

O litologiji in biostratigrafiji volčanskega apnenca

Bojan Ogorelec, Ljudmila Šribar in Stanko Buser
Geološki zavod, Ljubljana, Parmova 33

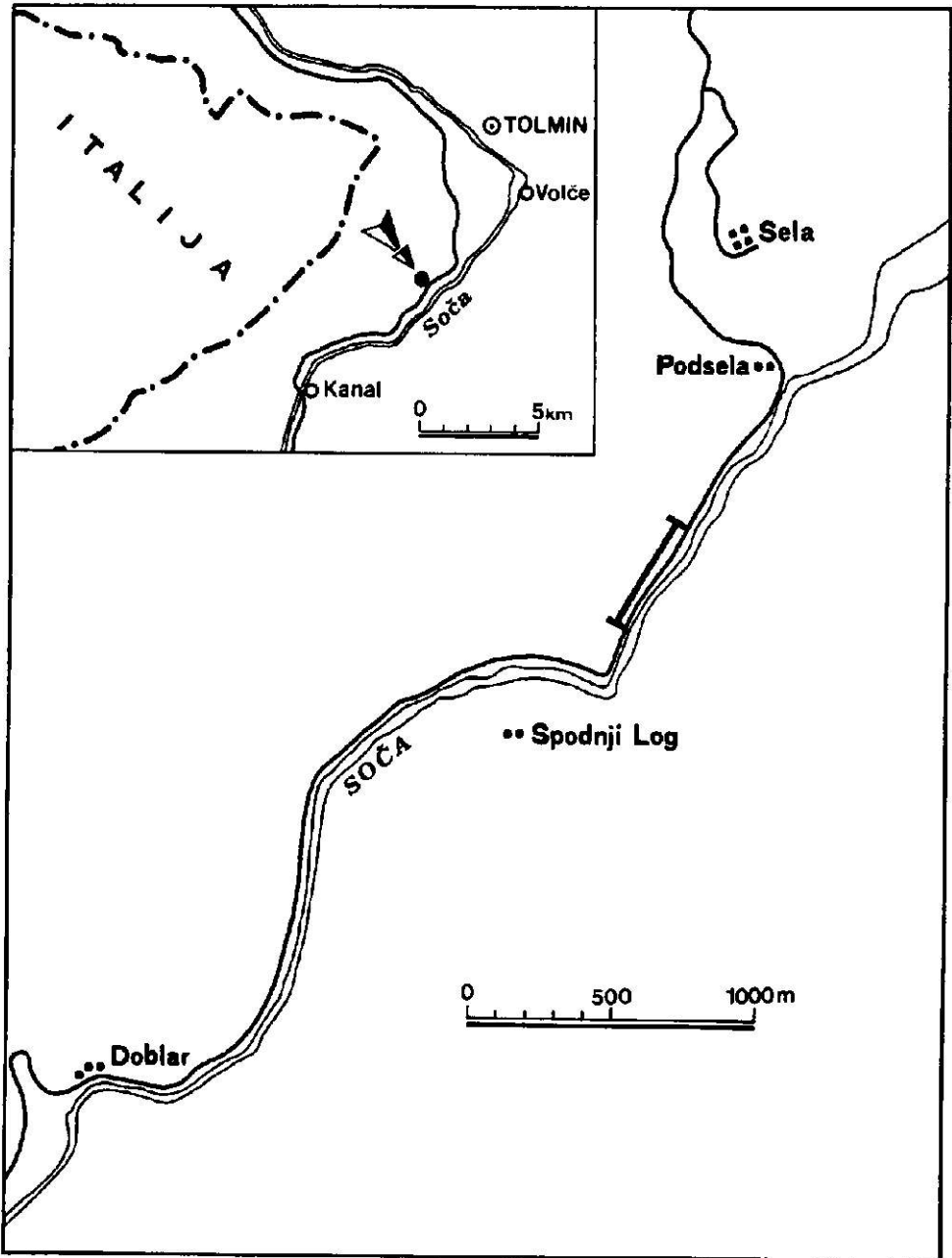
Prikazana sta dva delna profila volčanskega apnenca. Prvi, posnet v Idriji pri Bači, predstavlja njegov spodnji del. Bolj natančno je raziskan profil pri Doblarju v dolini Soče, kjer je lepo odkrit zgornji del volčanskega zaporedja. Prevladuje tanko plastoviti ali ploščasti apnenec, bogat z gomoljastim in ploščatim rožencem ter stilolitnimi šivi. Kamenina sestoji iz kalcirudita, kalkarenita in mikrita. Kalciruditne plasti kažejo postopno zrnavost in se ritmično menjavajo s kalkarenitnimi in mikritnimi plastmi. V idrskem profilu so bile določene pelagične foraminifere, razširjene od zgornjega turona do santona, doblarski profil pa vsebuje med drugim značilno campansko vrsto *Globo truncana calcarata* Cushman. Pelagične foraminifere kažejo na globlje morje, del volčanskega apnenca pa je sediment turbiditnih tokov.

Vsebina

Uvod	125
Dosedanje raziskave	127
Biostratigrafski razvoj volčanskega apnenca	128
Sedimentologija volčanskega apnenca	129
Geokemične preiskave	138
Povzetek	140
Zahvala	141
On Lithology and Biostratigraphy of Volče Limestone	148
Literatura	150

Uvod

Pri kartiranju lista Tolmin osnovne geološke karte smo natančno preučevali biostratigrafski in litološki razvoj ter lego volčanskega apnenca. Profili teh plasti niso kontinuirni, ker so tektonsko premaknjeni in ponekod pokriti. Poleg tega je volčanski apnenec tudi drobno naguban in se plasti iste starosti v profilu večkrat ponove. Vse to velja tudi za profil volčanskega apnenca v klasičnem nahajališču pri Volčah. Ustrezne profile smo našli ob cesti v dolini Idrijce med Dolenjo Trebušo in Slapom ob Idrijci, na pobočju Ponikvanske planote severno od Slapa ob Idrijci ter ob cesti med Podselom in Doblarjem v dolini Soče, ki smo ga detajlno kartirali.



Sl. 1. Lokacija profila Doblar

Fig. 1. Location map of the Doblar section

Dosedanje raziskave

Stanko Buser

Ime volčanski apnenec je v geološko literaturo vpeljal D. Stur (1858) in je o njem poročal naslednje: »Od vrha Kuka prek Kamence, Volč, Mosta na Soči in Polja sledimo pas ploščastih laporastih sivih in rdečkastih apnencev, ki imajo ponekod strm vpad in so pri Modreju drobno nagubani«. V volčanskem apnencu Stur ni našel fosilnih ostankov; v spodnjo kredno — neokom ga je uvrstil po legi. Na njem leži povsod neskladovit in brečasto-konglomeratni apnenec, ki vsebuje kaprotine in nerineje.

F. Kossmat (1907) je označil vrhnji del apnenca, bogatega z roženci, kot volčanski apnenec in ga uvrstil v spodnjo kredno. Menil je, da leži ta apnenec kondordantno na jurskem skrilavcu. Imel ga je za ekvivalent apnenca biancone v Južnih Tirolah in Benečanskih Alpah. Volčanski apnenec in jurski apneneci predstavljajo enotno zaporedje skladov, ki ustrezajo Marinellijevim »calcarei selciferi« (po Kossmatu, 1907). Velik pomen volčanskega apnenca je v tem, da predstavlja mejo med dvema facialnima področjema jursko-krednih plasti. V spodnjo kredno je štel F. Kossmat volčanski apnenec šele v poznejših delih (F. Kossmat, 1908, 1909 in 1920).

Po izkopih številnih vojaških rovov v prvi svetovni vojni je A. Winkler (1921) podal več profilov volčanskega apnenca ter njegovega stika s starejšimi in mlajšimi plastmi. Mnenja je bil, da je volčanski apnenec spodnjekredni, ker prehaja v spodnjem delu postopoma v jurske plasti. Pri Volčah se na tem prehodu menjavajo rdečkasti in zelenkasti lapor ter ploščasti apnenec in breča. Po globigerinah v volčanskem apnencu je sodil, da gre za sediment globljega morja, vendar ne daleč od obale. Tudi pozneje je A. Winkler (1924) postavljaj volčanski apnenec v spodnjo kredno.

