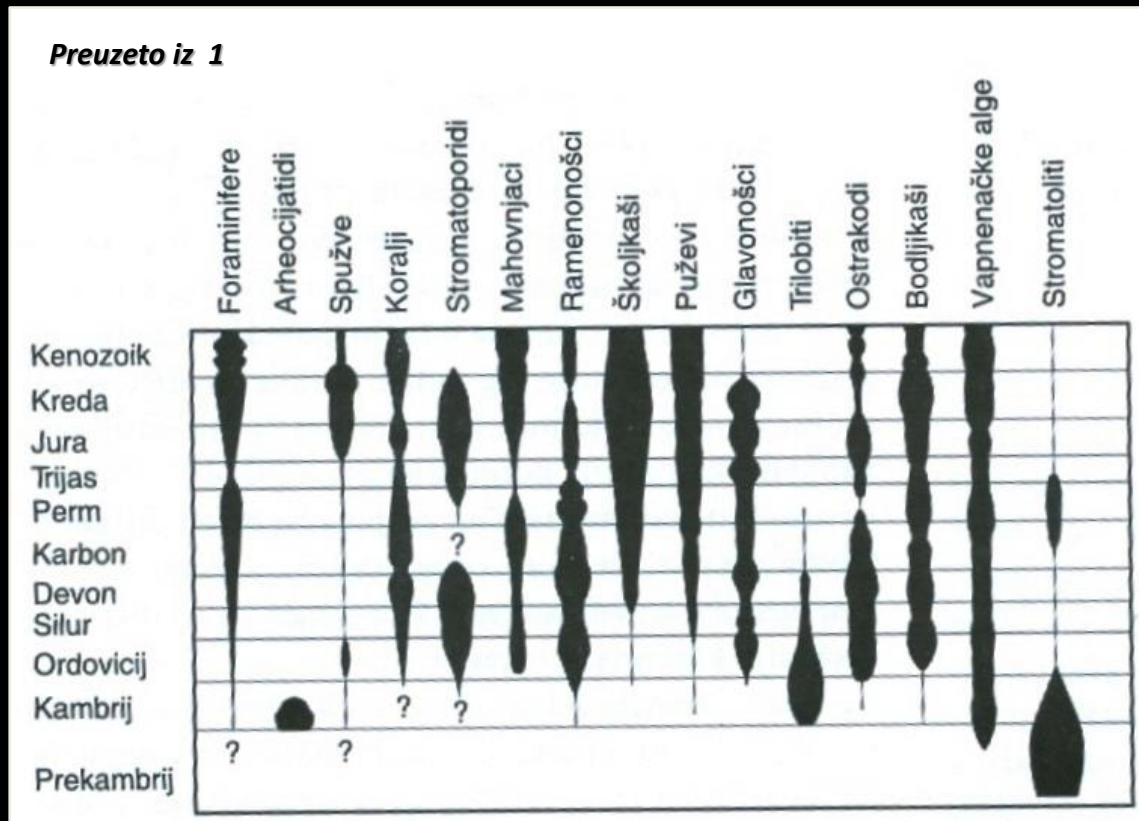


Preuzeto iz 18i

*Intraklasti u mikroskopskom izbrusku.
Širina fotografije 5mm.*

10.1.2.2 SKELETNE ČESTICE

- odraz distribucije organizama s karbonatnim skeletom kroz prostor i vrijeme
- okolišni čimbenici (prim. dubina vode, temperatura, salinitet, substrat, turbulencija) kontroliraju distribuciju i razvoj organizama u različitim karbonatnim okolišima



*Relativni značaj pojedinih skupina organizama u
produkciji karbonatnih sedimenata kroz vrijeme.*

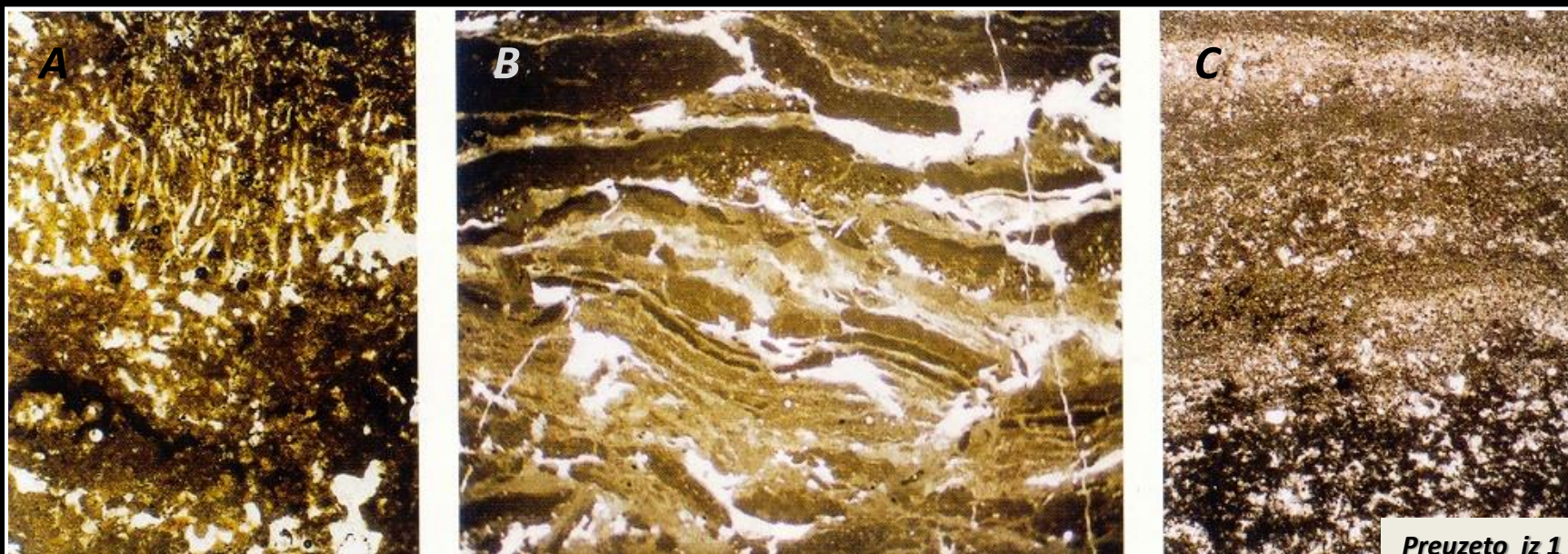
cijanobakterije

- imaju glavnu ulogu u formiranju organskih prevlaka na površini sedimenta koje zovemo cijanobakterijske livade
- hvatanjem čestica sedimenta na cijanobakterijske livade nastaje laminirani sediment zvani **stromatolit**
- javljaju se u marinskim (suptidal-supratidal) okolišima, slatkim i hiperslanim jezerima i močvarama



Recentni stromatoliti; Zapadna Australija.

- **građa lamina:**
 - recentni stromatoliti
 - organske lamine – sadrže cijanobakterije (tamne boje)
 - anorganske lamine – sediment (mikrit, peloidi, skeletni fragmenti)
 - stromatoliti
 - tamne lamine – gusti mikrit, peloidi, sitne skeletne čestice
 - svijetle lamine – sparit (cement izlučen nakon truljenja cijanobakterijskih livada)



Mikrofotografije stromatolita. A - recentni stromatoliti; s vidljivim filamentima cijanobakterija; B, C - stromatolit izgrađen od mikritnih lamina i laminoidnih fenestra.

10.1.2.3 KARBONATNI MULJ-MIKRIT

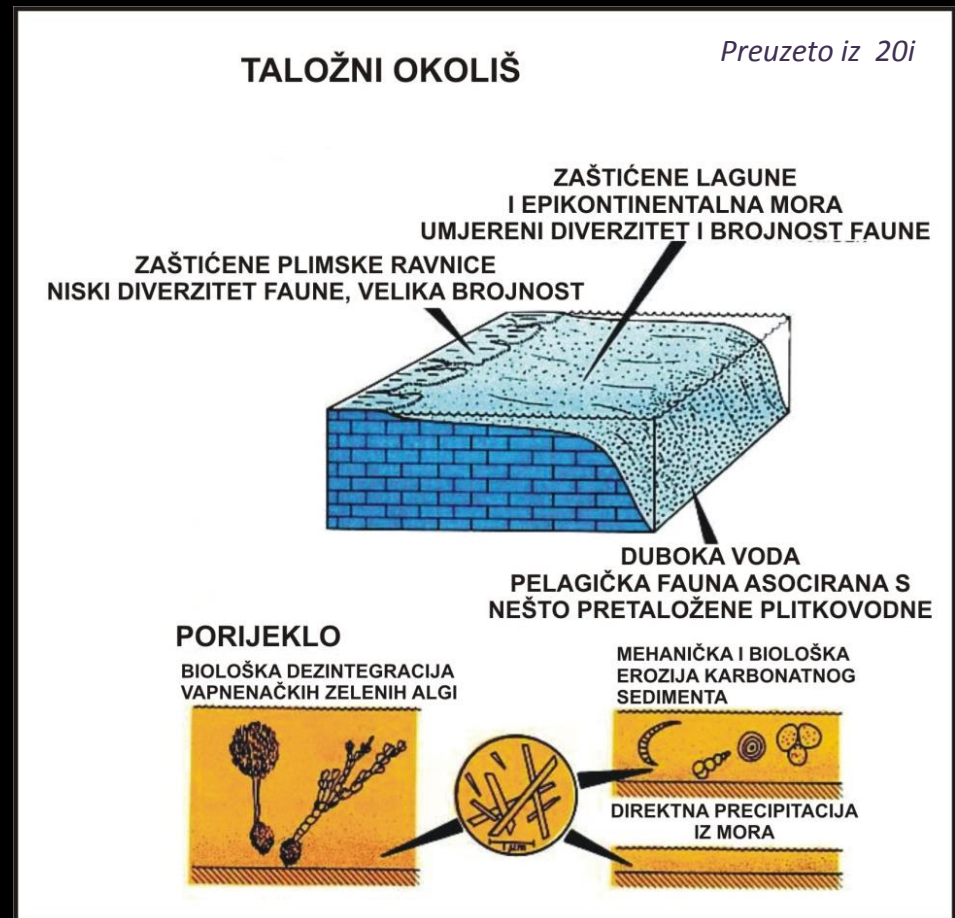
- sitni matriks vapnenaca sastavljen od karbonatnih čestica čija je veličina u pravilu manja od $4\mu\text{m}$ (danas se mikritom smatraju karbonatne čestice veličine do $30\mu\text{m}$)
- može biti jedini sastojak vapnenaca ili predstavlja karbonatni matriks kod zrnatih vapnenaca



Preuzeto iz 20i

*Mikritni vapnenac s fosilnim ostacima.
Povećanje 10x.*

- karbonatni muljevi akumuliraju se u mnogim modernim okolišima od laguna i plimskih ravnica do dubokomorskog dna, a najčešće su sastavljeni od mikrokristalastog aragonita
- **porijeklo mikrita**
 - anorganska precipitacija
 - dezintegracija vapnenačkih zelenih algi
 - bioerozija
 - mehaničko usitnjavanje skeletnih zrna
- vapnenci u pravilu sadrže malo podataka o porijeklu mikrita



Taložni okoliši i porijeklo mikrita.

mikritni ovoji

- česti oko zrna u karbonatnim sedimentima i sedimentnim stijenama
- nastaju ubušavanjem endolitičkih bakterija u skeletne čestice
- šupljine nastale ubušavanjem bivaju ispunjene mikritom
- višestrukim ubušavanjem i punjenjem mikritom formira se gusti mikritni ovoj koji predstavlja vanjski izmijenjeni dio skeletnog zrna
- ako je procesom mikritizacije zahvaćena cijela skeletna čestica ona gubi originalnu strukturu i prelazi u peloid



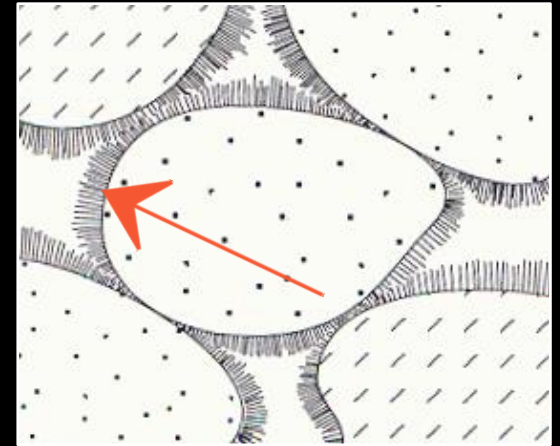
Mikritizacija fragmenta ljuštore brahiopoda (A) i školjkaša (B). Veličina slika 3x2mm.

10.1.2.4 CEMENT

- bistri prozirni kristali kalcita koji su izlučeni kao cement u porama vapnenačkog taloga
- smanjuje poroznost vapnenačkog taloga
- očvršćuje talog pretvarajući ga u čvrstu stijenu-vapnenac
- može nastati i procesom rekristalizacije

najznačajniji tipovi

- **fibrozni ili vlaknasti cement**
 - vlaknasti kristali s dužom osi okomitom na površinu zrna
 - karakterističan za plitkomorske okoliše
 - nastaje u prvoj fazi cementacije vapnenačkog taloga (A cement)
- **mozaični ili druzni cement**
 - izometrični kalcitni kristali bez određene kristalografske ili optičke orijentacije
 - nastaje u kasnodijagenetskoj fazi (B cement)
 - glavni tip cementa koji nastaje na većoj dubini prekrivanja, a može nastati i u vadoznoj, nadplimnoj i meteorskoj freatičkoj zoni



Fibrozni ili vlaknasti cement.



Mozaični ili druzni cement.

10.1.3 KLASIFIKACIJE VAPNENACA

- danas se koriste 3 klasifikacije svaka s drugačijim naglaskom
- na osnovi veličine zrna
 - kalcirudit
 - $>2\text{mm}$
 - kalkarenit
 - $2\text{mm} - 63\mu\text{m}$
 - kalcilutit
 - $<63\mu\text{m}$

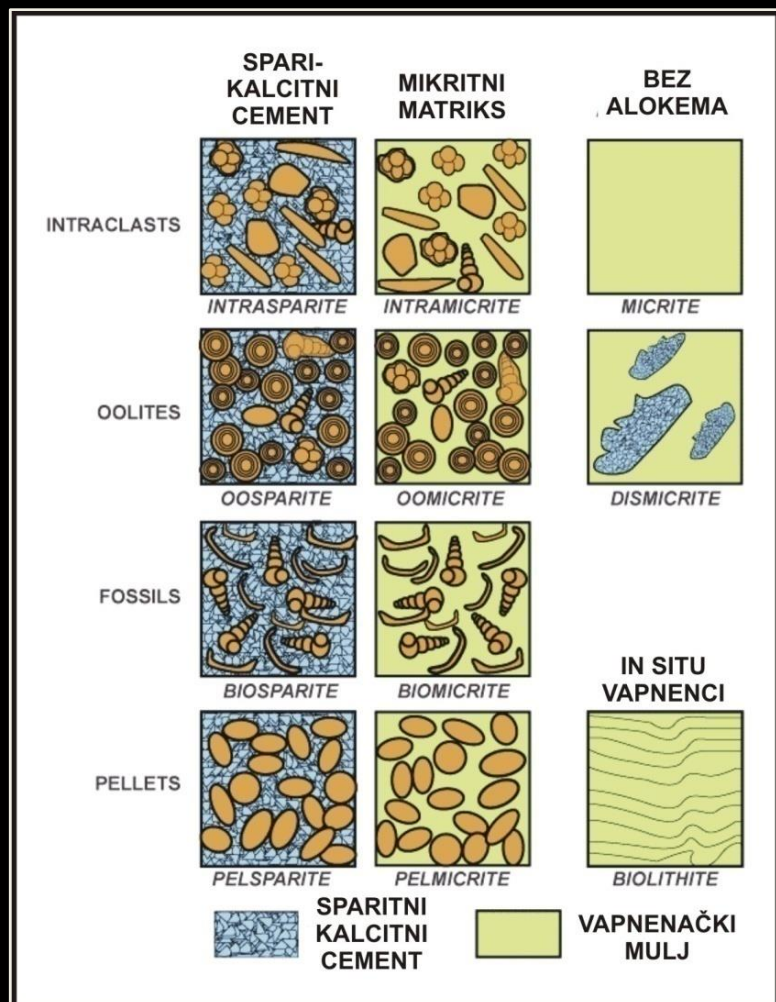
Prim: biokalkarenit – vapnenac pretežno sastavljen od čestica fosilnog kršja i cijelih skeleta organizama arenitne veličine