Na geološki karti lista Tolmin italijanske izdaje, sestavljene po podatkih R. Fabianija, F. Kossmata, P. Leonardija in A. Winklerja (1937) je volčanski apnenec tudi označen kot spodnjekredni.

R. Selli (1953) je prvi dokazal zgornjo kredno v Zgornjem Posočju na podlagi globotrunkan. Našel jih je v zelenkastem laporju, ki ga je uvrstil v albij in cenomanijski. V rdečem laporju, ki leži na zelenkastem, je tudi našel globotrunkane in ga uvrstil v zgornji cenomanijski, turonij in coniac. Po literaturnih podatkih pa je volčanski apnenec štel še vedno v spodnjo kredno.

V zgornjo kredno je postavila volčanski apnenec šele D. Nedela-Devidé (1957), ko je našla v zbruskih tega apnenca pri Modreju senonijske globotrunkane. Bogato zgornjekredno globotrunkansko favno je našla v laporju še na več krajih v dolini Soče. Na podlagi globotrunkan pri Modreju je ugotovila, da pripada volčanski apnenec santonu. Skoraj enako globotrunkansko združbo je našla v rdečem laporstem apnencu pri Bovcu, zato je sklepala, da sta nastali obe vrsti plasti istočasno.

Plasti neposredno pod volčanskim apnencem je M. Cousin (1970) na širšem območju Tolmina označil kot albijsko-cenomansko flišno formacijo, ki jo pokrivajo zgornjecenomanske plasti. Apnenec v menjavi z rdečim in zelenim laporjem pod volčanskim apnencem pa je uvrstil v turonij. Volčanski apnenec je imenoval kot formacijo Volče in menil, da njegova sedimentacija ni prekoračila santona.

V letu 1972 je izšla razprava M. Caronove in M. Cousina, ki predstavlja nadaljevanje Cousinovega dela iz leta 1970. Kredne plasti so opisane iz več profilov. Iz volčanske formacije sta avtorja določila številne globotrunkane iz zgornjega turonija, coniac in santona. Volčanski apnenec leži med dvema zaporedjema flišnih plasti in je nastal v času tektonsko relativno mirnega obdobja.

B. Ogorelec (1970) ter D. Kuščer, K. Grad, A. Nosan in B. Ogorelec (1974) so preučevali volčanski apnenec v okolici Drežnice. Menili so, da kaže ta apnenec, ki pripada turoniju in spodnjemu senoniju, s svojo ritmično sedimentacijo in postopno zrnavostjo vse znake apnenega flišnega razvoja. V bovški okolici se je usedala v času nastajanja volčanskega apnenca »scaglia«, kar dokazuje v obeh kameninah najdena foraminiferna favna.

Biostratigrafski razvoj volčanskega apnenca

Ljudmila Šribar

Biostratigrafski razvoj volčanskega apnenca smo zaenkrat sestavili s pomočjo mikropaleontoloških raziskav dveh parcialnih profilov. Spodnji del razvoja predstavlja profil južno od Idrije pri Bači, zgornjega pa profil pri Doblarju v dolini Soče. V sestavljenem profilu ni večjih litoloških sprememb niti makrofosilnih ostankov, razen redkih fragmentov lupin mehkužcev. Zgornji del profila volčanskega apnenca, ki je zgornjesenonske starosti, vsebuje poleg foraminifer zlasti odlomke školjčnih lupin iz rodu *Inoceramus* sp. Odlomke ali pa samo značilne prizme *inoceramusov* smo našli v zbruskih (tabla 1, sl. 1).

Profil Idrija pri Bači

Starost volčanskega apnenca določajo vodilne vrste oziroma združbe pelagičnih globotrunkan. V spodnjem delu vsebuje volčanski apnenec globotrunkane, ki segajo delno še v zgornji turon ter so razširjene v coniacu in santonu. V profilu južno od Idrije pri Bači smo določili naslednje vrste:

- Globotruncana coronata* Bolli
- Globotruncana sigali* Reichel
- Globotruncana* cf. *schneegansi* Sigal
- Globotruncana carinata* Dalbiez
- Globotruncana* cf. *concovata* (Brotzen)
- Globotruncana linneiana linneiana* (d'Orbigny)
- Globotruncana linneiana tricarinata* (Quereau)

Naše raziskave spodnjega dela volčanskega apnenca se ne razlikujejo od določitev D. N. Devidé (1957), ki je po globotrunkanah postavila volčanski apnenec pri vasi Modrej v dolini Soče v spodnji senon, to je v santon. Tudi M. Caron in M. Cousin (1972) sta volčanski apnenec na več krajih uvrstila od zgornjega turona do coniac in santona.

Profil Doblar

Z detajlnimi mikropaleontološkimi in sedimentološkimi raziskavami doblarskega profila smo zajeli zgornji del volčanskega apnenca. Določili smo naslednje vrste globotruncan:

- Globotruncana arca* (Cushman)
- Globotruncana calcarata* Cushman
- Globotruncana conica* White
- Globotruncana* ex. gr. *stuartiformis*
- Globotruncana elevata elevata* (Brotzen)
- Globotruncana fornicata fornicata* Plummer
- Globotruncana linneiana linneiana* (d'Orbigny)
- Globotruncana linneiana tricarinata* (Quereau)
- Globotruncana ventricosa* White
- Globotruncana* sp.
- Heterohelix* sp.
- Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk)

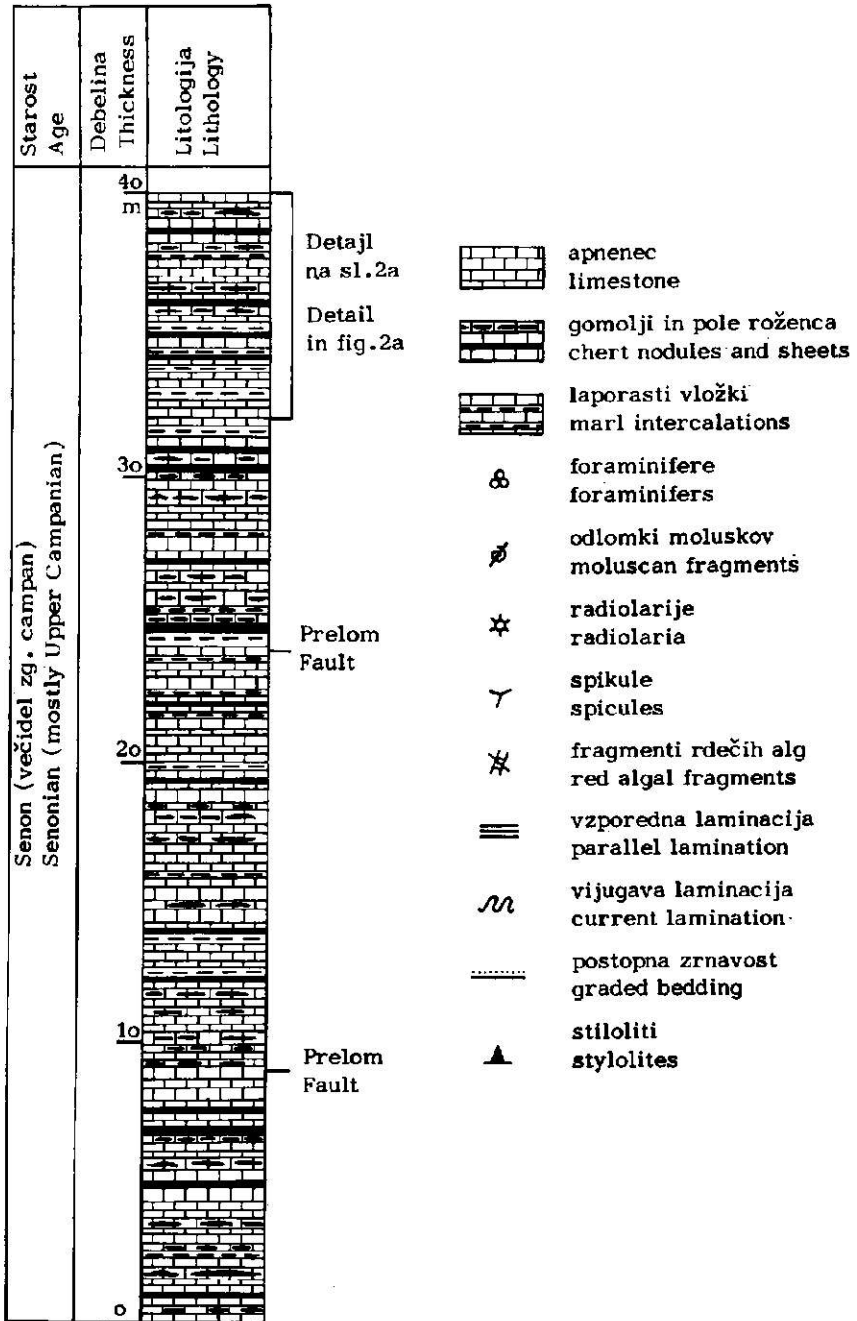
Naštete vrste kažejo na zgornjesenonsko starost (campan-maastricht). Fotografirali smo več značilnih presekov globotruncan iz profila pri Doblarju (tabla 1, sl. 2, 3; tabla 2, sl. 1, 2 in 3; tabla 3, sl. 1, 2 in 3).