FOLKOVA KLASIFIKACIJA

- pogodna za mikroskopska istraživanja
- bazirana uglavnom na sastavu
- razlikuje tri vrste sastojaka
 - zrna (alokemi)
 - intraklasti
 - obavijena zrna (ooidi i onkoidi)
 - skeletna zrna
 - peloidi
 - matriks (uglavnom mikrit)
 - cement (uglavnom družni sparit)

imenovanje:

dominantna vrsta čestice + prevladavajuće vezivo (mikrit ili sparit)



- primjeri:*

*biomikrit - vapnenac pretežno
sastavljen od skeletnih čestica
između kojih se nalazi mikrit*

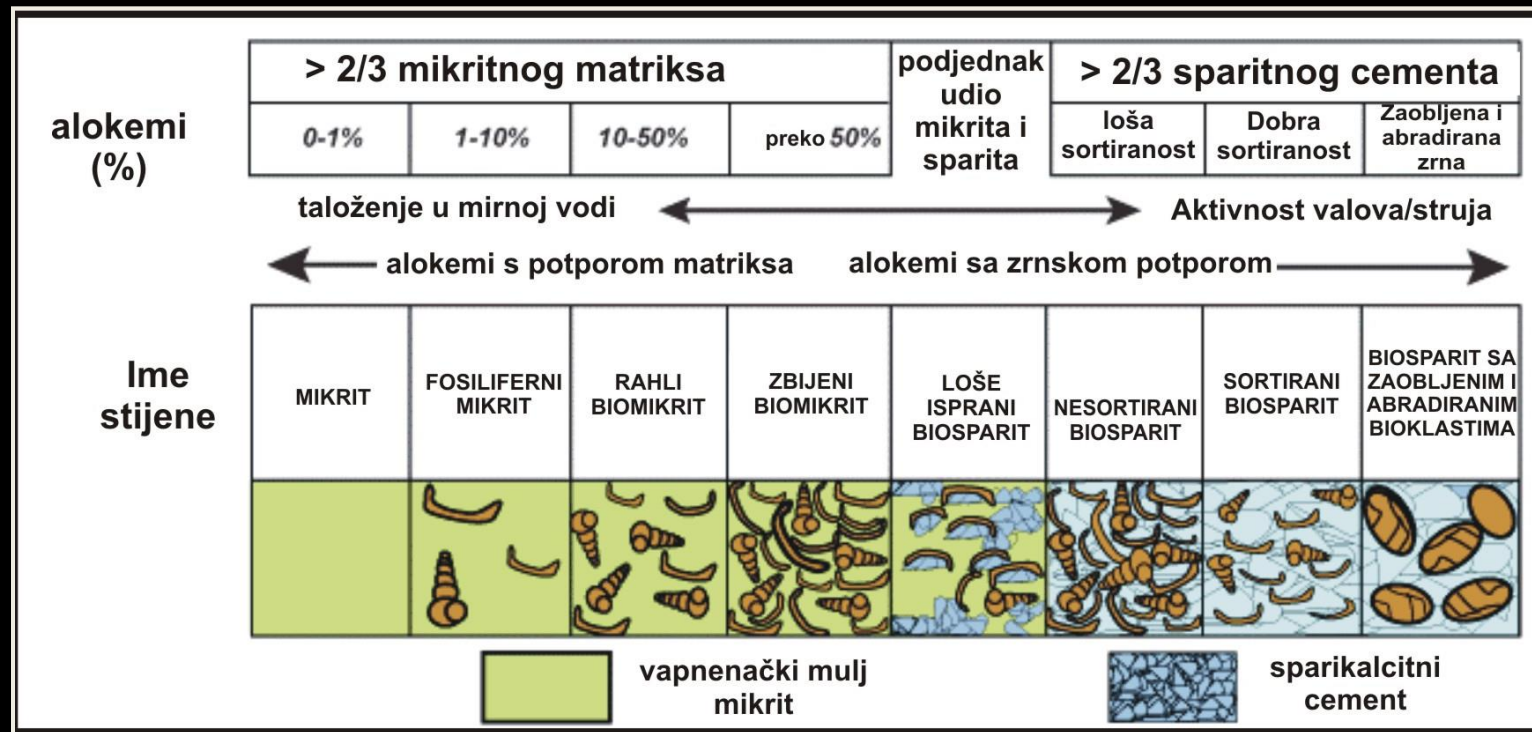
*intrasparit - vapnenac pretežno
sastavljen od intraklasta između
kojih se nalazi sparit*

Klasifikacija vapnenaca bazirana na sastavu; Folk (1959).

- **biolititi** – vapnenci nastali *in situ* (prim. bioherme, biostrome, stromatoliti)
 - **bioherma**
 - nepravilno ili kupolasto sedimentno tijelo gromadastog oblika
 - nastalo litifikacijom grebenotvornih organizama na mjestu njihovog rasta (prim. koraljna bioherma)
 - **biostroma**
 - sedimentno tijelo oblika leće ili sloja konkordantno prema stijenama krovine i podine
 - nastaje litifikacijom organizama na mjestu njihovog rasta (prim. rudistna biostroma)
- **dismikriti** - mikriti sa šupljinama obično ispunjenim sparitom

moguće su kombinacije i modifikacija termina

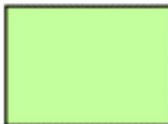
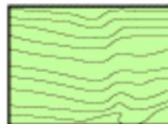
- *biopelsparit* – vapnenac kod kojeg među česticama prevladavaju peloidi, ali sadrži i do 1/3 fosilnih čestica; između čestica se nalazi sparit
- *intramikrudit* – vapnenac kod kojeg među česticama prevladavaju intraklasti ruditnih dimenzija (>2mm), a između njih se nalazi mikrit



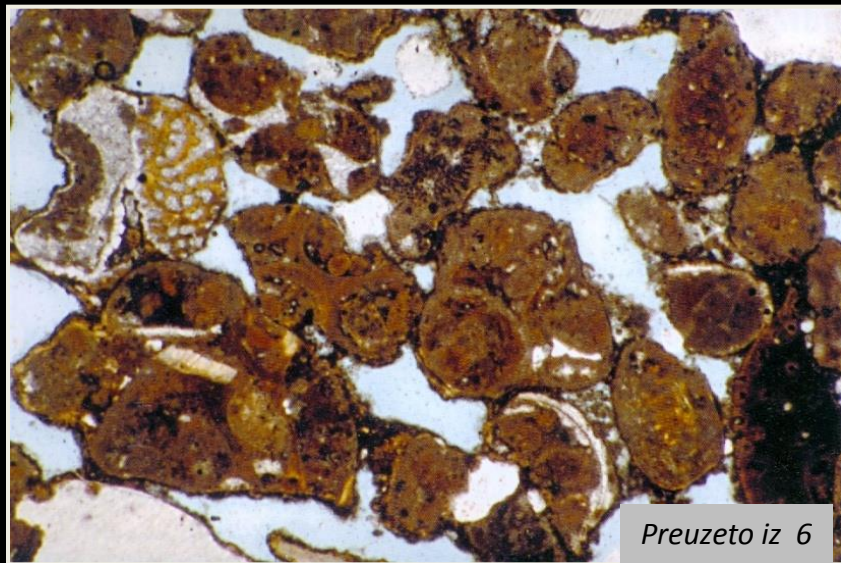
Folkova klasifikacija iz 1962. god. koja dijeli vapnence obzirom na njihove strukturno teksturne i genetske značajke na primjeru vapnenca koji sadrži fosilne čestice.

DUNHAMOVA KLASIFIKACIJA

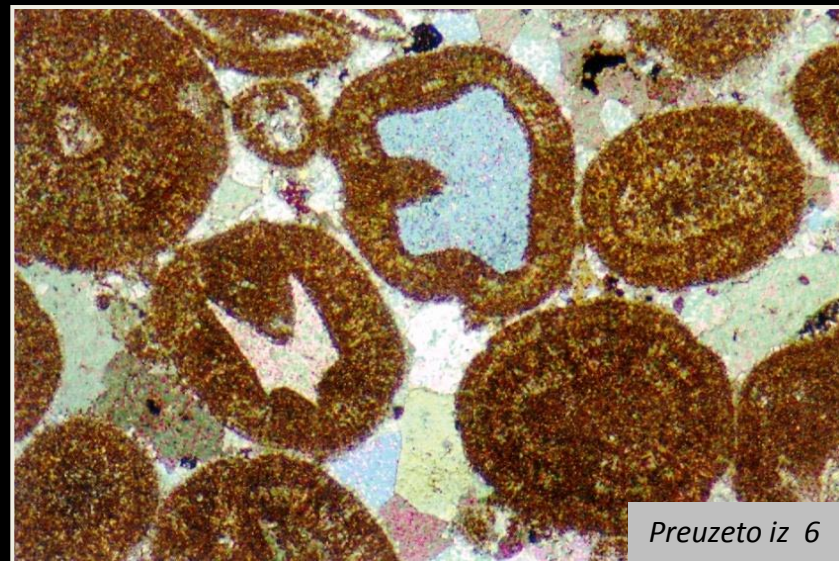
- pogodna za terensko opisivanje i određivanje vapnenaca
- bazirana na strukturnim značajkama
 - prisustvo ili odsutnost karbonatnog mulja
 - odnos udjela zrna i mulja
 - znakovi organogenog vezivanja skeleta tijelom rasta organizama

primarni sastojci nisu pri taloženju zajedno vezani				primarne komponente pri taloženju su organogeno vezane
sadrže mulj - mikrit		bez mulja		
muljna potpora		zrnska potpora		litifikacija organizama na staništu i u položaju rasta ili vezivanje komponenata životnom aktivnošću organizama
<10% čestica	>10% čestica			
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone
				

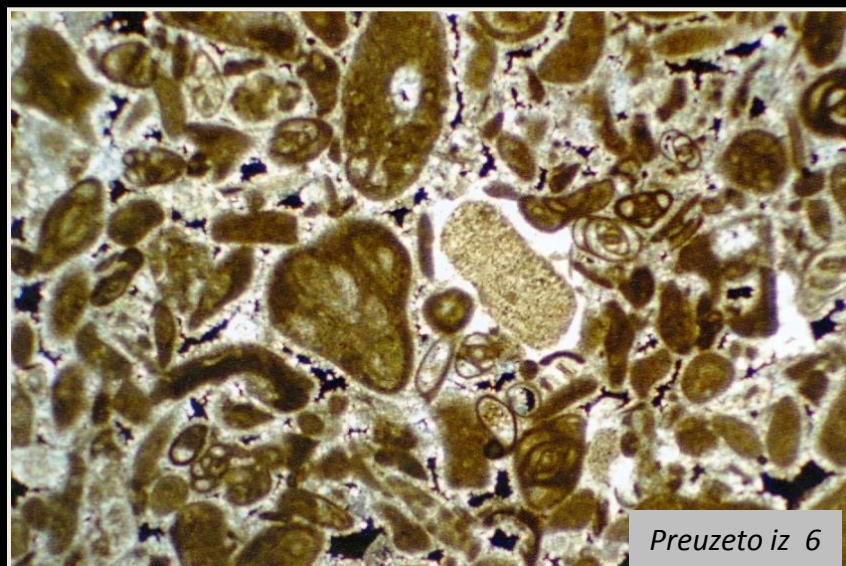
Dunhamova klasifikacija vapnenaca iz 1962. god. koja dijeli vapnence obzirom na njihove strukturne značajke.



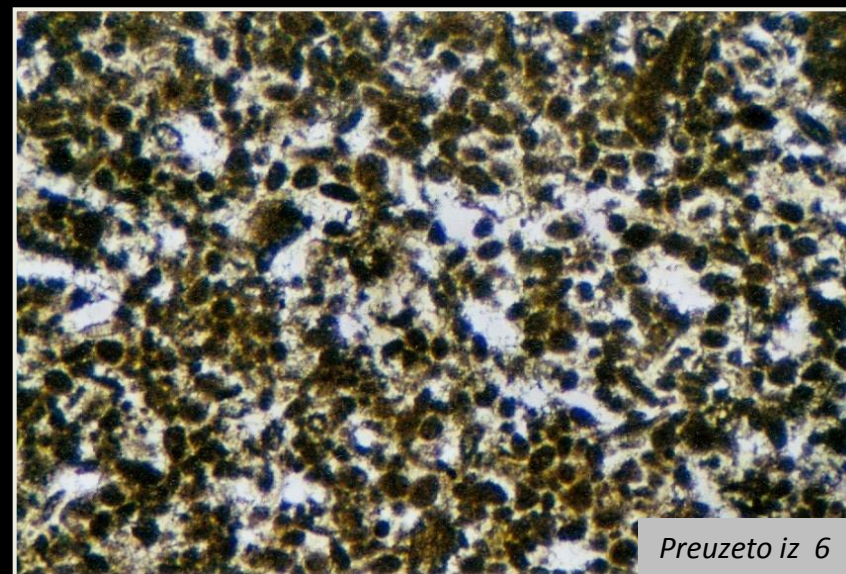
Intrasparit – grainstone. Širina slike 3,2 mm.



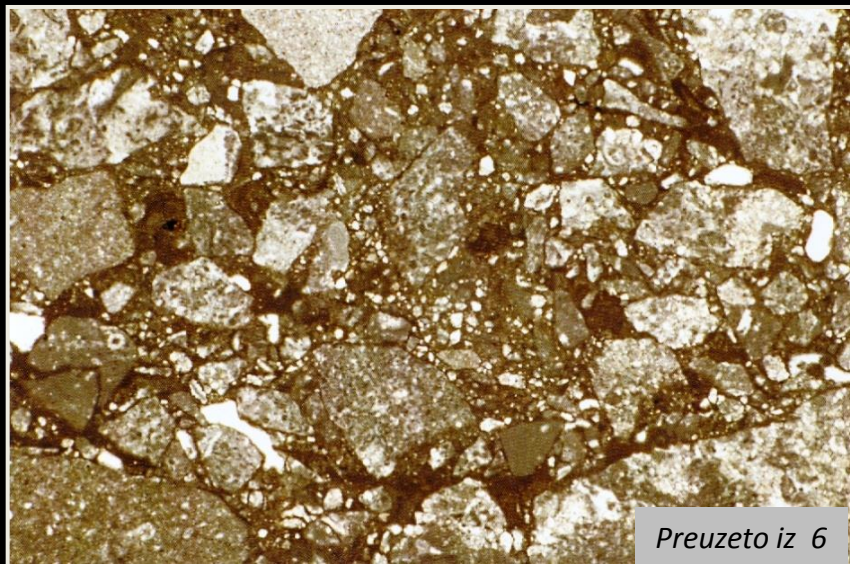
Oosparit – grainstone. Širina slike 2,7 mm.



Biosparit – grainstone. Širina slike 3,4 mm.



Pelsparit – grainstone. Širina slike 2,0 mm.



Preuzeto iz 6

Intramikrit – wackestone. Širina slike 10 mm.



Preuzeto iz 6

Oomikrit – wackestone-packstone. Širina slike 3,1 mm.



Preuzeto iz 6

Biomikrit – wackestone. Širina slike 1 mm.



Preuzeto iz 6

Mikrit – mudstone. Širina slike 3,4 mm.

10.1.4 SLATKOVODNI I TERESTIČKI VAPNENCI

jezerski vapnenci

- načini postanka
 - anorgansko izlučivanje
 - promjene tlaka ili temperature i odstranjivanja CO₂ iz vode zbog fotosintetskih procesa biljaka i/ili fitoplanktona (prim. Plitvička jezera)
 - evaporacija u aridnim klimatskim područjima
 - miješanje voda različitog pH
 - biogeno porijeklo
 - slatkovodni stromatoliti
 - fosili (školjke, puževi)

terestički vapnenci

- vapnenci taloženi na kopnu, rijekama i malim slatkovodnim jezerima
- vrste:
 - vapnenački sinteri
 - korasti vapnenci
 - špiljski vapnenci ili speleotemi

vapnenački sinteri (tufa)

- travertin
 - čvrsto litificirani šupljikavi vapnenac
 - najčešće laminiran ili nepravilno slojevit
 - nastaje pretežno anorganskom precipitacijom kalcita iz toplih voda oko vrućih izvora



*Terase travertina oko vrućih izvora
u Nacionalnom parku Yellowstone.*

- **vapnenačka sedra**

- izrazito porozni, u pravilu vrlo mekani vapnenci nastali na slapovima jezera i rijeka i na izvorima
- izlučivanje Ca-karbonata potpomognuto je djelovanjem vodenih biljaka (mahovine, cijanobakterije)
- zajedno s organskim ostacima tvori sedrene barijere (prim. Plitvička jezera, slapovi Krke)



Sedrene barijere na rijeci Krki.