Najznačilnejša vrsta z majhno vertikalno stratigrafsko razširjenostjo, ki nastopa v apnencu pri Doblarju, je *Globotruncana calcarata* Cushman. V raziskanih vzorcih je zelo pogostna. Po številnih avtorjih je omejena na zgornji campan. Doslej je niso našli še nikjer v plasteh, starejših od zgornjega campana. Številni primerki te vrste v celotnem profilu pri Doblarju kažejo, da je tu volčanski apnenec večidel zgornjecampanske starosti. Moramo pa omeniti, da so našli nekateri avtorji (J. Salaj & O. Samuel, 1966) to vrsto tudi še v plasteh maastrichta. Na campanmaastricht kažejo pri Doblarju vrste *Globotruncana conica* White, *Globotruncana elevata elevata* (Brotzen), *Globotruncana* ex gr. *stuartiformis*, *Globotruncana arca* (Cushman) in *Globotruncana ventricosa* White. Večjo stratigrafsko razširjenost, in sicer celotni senon, obsegajo vrste *Globotruncana fornicata fornicata* Plummer, *Globotruncana linneiana linneiana* (d'Orbigny) in *Globotruncana linneiana tricarinata* (Quereau).

Sedimentologija volčanskega apnenca

Bojan Ogorelec

Celotnega zaporedja plasti volčanskega apnenca nismo našli nikjer na vsem območju, kjer je razširjen. Sestavili smo ga na podlagi dveh delnih profilov. Prvega smo posneli južno od Idrije pri Bači, drugega pa v dolini Soče pri Doblarju. Iz idrskega profila, debelega 150 m, je bilo mikropaleontološko preiskanih 22 vzorcev. Doblarski profil pa smo posneli v strmem cestnem useku (sl. 3 do 5) na dolžini 300 m. Profil je tu debel 40 m, a je dvakrat prekinjen s prelomom. Paleontološko je bilo preiskanih 29 vzorcev, 39 pa geokemično in sedimentološko. Volčanski apnenec je tanko plastovit ter vsebuje gomolje in pole roženca. Posamezne plasti so debele nekaj cm, največ 20 cm, povečini pa 5 do



Sl. 2. Litološke značilnosti volčanskega apnenca pri Doblarju

Fig. 2. Generalized section showing the lithological characteristic of the Volče limestone at Doblar in Soča Valley



Sl. 3. Volčanski apnenec ob cesti med Selom in Doblarjem

Fig. 3. Volče limestone along the route Selo—Doblar



Sl. 4. Menjavanje plasti kalkarenita in ploščastega mikritnega apnenca. Nekatere plasti vsebujejo gomolje roženca

Fig. 4. Alternation of calcarenite and platy micrite. Chert modules appear in some beds

Starost Age	Senon (zgornji kampan) Senonian (Upper Campanian)
Debelina Thickness	
Litologija Lithology	
Sedimentne teksture Sedimentary structures	
Fosili Fossils	
kalcirudit - calcirudite kalkarenit - calcarenite mikrit - micrite	
dobro - well srednje-moderately sorted slabo - poorly	
dobro - well srednje-moderately rounded slabo - poorly	
Sedimentacijsko okolje Sedimentary environment	<p>Globlje pelagično okolje, pogostina sedimentacija s turbiditnimi tokovi Deeper pelagic environment, turbidity currents are common</p>

Sl. 2 a. Detajl s slike 2 — Fig. 2 a. Detail from the fig. 2



Sl. 5. Pole roženca (svetli pasovi) v volčanskem apnencu

Fig. 5. Chert sheets (light coloured) in the Volče limestone

10 cm. Redke so vmesne laporaste lezike, debele do 0,5 cm. Značilni so stiloliti. Precej plasti kaže postopno zrnavost in ritmično zgradbo z lepimi prehodi drobnozrnatega kalcirudita v mikrit (sl. 6, 7 in 8). Tako lahko uvrščamo volčanski apnenec v alodapični apnenec, oziroma ga imamo za apneni turbidit. Razen postopne zrnavosti opazujemo v volčanskem apnencu tudi paralelno in vijugasto laminacijo.

V volčanskem apnencu ločimo tri litološko različne tipe apnenca: kalcirudit, kalkarenit in biomikrit. Kalcirudit je drobnozrnat, največkrat zrna v njem presežejo dveh centimetrov, večina zrn pa meri v premeru nekaj mm. Vsi preiskani vzorci so slabo sortirani in zrna so srednje dobro zaobljena. Po sestavi pripada največ zrn klastom biomikrita. Nekateri biomikritni klasti kažejo jasne robove in so dokaj dobro zaobljeni, drugi pa so bili v bazen prineseni in odloženi v stanju plastiklastov. To so bili kosi še ne popolnoma konsolidiranega karbonatnega blata, ki so se odtrgali od podlage, po kateri je drsel turbiditni plaz. Plastiklasti so sploščeni in so z daljšo osjo orientirani vzporedno s plastovitostjo kamenine. Njihovi robovi niso izraziti in se z mikritno osnovo navadno stapljajo. Klasti biomikrita so pravzaprav intraformacijska tvorba. Tak apnenec je nastal v notranjosti bazena z litifikacijo karbonatnega blata, v katerega so se usedale avtohtone pelagične foraminifere in radiolarije ter spikule.

Poleg intraklastov biomikrita so v kalciruditu številni odlomki školjčnih lupin in ploščic ehinodermov, redki pa so tudi fragmenti globotruncan. V enem vzorcu smo dobili tudi drobec rdeče alge. Med školjkami so razpoznavni odlomki rudistov, zelo številne pa so lupine inoceramusov (tabla 1, sl. 1; tabla 4, sl. 3). Bioklasti so različno zaobljeni; v splošnem velja, da so tem bolj zaobljeni, čim manjši so, kar je posledica daljšega transporta. Vezivo, oziroma osnova kalci-

rudita je povečini mikrit, ponekod pa opazujemo, predvsem na kontaktnih sparitnih bioklastov, mozaični kontakt zrn ter sintaksialni sparitni rob. Sintaksialni cement je najbolj izrazit ob robovih ploščic ehinodermov. Plasti s kalciruditom so v profilu najdebelejše in merijo 10 do 20 cm.

Kalcirudit prehaja postopno v kalkarenit, ki sestavlja tudi samostojne pole ali pa kaže prehod v mikrit. V primerjavi s kalciruditom je kalkarenit bolje sortiran in ima bolj zaobljena zrna. Tako sortiranost kot zaobljenost zrn sta srednje dobri do dobri. V kalkarenitu sparitna zrna nad mikritnimi prevladujejo. Izvora sparitnih zrn povečini ne moremo več ugotoviti, ker so zrna že predrobna. Dokaj pogostni so v kalkarenitu tudi drobci foraminifer, predvsem globotruncan. Vezivo je enako kot pri kalciruditu, mestoma pa tudi tu opazujemo sintaksialni rob (tabla 4, sl. 2, tabla 5, sl. 1 in 2).