korasti vapneci (kalkrete ili kaliće)

- dobar indikator paleoklimatskih uvjeta
- nastaju u aridnim i semiaridnim uvjetima gdje je isparavanje vode iz tla veće od ukupne godišnje količine padalina
- kalcit se izlučuje iz pornih voda zasićenih s Ca-hidrogenkarbonatom pri njihovom kretanju prema površini (*vidi Vrste tla Pedocal*)
- tipične za sedimente riječnih poplavnih ravnic

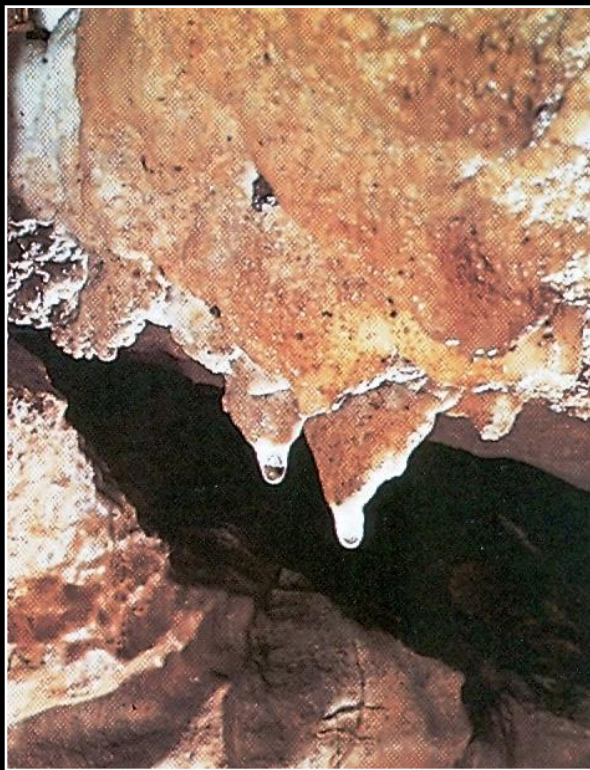


Preuzeto iz 30i

Kaliće.

špiljski vapnenci(speleotemi)

- nastaju kapanjem vode zasićene s Ca-hidrogenkarbonatom
- vapnenačke sige
 - stalagmiti
 - stalaktiti
 - stalagmati



*Stvaranje sigastih oblika
od stropa prema podu špilje.*



Preuzeto iz 31i

Polirani presjek kroz stalagmit.

10.1.5 DIJAGENEZA VAPNENACA

- različiti procesi koji se odvijaju u pripovršinskim marinskim i meteorskim okolišima pa sve do velikih dubina
- najznačajniju ulogu ima kod poroznosti sedimenata (ispunjavanje i stvaranje pora)
- uglavnom obuhvaća karbonatne minerale; aragonit, kalcit i dolomit
- započinje na morskome dnu, a taložni i dijagenetski procesi se mogu odvijati i u isto vrijeme

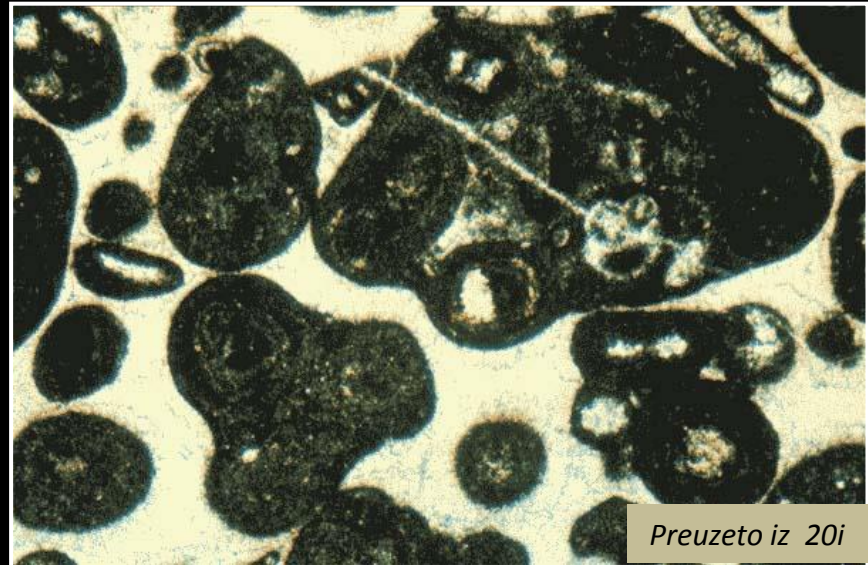
dijagenetski procesi

- cementacija
- mikrobijska mikritizacija
- neomorfizam
- otapanje
- kompakcija
- dolomitizacija

cementacija

- najvažniji diagenetski proces
- rastresiti vapnenački sediment pretvara u čvrsti vapnenac
- odvija se na mjestima gdje postoji značajan protok fluida zasićenog cementnom fazom
- mineralni sastav cementa ovisi o $p(\text{CO}_2)$, odnosu Mg/Ca i stupnju donosa karbonata

Bistri prozirni kristali kalcita (sparit) cementiraju agregirana vapnenačka zrna.



Preuzeto iz 20i

- **mikritizacija**
 - formiranje mikritnih ovoja oko bioklasta ili kompletna mikritizacija zrna

neomorfizam

- procesi zamjene i rekristalizacije kod kojih može doći do promjene mineralnog sastava
- primjeri su povećanje veličine kristala u mikritu i zamjena aragonitnih ljuštura i cemenata kalcitom (kalcitizacija)

otapanje

- rezultat protjecanja pornih fluida podzasičenih s prisutnom karbonatnom fazom
- glavni proces u pripovršinskim, meteorskim dijagenetskim okolišima i može dovesti do formiranja krša
- može se događati na morskome dnu kao i na većim dubinama prekrivanja

dolomitizacija

- glavni alteracijski proces kod većine vapnenaca i dolomita
- $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ može precipitirati u pripovršinskim okolišima i okolišima dubljeg prekrivanja
- predloženi su različiti modeli dolomitizacije

kompakcija

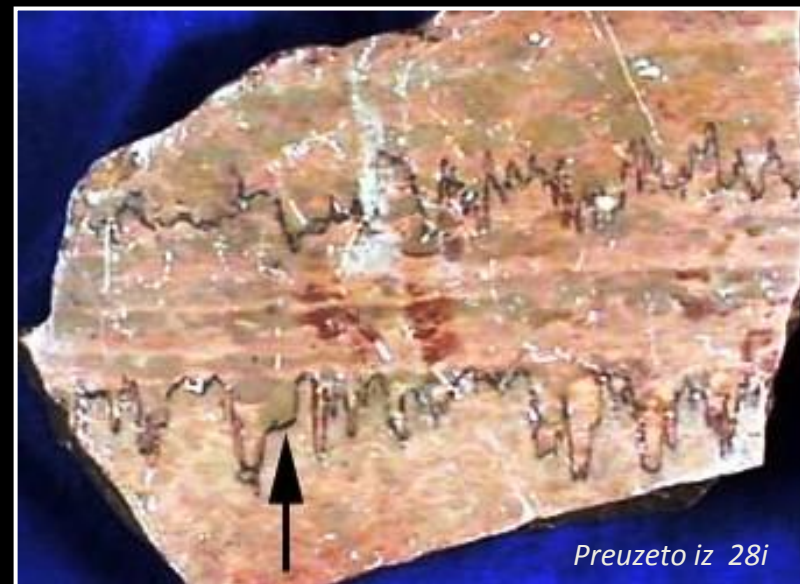
- odvija se tijekom zalijeganja (prekrivanja nadslojem sedimenata)
- vrste
 - mehanička
 - kemijska
- **mehanička kompakcija**
 - rezultira gušćim pakiranjem zrna, njihovim drobljenjem i deformiranjem
 - najintenzivnija je kod plitkog prekrivanja kad sediment gubi vodu

- **kemijska kompakcija**

- rezultat porasta topivosti na kontaktima zrna i duž granica sedimenata uslijed povišenog pritiska
- odvija se na dubinama prekrivanja od nekoliko stotina do nekoliko tisuća metara

- **stiloliti**

- neravne površine duž kojih dva dijela stijene zupčasto ulaze jedan u drugi
- nastaju otapanjem već očvrslih stijena na većoj dubini prekrivanja
- u samome šavu sadrže netopive ostatke okolnih stijena (glina, limonit, itd.)



Stiloliti.

dijagenetska područja

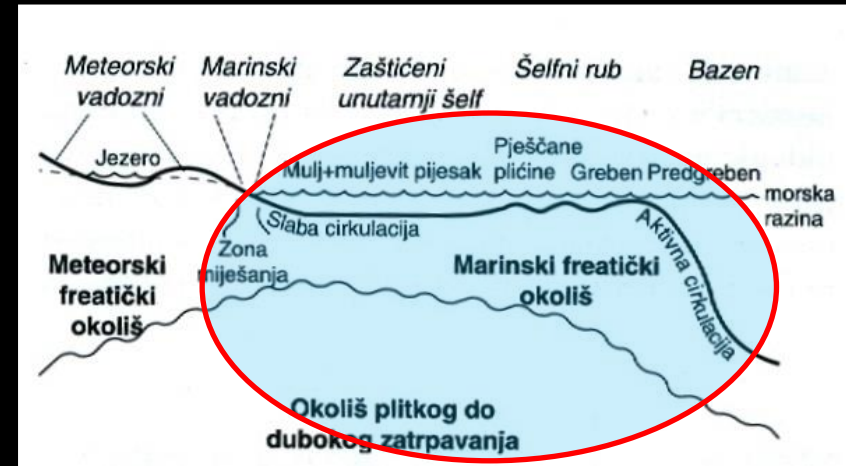
- marinsko
- pripovršinsko meteorsko
- područje velikih dubina zatrpavanja



Karbonatni dijagenetski okoliši.

marinsko

- na ili neposredno pod površinom morskog dna
- u plitkoj i dubokoj vodi kao i u intertajdalno-supratajdalnoj zoni
- glavni dijagenetski proces je **cementacija**
 - načini cementacije
 - direktno iz morske vode
 - posredstvom mikrobioloških procesa
 - taloženje internog sedimenta u šuplinama
 - regulatori



Marinski dijagenetski okoliš.

plitko marinsko područje	duboko marinsko područje
intenzitet cirkulacije vode kroz talog	intenzitet cirkulacije vode kroz talog
klima	temperatura
intenzitet taloženja	tlak

pripovršinsko meteorsko

- dijageneza uglavnom obuhvaća slatku vodu
- započinje
 - ubrzo nakon taloženja ako postoji progradacija obalne linije ili pad morske razine
 - puno kasnije kad su vapnenci izdignuti nakon zatrpavanja
- glavni procesi
 - otapanje karbonata
 - cementacija
 - formiranje tla
- klima
 - glavni utjecaj
 - kontrolira količinu padalina i temperaturu
 - utječe na karakter biljnog pokrivača i razvoj tla

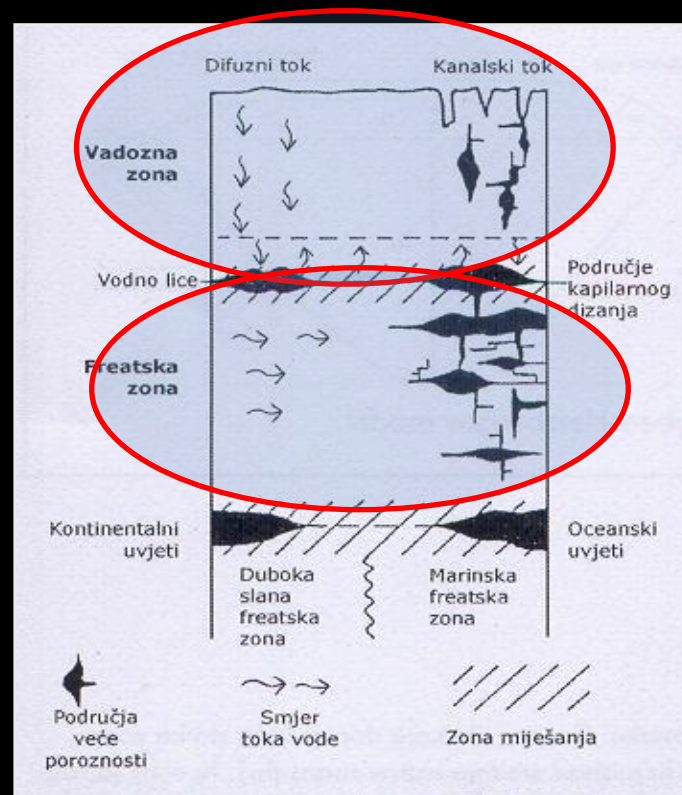


Meteorski dijagenetski okoliš.

- zone meteorske dijageneze (obzirom na nivo podzemne vode):

- vadozna
- freatska

Zone meteorske dijageneze.



VADOZNA ZONA

iznad razine podzemne vode (vodnog lica)

pore periodički sadrže vodu, zrak ili oboje

gornje dijelove (zona infiltracije) karakterizira otapanje karbonata (kišnica podzasićena s CaCO_3)

donje dijelove (zona procjeđivanja) karakterizira taloženje nisko Mg-kalcita (voda obogaćena s CaCO_3)

FREATSKA ZONA

ispod nivoa vodnog lica

pore stalno ispunjene vodom

porastom dubine voda postaje sve više slana

u obalnom području freatska meteorska voda prelazi u miješanu zonu s morskom vodom

podpovršinsko (dubinsko) područje

- na dubinama od nekoliko desetaka ili nekoliko stotina metara ispod površine sedimenta pa do dubina od nekoliko km kad počinju metamorfni procesi



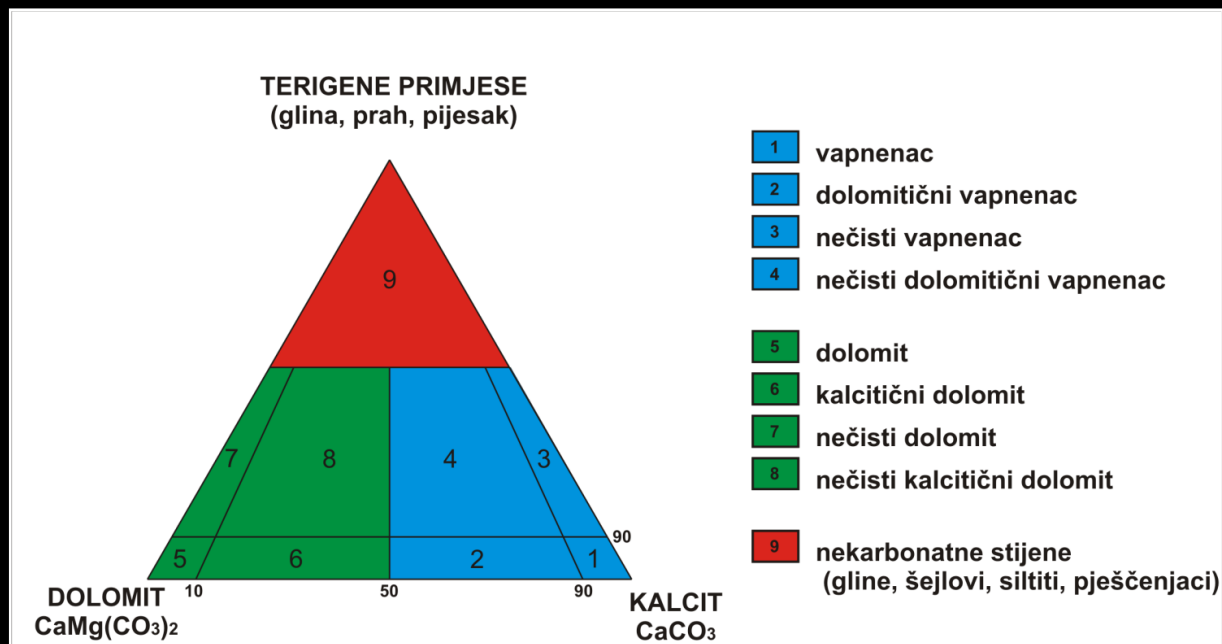
Dubinski dijagenetski okoliš.

10.2 DOLOMITI

10.2.1 UVOD

- karbonatna sedimentna stijena pretežno sastavljena od minerala dolomita
- termin dolomit koristi se i za mineral i za stijenu

Podjela karbonatnih stijena prema sadržaju kalcita, dolomita i siliciklastičnog materijala.