Biomikrit je gost in ima v sestavi nad 98 % karbonata. Barve je enake kot sta kalkarenit in kalcirudit, svetlo sive ali svetlo olivno sive. Nekateri vzorci vsebujejo do 2 % SiO_2 , povečini v obliki kalcedona v radiolarijah in spikulah. Poleg SiO_2 je v netopnem ostanku še malo glinaste primesi. Delež mineralov glin tudi ne presega 2 % kamenine. Analiza netopnega ostanka mikritnega apnenca kaže poleg sledov SiO_2 illit in klorit. Illit nad kloritom prevladuje.

Fosili v biomikritu so pelagične foraminifere, precej manj je radiolarij in spikul. Med foraminiferami prevladujejo globotrunkane nad globigerinami (tabla 5, sl. 3). Večinoma imajo lepo ohranjene cele skelete. Strukture radiolarij v zbruskah ni več videti, ali pa je le deloma opazna ob robovih. V nekaterih radiolarijah je kalcedon nadomeščen s kalcitom. Delež fosilov v biomikritu znaša nekaj odstotkov in 10 % le redko preseže. Tako spada biomikrit po D u n h a m o v i klasifikaciji (1962) v »mudstone«.

V biomikritu je pogostna drobna laminacija, pogojena z menjavanjem tankih lamin milimetrskih dimenzij zelo drobnega kalkarenita z laminami mikrita. Material za kalkarenit je bil prenesen z relativno počasnimi in mirnimi tokovi, ki niso povzročali turbulence. V nekaterih laminah so koncentrirane številne foraminifere, dokaj pogostne pa so tudi ploščice ehinodermov. Njihovo koncentracijo si lahko tolmačimo z zakasnelim usedanjem. V času podvodnih plazov so bili fosili odneseni skupaj z drugimi zrni v bazen, vendar pa so zaradi oblike zgradbe skeleta dalj časa lebdeli v suspenziji, predno so se usedli.

Sivi lapor, oziroma laporasti skrilavec se javlja poredko v lezikah, debelih do 0,5 cm. Dve analizi sta pokazali 62 in 68 % karbonata (kalcit) ter okrog 5 % SiO_2 . Minerale glin sta illit in klorit; illit nad kloritom prevladuje.

V volčanskem apnencu so zelo pogostni stilolitni šivi. Opazujemo jih tako v mikritnem apnencu kot na kontaktnih med mikritom in kalkarenitom. Skoraj vedno so vzporedni s plastovitostjo kamenine. Stilolitni šivi, koničasti ali valoviti, kažejo na dokaj intenzivno raztapljanje apnenca med diagenozo.

Posebno značilen in zanimiv pojav v volčanskem apnencu so gomolji in pole roženca. Roženec je v kamenini dokaj enakomerno porazdeljen. Večina roženčevih gomoljev ima razmerje dimenzij 2 do 5 cm/10 do 30 cm. Z daljšo osjo so lečasti gomolji vedno orientirani vzporedno s plastovitostjo kamenine. Pole roženca so redkejši; ena pola približno na 2 do 3 m, debele pa so največ 10 cm. Le poredko ima roženec v plasteh obliko trakov, ki se med seboj prepletajo in dajejo kamenini lisast videz (sl. 9). Roženec je srednje siv in temno siv, ter je temnejši od prikamenine, le na preperelem površju je svetlejši. Kontakti



Sl. 6. Značilna plast volčanskega apnenca: med kalkarenitnim in mikritnim pasom je roženec, v katerem je še delno ohranjena laminirana tekstura. Naravna velikost

Fig. 6. Typical layer from the Volče limestone: Bedded chert in between calcarenite and micrite layers. Note the laminar structure of chert. Natural size



Sl. 7. Kalkarenit prehaja navzgor postopno v mikrit (alodapični apnenec). Vzporedno s plastovitostjo potekajo stilolitni šivi. Naravna velikost

Fig. 7. Calcarenite passing gradually into micrite (alodapic limestone). Stylolites parallel to the bedding. Natural size

roženca s prikamenino so ostri. Značilno je, da je roženec najbolj pogost v pla-
steh s postopno zrnavostjo in da nastopa v srednjem delu zaporedja, v kalkare-
nitu ali na kontaktu kalkarenita z mikritom. Koncentracijo kremenice ob teh
kontaktih najlaže pojasnimo z zrnavostjo kamenine. Verjetno so bile plasti kal-
karenita za mobilizacijo in koncentracijo SiO_2 zaradi svoje poroznosti, oziroma
prepustnosti, najbolj ugodne. Mikrit in kalcirudit sta bila za raztopine slabše
prepustna. Kalcirudit ima namreč vezivo mikritno in je bil v primerjavi s kal-
karenitom za raztopine manj ugoden.

Povečini sestoji roženec iz prozornega mikrokristalnega kremenca. Kalce-
don je v podrejeni količini in ga opazujemo predvsem ob robovih vključkov ter
v skeletih radiolarij. Redko je roženec čist, navadno vsebuje drobne, do 0,5 mm
velike vključke kalcita. Vključki so še ne povsem silificirani ostanki prvotne
kamenine, v nekaterih vzorcih pa opazujemo tudi avtogene romboedre sparita.
Kalcitni romboedri imajo jasno euhedralno obliko in merijo 50 do 200μ (tabla
6, sl. 1). V enem od preiskanih vzorcev so nekatera kalcitna zrna popolnoma
nadomeščena z mikrokristalnim kremenom, tako da je od prvotnih kalcitnih
romboedrov ohranjena le še oblika.

Delež karbonata v rožencu niha od 9 do 26 %, kar kažejo geokemične in
röntgenološke preiskave. Karbonatna zrna so razporejena dokaj enakomerno,
nekoliko bolj so koncentrirana ob kontaktih roženca s prikamenino. Ob njih
je roženec moten in vsebuje več karbonata, v rožencu pa je fino dispergiran.
Geokemično in röntgensko smo analizirali srednji del roženca in njegov robni
del. Našli smo 17 % kalcita v jedru in 44 % kalcita na robu, makroskopsko
je ta rob videti kot 2 do 3 mm širok svetlo siv ali bel pas. Sorazmerne količini
karbonata so tudi vsebnosti Mg, Sr, Fe in Mn, ki so v robnem delu roženca
višje kot v sredini.

V nekaterih vzorcih roženca je prvotna tekstura kamenine še ohranjena;
opazujemo lahko različne stopnje silifikacije. V več vzorcih je ohranjena še
laminacija, kjer se menjavajo med seboj lamine prozornejšega in motnega ro-
ženca, ki vsebuje dispergiran karbonat ter drobna zrna kalcita. V enem od
preiskanih vzorcev je prvotna struktura kamenine še toliko ohranjena, da raz-
poznamo posamezne skelete globotruncan, ploščice ehinodermov ter klaste in
lupine inoceramusov (tabla 6, sl. 3). Osrednji deli nekaterih zrn so po mine-
ralni sestavini še čisto kalcitni, robovi pa so silificirani. Vsa zrna kažejo tanek,
okrog 20μ širok rob kalcedona. Vlakna kalcedona so orientirana pravokotno
na površja zrn.

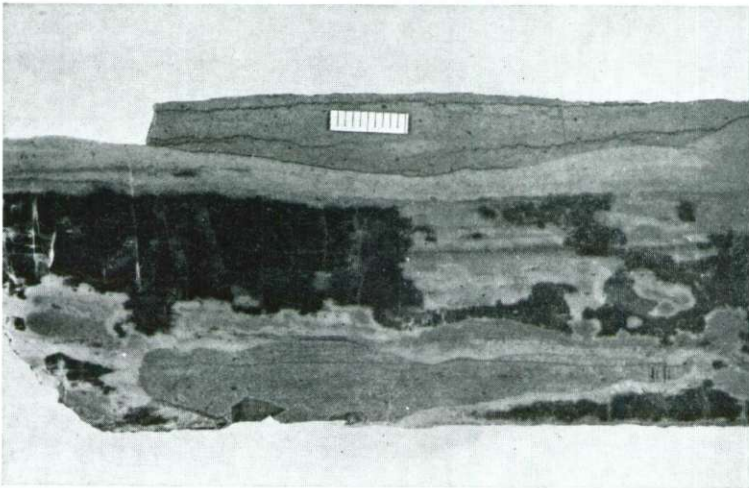
Zelo redke so v rožencu drobne konkrecije s premerom 5 do 10 mm. V jedru
je moten močno silificiran karbonat, zunanji plašč konkrecije pa sestoji iz
mikrokristalnega kalcita in prozornega sparita. Plašč (ovoj) je debel 300 do
 500μ . Drobni romboedri sparita so koncentrirani ob zunanjem robu plašča, ob
kontaktu s prozornim rožencem. V rožencu najdemo tudi radiolarije in spikule.
Oboje lahko spoznamo le po njihovih zunanjih oblikah in v polarizirani svet-
lobi, ker sestojijo iz kalcedona, za razliko od mikrokristalnega kremenca, ki tvori
osnovo (tabla 6, sl. 2). V enem izmed vzorcev roženca so radiolarije kalcitizirane
in imajo iz kalcedona samo še tanek ovoj.