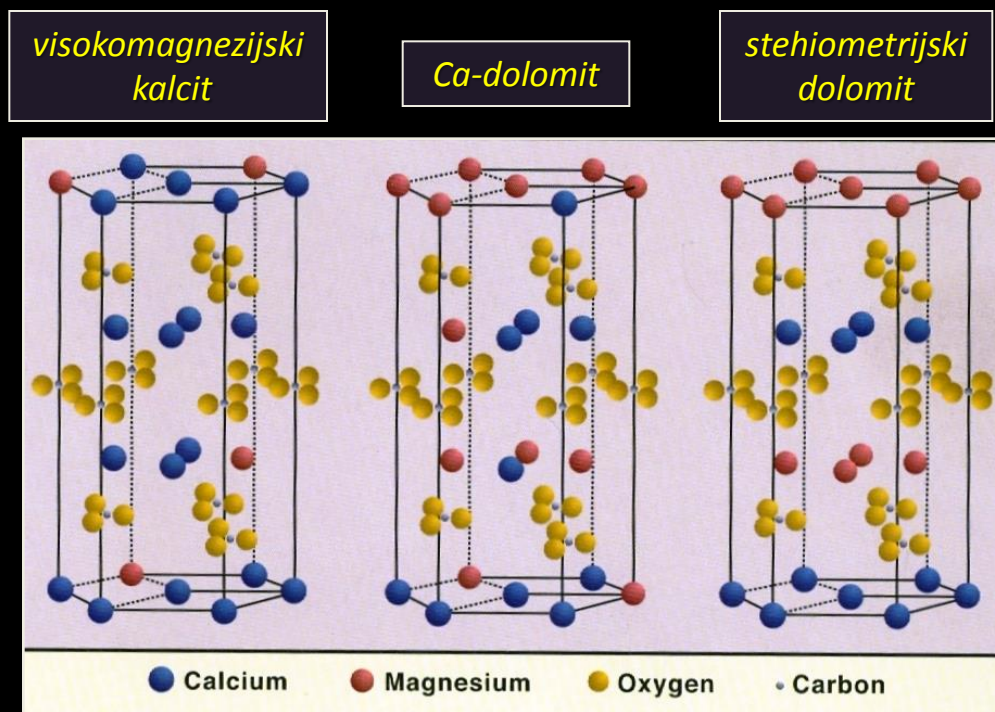




*Izdanak dolomita.
Samoborsko gorje.*

mineral dolomit

- karbonat idealne formule $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
- struktura
 - odvojeni slojevi Ca^{2+} i Mg^{2+} između kojih se nalaze CO_3^{2-}
 - *stehiometrijski dolomit* $\text{Ca:Mg} = 50:50$ (u prirodi rijedak)
 - *Ca-dolomit* suvišak Ca^{2+} iona do Ca:Mg do 58:42



Preuzeto iz 6

Kristalna struktura visikomagnezijskog kalcita, Ca-dolomita i stehiometrijskog dolomita.

- većinom nastaje zamjenom postojećih karbonatnih minerala, ali česti su i dolomitni cementi
- zamjena CaCO_3 minerala dolomitom i precipitacija dolomitnog cementa mogu se odvijati:
 - odmah nakon taloženja sedimenata
 - tijekom rane diageneze
 - puno vremena nakon taloženja
 - obično nakon cementacije, tijekom prekrivanja
- podjela karbonatnih stijena prema sadržaju dolomita i kalcita:

naziv	% dolomita
vapnenac	0-10
dolomitični vapnenac	10-50
kalcitični dolomit	50-90
dolomit	90-100

10.2.2 POSTANAK DOLOMITA

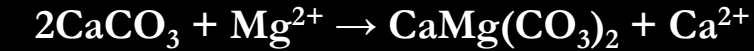
- direktna precipitacija iz morske vode
- potiskivanje aragonita i kalcita (dolomitizacija)

direktna precipitacija

- rijedak proces
- dolomit je mineral kompleksne kristalne strukture
- morska voda prezasićena je dolomitom
- direktnu precipitaciju dolomita otežavaju ili onemogućavaju kinetički faktori:
 - visok ionski potencijal morske vode
 - hidratacija Mg^{2+}
 - niska aktivnost CO_3^{2-}
- precipitiraju aragonit i kalcit koji imaju jednostavniju strukturu

dolomitizacija

- alokemijski diagenetski proces



kalcit (aragonit) dolomit

- obzirom na očuvanje primarne strukture vapnenca može biti:

- **kompletno destruktivna**

- bez vidljivih relikata originalnog sedimenta

- **nedestruktivna**

- dobro do savršeno očuvane primarne teksture

- **selektivna**

- zahvaća samo određene čestice

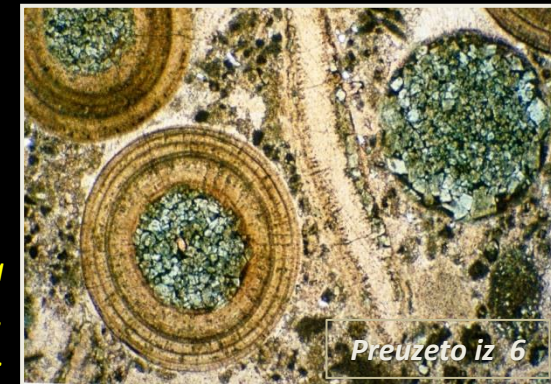
*Destruktivna
dolomitizacija.
Veličina slike 2x2 mm.*



*Nedestruktivna
dolomitizacija.
Širina slike 10 mm.*



*Selektivna
dolomitizacija.
Širina slike 4,4 mm.*



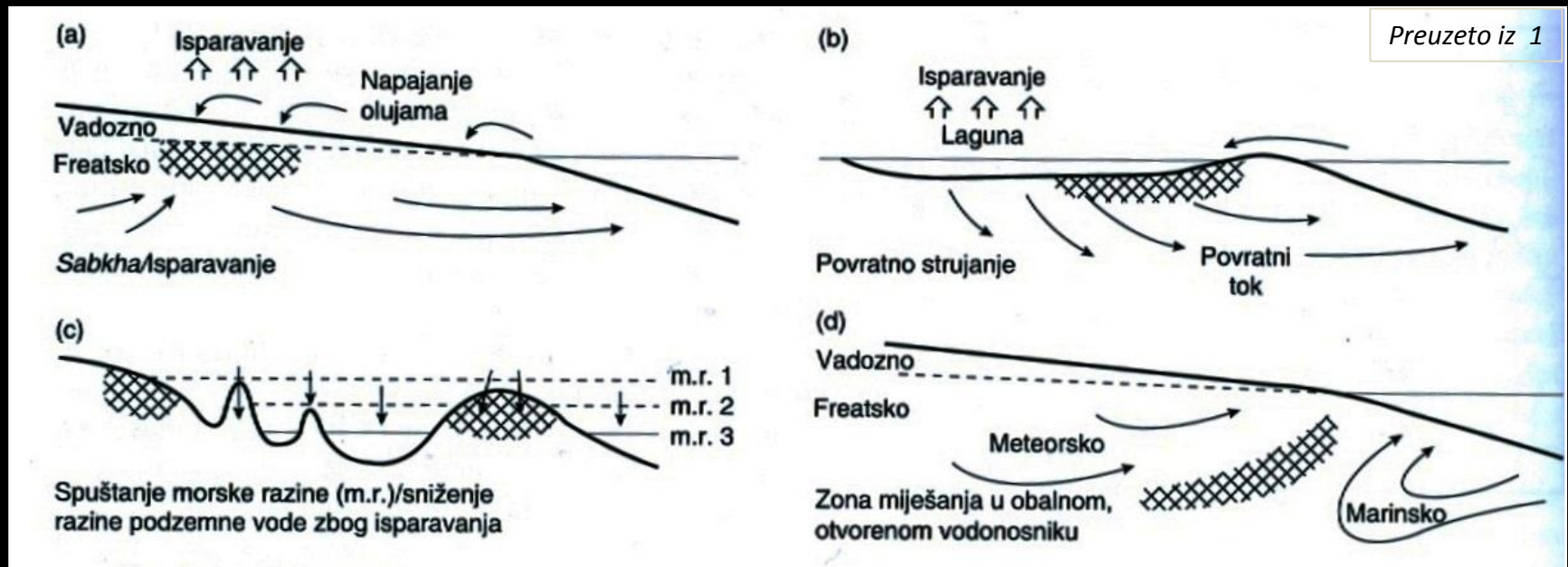
- ključni čimbenici kod dolomitizacije vapnenaca
 - izvor Mg^{2+}
 - mehanizam kojim se dolomitizacijski fluid kreće kroz stijenu
- čimbenici koji utječu na način dolomitizacije
 - veličina kristala/čestica i mineralogija originalnog sedimenta
 - *prim:*
 - *mikritni sediment* $\longrightarrow$ *sitnozrnati mozaik s očuvanim teksturama*
 - *visoko magnezijski kalcit (crvene alge, foraminifere)* $\longrightarrow$ *vrlo slaba promjena građe*
 - *niskomagnezijski kalcit* $\longrightarrow$ *rezistentan, ili je dolomitizacija destruktivna*
 - *aragonitna zrna (mekušci)* $\longrightarrow$ *jaka promjena građe*
 - vrijeme dolomitizacije
 - *prim:*
 - *kasno, tijekom prekrivanja*
 - » *destruktivna (sediment uglavnom izgrađen od niskomagnezijskog kalcita)*