Od kod izvira prvotna kremenica in kateri procesi so odločilni za nastanek
roženca, to sta še vedno glavni vprašanji raziskovalcev karbonatnih kamenin
z roženci (npr. S. E. Calvert, 1974; W. W. Sherwood in drugi, 1972,



Sl. 8. Alodopični apnenec. Spodnji kontakt med mikritom in kalciruditom je oster. Naravna velikost

Fig. 8. Allodapic limestone showing a sharp contact of micrite and calcirudite. Natural size



Sl. 9. Roženec (temen) nastopa v mikritu v obliki lis. Svetli pasovi ob rožencu so le delno silificirani. Naravna velikost

Fig. 9. Highly irregular chert body in micrite. Partial silicification at chert contacts (light rims). Natural size

1974; T. A. Davies & P. R. Supko, 1973; U. von Rad & H. Rösch, 1974). Večina avtorjev je mnenja, da so kot vir kremenice daleč najvažnejši planktonski organizmi, ki grade svoje skelete iz opala (diatomeje, radiolarije,

silikoflagelata, spikule). Drugi vir pa so raztopljeni kremenica, vulkanski pepel in detritični kremen. Regionalni vulkanizem in raztapljanje vulkanskega stekla povzroča povečano koncentracijo SiO_2 v okolju, kar je ugodno za povečanje planktonske produktivnosti. Nekaj kremenice se lahko sprošča tudi pri diagenezi zeolitov.

Nastanek roženca razlagajo danes v glavnem po dveh teorijah:

- a) teorijo »dozorevanja roženca« zagovarja večina avtorjev
- b) teorijo precipitacije kremenca pa zagovarja Lancelot (po W. W. Sherwoodu in drugih, 1974).

Vsebinska teorije dozorevanja rožencev je naslednja: Pri zgodnji diagenezi pride do raztapljanja biogenih skeletov, ki so iz opala; porne raztopine, bogate z raztopljeno kremenico, migrirajo vzdolž plastnic, razpok ter skozi pore. Kremenica se koncentrira in precipitira kot porcelanit z mineralom lussatitom (nizkotemperaturni kristobalit z neurejeno notranjo zgradbo kristalne mreže) v bolj prepustnih plasteh (peščeno-meljasta frakcija, kolikor ta obstoja). Kremenica migrira na razdalje nekaj cm do m. To je disolucijsko-reprecipitacijska reakcija in pri tej inverziji se ohranijo le zelo redki kremenasti skeleti organizmov. Reakcija poteka hitreje pri nizkem ali zmernem pH.

V pozni diagenezi preide lussatit v kriptokristalni in mikrokristalni kremen, ali v kalcedon. Sam mehanizem tega procesa je še sporen, verjetno pa nastaja v trdni fazi. Kremen je edina stabilna mineralna modifikacija v zrelem rožencu. Zrel roženec ni več porozen in v njem opazujemo le zelo redke biogene skelcte. Inverzija lussatita v kremen se prične v jedru roženca in se pomika navzven. Pri tem se nesilificirani ostanki (karbonati, minerali glin in drugo) prav tako premeščajo in se koncentrirajo ob robovih roženca, karbonati pa se delno izločajo tudi kot euhedralna zrna z obliko romboedrov v rožencu samem.

Na proces dozorevanja roženca vplivajo razni faktorji — temperatura, pritisk, pH in eH, delež tujih kationov, najvažnejši faktor pri normalnih pogojih pa je čas. Po U. von Radu in H. Röschu (1974) potrebuje roženec 70 do 90 milijonov let, da popolnoma dozori. Večji pritisk in višja temperatura (večja debelina sedimentov) ta proces lahko občutno skrajšata. Avtorja podajata recentni primer dozorevanja roženca v Atlantiku, kjer opazujeta vse prehodne faze od sedimentacije biogenih skeletov do pravega roženca: biogeni opal → polkonsolidirani porcelanit z ohranjenimi biogenimi skeleti → nezreli porcelanit z lussatitom → zrel kremenov roženec z uničenimi (raztopljenimi) fosili. Dozorevanje roženca napreduje s starostjo, oziroma z globino.

Po teoriji precipitacije kremenca naj bi kremen precipitiral direktno v čistih karbonatnih kameninah, v sedimentih, bogatih z minerali glin, pa naj bi se izločal kristobalit. Čas nastajanja roženca (zgodnja ali pozna diageneza) ni točno opredeljen in tudi izločanje kremenca še ni zadovoljivo pojasnjeno.

Geokemične preiskave

Bojan Ogorelec

Geokemično smo s plamensko absorpcijsko metodo preiskali 39 vzorcev vulkanskega apnenca, od tega 15 vzorcev mikrita, 8 kalkarenita, 4 kalcirudita ter 11 roženca. Vzorce za geokemične preiskave smo vzeli enakomerno po celot-

nem profilu Doblar in smo zajeli vse različne litološke tipe. Precej pozornosti smo posvetili tudi rožencu. V vzorcih smo določili Ca, Mg, Sr, Fe in Mn.

Rezultati kažejo dokaj enotne vrednosti posameznih elementov; koeficient odstopanja od srednjih vrednosti je sorazmerno nizek. Kalcij in magnezij sta v mejah, ki kažejo, da apnenec ni popolnoma čist. Odstotek Ca niha od 38,8 do 39,5 %, kar ustreza 98 do 99 % karbonata. V netopnem ostanku so kremen in minerali glin. Magnezij je v mejah od 0,2 do 0,4 %, kar ustreza apnencu z 1 do 2 mol % $MgCO_3$. Takšne količine Mg so v starejših apnencih morskega porekla najbolj pogostne.

Preiskani vzorci roženca vsebujejo 3,7 do 10,5 % Ca, kar ustreza 9 do 26 % karbonata (kalcita). Magnezij je v rožencu v mejah od 200 do 500 ppm.

V tabeli 1 so podane srednje vrednosti Sr, Fe in Mn v različnih apnenca.

Tabela 1. Sledni elementi v različnih apnenca

Table 1. Trace elements found in different limestone varieties

Kamenina Rock	Število vzorcev Number of samples	Sr ppm	Sr/Ca, 1000	Fe ppm	Mn ppm
mikrit micrite	15	640-1050	1,6-2,7	400-1100	140-270
kalkarenit calcarenite	8	540-750	1,4-1,9	410-840	140-270
kalcirudit calcirudite	4	610-690	1,5-1,8	560-800	140-220
roženec chert	11	90-300	1,7-3,3	130-370	10-50

Iz tabele 1 vidimo, da so srednje vrednosti posameznih elementov v vseh treh različnih apnenca istega velikostnega reda. Mikrit kaže za vse tri elemente najvišje vrednosti. To je najbolj opazno pri stronciju. Kalkarenit in kalcirudit ne kažeta geokemičnih razlik.

Vrednosti vseh treh slednih elementov v apnencu so precej visoke, kar je značilno za pelagične sedimente in globlje sedimentacijsko okolje. Dejstvo, da imata kalkarenit in kalcirudit nižje vrednosti od mikrita, si razlagamo z večjo količino glin v mikritu, deloma pa tudi zaradi zrn v kalkarenitu in kalciruditu. Izvorno področje teh zrn je šelf; za šelfni apnenec pa velja, da vsebuje manj slednih prvin. Za primerjavo navajamo informativne vrednosti koncentracij Sr, Fe in Mn iz apnenca šelfnega razvoja senonske starosti iz okolice Trnovega:

Sr ~ 400 ppm, Fe ~ 80 ppm in Mn ~ 20 ppm. Te vrednosti so bistveno nižje od koncentracije v volčanskem apnencu, in predvidevamo, da so s tega območja tudi prišli sparitni klasti.

Roženec kaže nizke koncentracije slednih prvin. Tudi zanj so koncentracije posameznih elementov podane v tabeli 1. Železo in mangan sta dokaj v sorazmerju s količino karbonata v rožencu, vrednosti stroncija pa so nekoliko višje. Značilen je koeficient Sr/Ca. 1000, ki znaša v povprečnem rožencu 2,70, doseže pa tudi 3,27 (pri apnencu 1,65 do 2,12). Višjo koncentracijo Sr si razlagamo z diagenozo. Ugotovljeno je (npr. E. Gawish & G. M. Friedmann, 1969; D. J. J. Kinsman, 1969), da se v apnencu, ki ima možnost prostega komuniciranja pornih vod, s časom količina Sr manjša. Ta proces poteka v času zgodnje diagenoze hitro, kasneje pa zelo počasi, oziroma preneha. Zato predvidevamo, da so bili kalcitni vključki pri silifikaciji ujeti v kremenico in so izgubili vsaj v večji meri kontakt s prikamenino. V čistem apnencu pa je potekal proces mobilizacije in zniževanja koncentracije Sr mnogo bolj nemoteno.

V vseh vzorcih, tako v apnencu kot v rožencu, je sorazmernost med Fe in Mn dokaj dobro izražena.

Povzetek

Na podlagi laboratorijskih preiskav volčanskega apnenca v profilu pri Doblarju ter regionalnih in sedimentoloških raziskav v Zgornjem Posočju (B. Ogorelec, 1970; D. Kuščer in drugi, 1974) štejemo volčanski apnenec med karbonatni fliš (apneni turbidit), oziroma ga imamo lahko za alodapični apnenec.

V enoličnem tanko plastovitem zaporedju se menjavajo plasti mikrita, kalkarenita in kalcirudita. Zelo pogosto opazujemo postopno zrnavost in vzporedno laminacijo, redkeje pa vijugasto laminacijo. Kontakti intervalov postopne zrnavosti z intervali mikrita v podlagi so vedno ostri. Dokaj pogostni so v volčanskem apnencu tudi stilolitni šivi. Roženec nastopa v lečastih in redkih polah.

Kalcirudit je drobnozrnat, večja zrna dosežejo 2 cm. Sortiranost je slaba, zaobljenost pa slaba do zmerna. Del zrn je bil transportiran v bazen v obliki plastiklastov, ki so z daljšo osjo orientirani vzporedno s plastovitostjo. Po sestavi pripadajo zrna povečini mikritu in biomikritu. Poleg planktonskih foraminifer, med katerimi so daleč najštevilnejše globotrunkane, zasledimo še odlomke lupin inoceramusov ter posamezne drobce rudistov in ehinodermov.

Kalkarenit kaže v primerjavi s kalciruditom boljšo sortiranost in zaobljenost. Apnenec vsebuje nad 98 % karbonata. Netopnemu ostanku pripadajo kremenica in minerali glin, kjer prevladuje illit nad kloritom.

Gomolji in pole roženca so v kamenini razporejeni zelo enakomerno. Gomolji so povečini lečasti in dosežejo dolžino 30 cm. Roženec sestoji večidel iz mikrokristalnega kremenca, kalcedon opazujemo le ob robovih drobnih karbonatnih vključkov; delež teh vključkov v preiskanih vzorcih se giblje med 9 in 26 %. Zelo redki so v rožencu tudi kalcitni romboedri. Ponekod silifikacija kamenine ni popolna in je prvotna struktura še ohranjena. Izvor kremenice povezujeemo z radiolarijami in spikulami. Geokemično smo preiskali vse litološke tipe apnenca ter gomolje roženca. Apnenec vsebuje 1 do 2 mol % $MgCO_3$ in 1 do 3 % netopnega ostanka. Mikrit vsebuje več Sr (okrog 800 ppm) kot kalkarenit

in kalcirudit (poprečno okrog 600 ppm). Vrednosti Fe in Mn so zelo enotne, glede na posamezni litološki tip kamenine (okrog 650 ppm Fe in 200 ppm Mn). Geokemične vrednosti slednih prvin v volčanskem apnencu so visoke v primerjavi z enako starim šelfnim apnencem na Trnovskem gozdu.

Okolje sedimentacije volčanskega apnenca je bilo globlje morje, oziroma jarek. Takšen ozek jarek je na območju Gornjega Posočja obstajal od triade vse do paleocena. M. Cousin (1970; M. Caron & M. Cousin, 1972) ga je poimenoval slovenski jarek. Z izrazom globlji mislimo nekaj tisoč metrov. Na globlje okolje sedimentacije volčanskega apnenca kažeta poleg razvoja apnenca tudi pelagična mikrofavna in pravi (peščeni) fliš v njegovi krovlini in talnini, ki imata značilnosti distalnega fliša. Turbiditni tokovi so nosili material za volčanski apnenec z juga. To sklepamo po številnih odlomkih školjčnih lupin in ploščic ehinodermov v kalciruditu, ki kažejo na izvorno področje plitvega šelfa. Tako okolje pa je v senonu obstajalo na območju južne Primorske. Med fragmenti školjčnih lupin najdemo drobce rudistov, zelo pogostni pa so odlomki lupin inceramusov. Podvodni plazovi so trgali tudi kose nekonsolidirane mikritne podlage, ki so se usedli v stanju plastiklastov. Volčanski apnenec je nastajal torej delno s turbiditnimi tokovi, vmesne pole mikrita pa so avtohton sediment s pelagično mikrofavno.

Smer transporta volčanskega apnenca s severa izključujemo, ker se je severno od tolminskega prostora odlagal istočasno z volčanskim apnencem rdeči mikritni apnenec z rožencem (scaglia), ki pa ne kaže znake flišnega razvoja.

Volčanski apnenec ne vsebuje pomembnih makrofosilnih ostankov, pač pa številne pelagične foraminifere. D. N. Davidé je prva pravilno določila njegovo zgornjekredno starost (1957). Pri vasi Modrej v dolini Soče ga je po globotrunkanah postavila v spodnji senon, to je v santon. Prejšnji raziskovalci so ga dolgo šteli v spodnjo kreda.

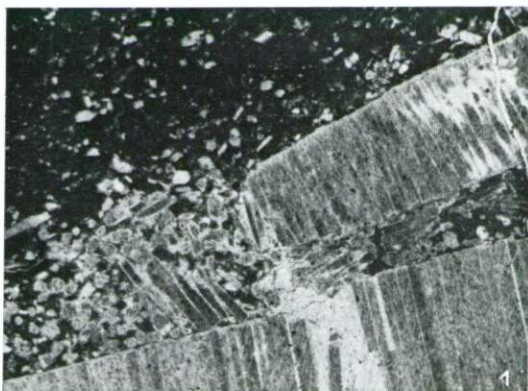
M. Caron in M. Cousin (1972) sta volčanski apnenec v dolinah Kneže, Zadlaščice in Tolminke uvrstila od zgornjega turona do santona in ga označila kot sediment relativno mirnega obdobja med dvema tektonsko bolj razgibanima dobama, ko se je sedimentiral peščeni fliš.

Po pelagičnih foraminiferah v idrijskem profilu sklepamo, da se je sedimentacija volčanskega apnenca pričela na prehodu zgornjega turona v coniac. Nadaljevala se je v santonu in po globotrunkanah, najdenih v doblarskem profilu, tudi v campanu. To kaže predvsem vrsta *Globotruncana calcarata* Cushman. Morda je sedimentacija segla celo v spodnji mastricht. Na volčanskem apnencu leži v profilu Doblar mastrichtska apnena breča.