ranodijagenetska dolomitizacija

- odvija se u nevezanim karbonatnim talozima
- nedestruktivan proces
- potrebni uvjeti
 - evaporacija morske vode uz povišenje molarnog odnosa Mg/Ca
 - *potrebni su:*
 - *srednja godišnja temperatura $>30^{\circ}\text{C}$*
 - *molarni odnos Mg/Ca između 15-30 (u normalnoj morskoj vodi je 5,26)*
 - razrjeđenje morske vode slatkom (smanjenje ionskog potencijala)
 - smanjenje sadržaja sulfata u morskoj vodi

– okoliši:

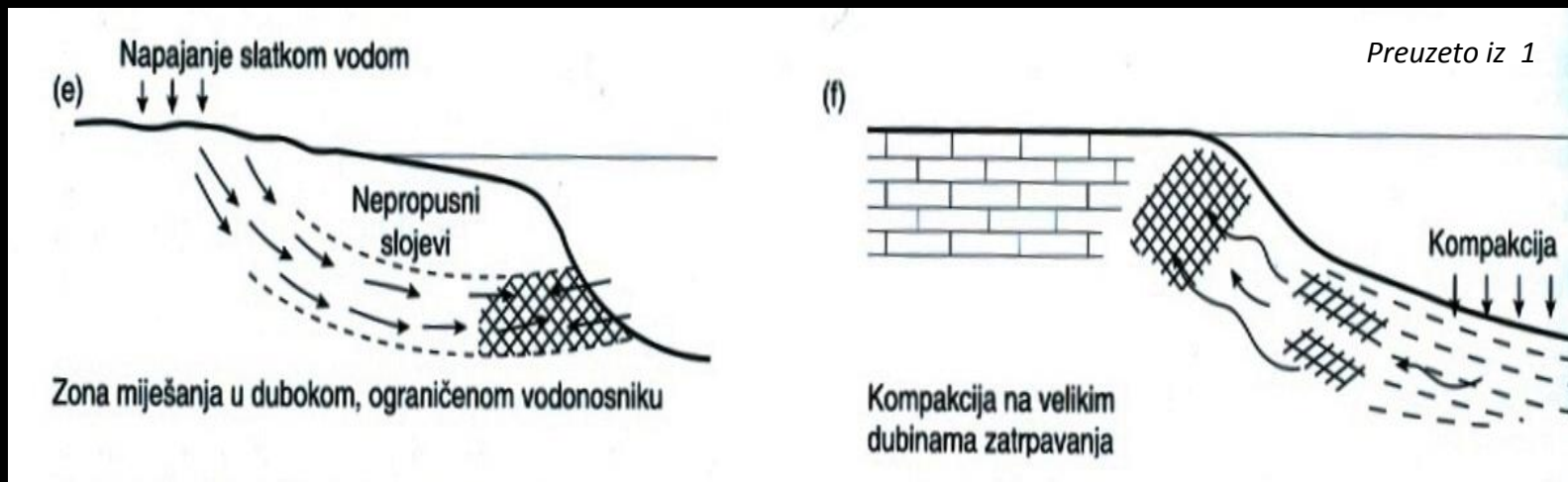
- saline ili sabkhe
- izolirane lagune i zaljevi
- slana jezera
- miješana zona slatke i slane vode



Modeli dolomitizacije u različitim okolišima i različitim mehanizmima strujanja dolomitizirajućeg fluida.

kasnodijagenetska dolomitizacija

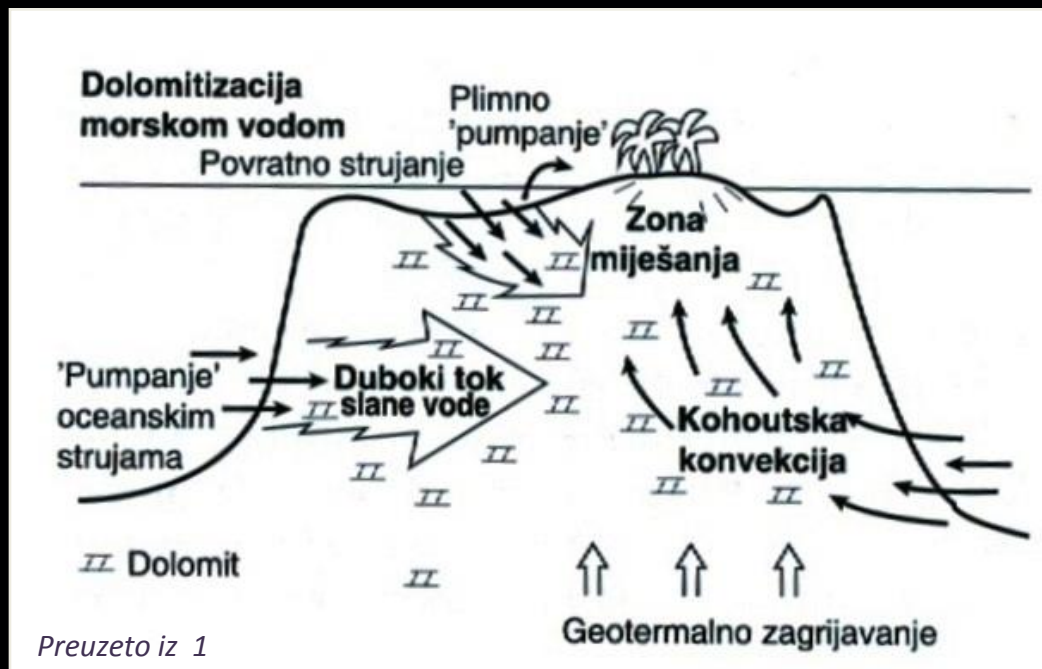
- dugotrajan, destruktivan proces
- potrebna je mala koncentracija Mg^{2+} iona u pornim vodama i malo povišena temperatura
- odvija se u očvrnutim vapnencima
 - u zoni miješane slane i slatke vode
 - na većoj dubini prekrivanja uz sudjelovanje pornih voda



Modeli dolomitizacije već očvrnutih karbonatnih taloga na većim dubinama prekrivanja.

- **Kohutova konvekcijska strujanja morske vode**

- najznačajniji čimbenik kasnodijagenetske dolomitizacije vapnenaca na većim dubinama prekrivanja
- strujanje hladne morske vode kroz vapnence na rubovima karbonatnih platformi ako oni sadrže temeljnu vodu više temperature od temperature vode iz morskih dubina



Modeli dolomitizacije vapnenaca morskom vodom različitim načinima crpljenja morske vode kroz karbonatnu platformu.

10.2.3 GENETSKI TIPVI DOLOMITA

ranodijagenetski (primarni, singenetski)	kasnodijagenetski (sekundarni, epigenetski)
nastaju procesima ranodijagenetske dolomitizacije nelitificiranih vapnenačkih taloga tijekom sedimentacijskih procesa ili ubrzo nakon njih	nastaju procesima kasnodijagenetske dolomitizacije već očvrslulih vapnenaca i/ili na većoj dubini prekrivanja
obično izgrađeni od vrlo sitnih dolomitnih kristala (< 15 µm); kriptokristalasti do mikrokristalasti dolomit	obično izgrađeni od krupnih dolomitnih kristala (u prosjeku 0,1 – 0,4 mm); mikrokristalasti do makrokristalasti dolomit
imaju očuvane primarne strukturne komponente vapnenaca	primarne strukturne komponente vapnenaca u pravilu potpuno uništene
ne sadrže nedolomitizirane relikte vapnenačkog taloga	često sadrži nedolomitizirane relikte vapnenaca