Zahvala

Geokemično in rentgensko je vzorce volčanskega apnenca analiziral B. Ogorelec v Laboratoriju za sedimentologijo heidelberške univerze (Laboratorium für Sedimentforschung, Universität Heidelberg). Prof. dr. Germanu Müllerju in prof. dr. Petru Rotherju se zahvaljujemo za prijazno sodelovanje.

Tabla 1 — Plate 1



Sl. 1 — Fig. 1

Inoceramus sp.

Ostanki školjke v mikritnem apnencu. Zgornji campan. Profil Doblar. 16 ×

Shell fragments in the micritic limestone. Upper Campanian. Doblar section. 16 ×

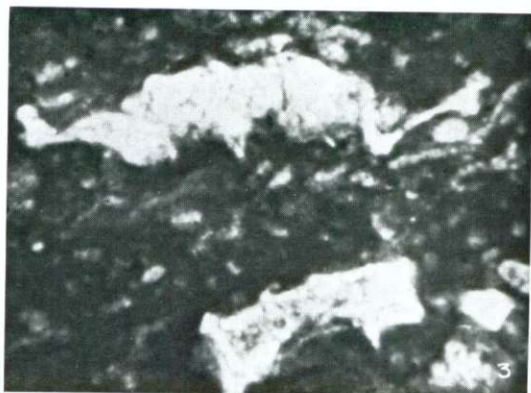


Sl. 2 — Fig. 2

Globotruncana calcarata Cushman

Radialni presek. Zgornjecampane plasti v profilu Doblar. 66 ×

Radial section. From the Upper Campanian beds of the Doblar section. 66 ×



Sl. 3 — Fig. 3

Globotruncana calcarata Cushman*Globotruncana linneiana* linneiana (d'Orbigny)

Zgornjecampanški biomikritni apnenc. Profil Doblar. 66 ×

From the Upper Campanian biomicrotic limestone of the Doblar section. 66 ×

Tabla 2 — Plate 2

Sl. 1 — Fig. 1

Globotruncana linneiana tricarinata (Quereau)

Zgornjecampanski biomikritni apnenec v profilu Doblar 66 ×.

Upper Campanian biomicritic limestone from the Doblar section. 66 ×



Sl. 2 — Fig. 2

Globotruncana arca (Cushman)

Zgornjecampanski biomikritni apnenec v profilu Doblar. 66 ×

Upper Campanian biomicritic limestone from the Doblar section. 66 ×



Sl. 3 — Fig. 3

Globotruncana fornicata fornicata Plummer

Zgornjecampanski biomikritni apnenec v profilu Doblar. 66 ×

Upper Campanian biomicritic limestone from the Doblar section. 66 ×



Tabla 3 — Plate 3



Sl. 1 — Fig. 1
Globotruncana conica White
 Biokalkarenit, campan-maast-
 richt. Profil Doblar. 66 ×
 Biocalcarenit, Campanian-
 Maastrichtian. Doblar section.
 66 ×



Sl. 2 — Fig. 2
Globotruncana ventricosa
 White
 Biomikritni apnenec campan-
 maastricht. Profil Doblar. 66 ×
 Biomicritic limestone, Campa-
 nian-Maastrichtian. Doblar
 section. 66 ×



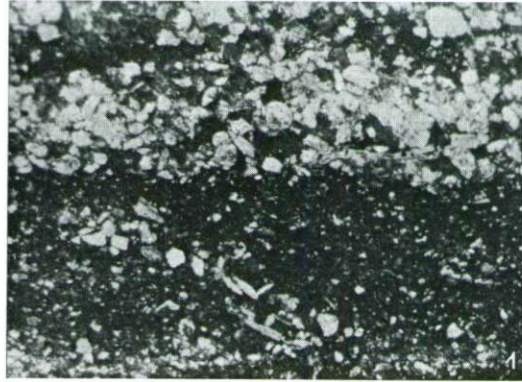
Sl. 3 — Fig. 3
Pseudotextularia nuttalli (Voorwijk)
 Zgornjesenonski biomikritni
 apnenec. Profil Doblar. 66 ×
 Upper Senonian biomicritic li-
 mestone. Doblar section. 66 ×

Tabla 4 — Plate 4

Sl. 1 — Fig. 1

Oster kontakt kalkarenita in mikrita, ki vsebuje drobir pelagičnih foraminifer. 20 ×

Sharp contact of calcarenite and micrite including pelagic foraminiferal debris. 20 ×



Sl. 2 — Fig. 2

Detajl vzorca s slike 1. Nekatera sparitna zrna se med seboj zajedajo (označeno s puščico). 40 ×

Sutured texture of calcarenite from the fig. 1 (arrow). 40 ×



Sl. 3 — Fig. 3

Drobnozrnati calcirudit z odlomkom lupine *Innoceramusa*. Del lupine je že silificiran. 20 ×

Fine-grained calcirudite with a fragment of *Innoceramusa*. A part of the shell passed silicification. 20 ×



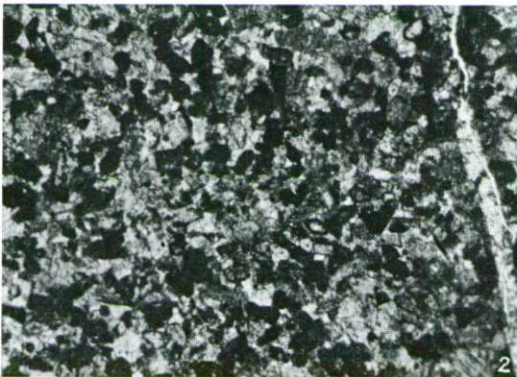
Tabla 5 — Plate 5



Sl. 1 — Fig. 1

Kalkarenit. Med klasti je ploščica ehinoderma (puščica), obdana s sintaksialnim cementom. 20 ×

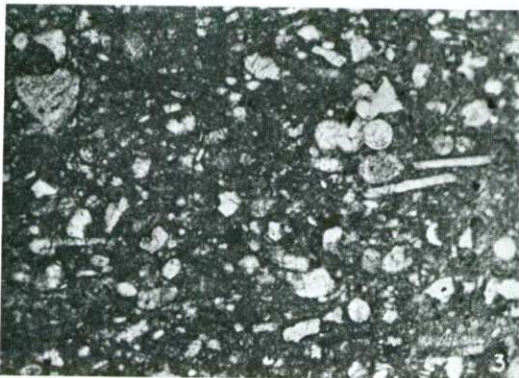
Calcarenite. Echinoderm plate (arrow) with syntaxial cement in between clasts. 20 ×



Sl. 2 — Fig. 2

Enakomerno zrnati kalkarenit iz srednjega dela vzorca allodapičnega apnenca. 20 ×

Equigranular calcarenite from the middle part of allodapic limestone. 20 ×



Sl. 3 — Fig. 3

Mikrit z drobirjem pelagičnih foraminifer, spikul in redkih odlomkov ploščic ehinodermov. 40 ×

Micrite including pelagic foraminiferal debris, spicules and fragments of echinoderm plates. 40 ×

Tabla 6 — Plate 6

Sl. 1 — Fig. 1

Kontakt med rožencem in mikritom. V rožencu so številni, do $200\ \mu$ veliki romboedri kalcita. $20\times$

Contact of micritic limestone and chert nodule including calcite crystals. $20\times$



Sl. 2 — Fig. 2

Detajl vzorca s slike 1. V rožencu je še ohranjen skelet radiolarije (puščica). $40\times$

Detail from the figure 1. Radiolarian test is still preserved (arrow). $30\times$



Sl. 3 — Fig. 3

Nepopolno silificiran kalkarenit iz srednjega dela alodopičnega apnenca; kalcitu pripadajo le še osrednji deli biogenih fragmentov. Vsa zrna imajo okrog $50\ \mu$ širok rob iz kalcedona. $20\times$

Partly silicified calcarenite from the middle part of alodapic limestone. Calcite is preserved only in central part of bioclasts, overgrown with, with about $50\ \mu$ wide chalcedony rim. $20\times$



On Lithology and Biostratigraphy of Volče Limestone

Bojan Ogorelec, Ljudmila Šribar, and Stanko Buser
Geološki zavod, Ljubljana, Parmova 33

Two partial sections of the Volče Limestone are shown. The first one is from Idrija pri Bači and represents the lower part of the Volče formation. The second one is from Dobljar in the Soča Valley where the upper part of the Volče sequence is well exposed. The limestone is thin bedded and abundant in chert and stylolites. The limestone consists of calcirudite, calcarenite, and micrite. The calcirudite layers show a graded bedding and alternate rhythmically with calcarenite and micrite beds. The samples from Idrija pri Bači are characterized by the pelagic globotruncanas extending from Upper Turonian over Coniacian to Santonian. The Dobljar section abounds, however, in Campanian-Maastrichtian forms; the most characteristic is *Globotruncana calcarata* Cushman. The pelagic microfauna indicates a rather deep sedimentary facies, but a part of the Volče limestone is inferred to have been deposited from turbidity currents as shown by the graded bedding and moderate sorting.

The stratigraphic sequence of the Volče limestone has been reconstructed by micropaleontological examination of two partial sections. The first one is situated at Idrija pri Bači and represents the lower part of the Volče formation as indicated by the following globotruncanas: *Globotruncana coronata* Bolli, *G. sigali* Reichel, *G. cf. schneegansi* Sigal, *G. carinata* Dalbiez, *G. cf. concavata* (Brotzen), *G. linneiana linneiana* (d'Orbigny), *G. linneiana tricarinata* (Quereau).

The vertical distribution of the microfauna mentioned above extends from the Upper Turonian over Coniacian to Santonian.

From the second section, situated at Dobljar, however Upper Senonian (Campanian-Maastrichtian) pelagic foraminifers have been determined: *Globotruncana arca* (Cushman), *G. calcarata* Cushman, *G. conica* White, *G. ex. gr. stuartiformis*, *G. elevata elevata* (Brotzen), *G. fornicata fornicata* Plummer, *G. linneiana* (d'Orbigny), *G. linneiana tricarinata* (Quereau), *G. ventricosa* White, *Globotruncana* sp., *Heterohelix* sp., *Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk). The most important form is the Upper Campanian *Globotruncana calcarata* Cushman. According to its vertical distribution the beds of the Dobljar section are mostly of the Upper Campanian age.

The Volče limestone is thin bedded, gray in colour, and abundant in chert nodules and sheets. The calcareous beds, up to 20 cm thick, consists of calcirudite, calcarenite, and micrite varieties. The bedding planes are characterized by stylolites, resembling sutures in cross sections. Rare marly intercalations do not exceed 0,5 cm in thickness (fig. 2 to 9).

The calcirudite shows graded bedding and alternates rhythmically with calcarenite and micrite layers. The lithological composition and sedimentological structures of some parts of the Volče limestone point to allodapic limestone or calcareous turbidite.

The calcirudite is fine grained; the largest clasts reach about 2 cm. The sorting is very bad, the roundness bad to moderately well. A part of grains has been transported as plastic clasts into basin. Their long axes are parallel with the bedding. The clasts consists mostly of micritic and biomicritic limestone. Beside the planctonic foraminifers, mostly globotruncanas, *Inoceramus* shell debris (plate 4, fig. 3), rudist fragments and echinoid plates (plate 5, fig. 1) were observed. The matrix of calcirudite is micritic, partly sparry calcite (diagenetic altered micrite).

The calcarenite is moderately to well sorted and rounded (plate 4, fig. 2). The biomicrite (plate 5, fig. 3) is compact and contains over 98 % carbonate. The rest belongs to chalcedony and to clay minerals (illite and chlorite). Fossils are nearly all pelagic foraminifers, mostly globotruncanas with well preserved skeletons. Fossils reach usually a few per cent, and do not exceed 10 %. In some samples of biomicrite fine parallel lamination is observed. Marly intercalations in between limestone contain up to 70 % calcite and up to 5 % SiO₂. Among clay minerals illite prevails over chlorite.

A very common characteristic of the Volče limestone are stylolites, usually seen as sutures in cross section and occurring parallel to the bedding. Chert nodules and sheets occur rather regularly distributed through the Volče limestone beds. The nodules of ellipsoid contours are marked by a darker colour than limestone. Sheet-like and irregular chert bodies occur less commonly.

The chert nodules consists dominantly of microcrystalline quartz. Chalcedony rims were observed on calcite inclusion within chert nodules and in some radiolarian skeletons. The calcite inclusions within chert nodules are up to 0,5 mm in diameter. Their amounts vary from 9 to 20 % (11 samples measured). Some rhombohedrons of the late diagenetic stage are also present (plate 6, fig. 1). Different degrees of silification are observed, and in some chert nodules the original texture can still be noticed (plate 6, fig. 3). The origin of silica is believed to be from radiolarian skeletons and spiculas, which are still present undissolved in some chert nodules (plate 6, fig. 2).

The geochemical study involved 39 samples from different limestone varieties and chert nodules. Ca and Mg data show low Mg-calcite with 1 to 2 mol % MgCO₃ and 1 to 3 % residue. Sr, Fe and Mn contents are shown in table 1. Micrite is more abundant in strontium (about 800 ppm Sr) compared with calcirudite and calcarenite (600 ppm Sr average) the coefficient Sr/Ca. 1000 varies from 1,7 to 2,1. The iron and manganese contents are very uniform in different limestone types (about 650 ppm Fe and 200 ppm Mn).

The chert nodules show the following geochemical features: Sr 90 to 130 ppm, Fe 130 to 370 ppm, and Mn 10 to 50 ppm. The geochemical values of

the Volče limestone are higher compared with the shell limestone of the same age southwards in Trnovo Forest (Sr 2 times, Fe and Mn about 10 times).

The sedimentological environment of the Volče limestone was a marginal part of a deeper basin, where autochthonous pelagic sedimentation was often disturbed by turbidity currents. The transports direction is, after paleogeographical investigations concluded, to be from the south.

Acknowledgments

The geochemical and X-ray analyses of the Volče limestone specimens were carried out by B. Ogorelec at the Sedimentological Laboratory of the Heidelberg University (Laboratorium für Sedimentforschung, Universität Heidelberg). It is a pleasure to record our grateful thanks for the kindness given by Mr. Professor Dr. German Müller and Mr. Professor Dr. Peter Rothe.

Literatura

Caron, M., Cousin, M. 1972, Le sillon slovène: les formations terrigènes crétacées des unités externes au Nord-Est de Tolmin (Slovénie occidentale). B.S.G.F., (7), 14, p. 34—45, Paris.

Calvert, S. E. 1974, Deposition and diagenesis of silica in marine sediments; v Hsü K. J. & Jenkyns H. G. (Editors); Pelagic Sediments: On Land and under the Sea. Blackwell Sci. Publ., p. 273—299, Oxford.

Cousin, M. 1970, Esquisse géologique des confins italo-yougoslaves: leur place dans les Dinarides et les Alpes méridionales. B.S.G.F., (7), 12, no. 6, p. 1034—1047, Paris.

Davies, T. A. & Supko, P. R. 1973, Oceanic sediments and their diagenesis: some examples from deep-sea drilling. Jour. Sed. Petrology, Vol. 43, p. 381—390. Tulsa.

Dunham, R. J. 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. v Ham W. E. (Editor) — Classification of carbonate rocks — a symposium. Am. Assoc. Petrol. Geol. Memoir 1, p. 108—121, Tulsa.

Ellis, B. F., and Messina, A. R. 1940—1974, Catalogue of Foraminifera, Spec. Publ. Am. Mus. of Nat. Hist., New York.

Fabiani, R., Kossmat, F., Leonardi, P. & Winkler, A. 1937, Carta geologica delle Tre Venezie, Foglio Tolmino 1 : 100 000. Magistrato alle Acque. Padova.

Gawish, E. & Friedman, G. M. 1969, Progressive diagenesis in Quaternary to Late Tertiary carbonate sediments: sequence and time scale. Jour. Sed. Petrology, Vol. 39, No. 3, p. 980—1008, Tulsa.

Hinte, J. 1963, Zur Stratigraphie und Mikropaläontologie der Oberkreide und des Eozäns des Krappfeldes (Kärnten). Jb. geol. B. A. Sondb. 8, Utrecht.

Kinsman, D. J. J. 1969, Interpretation of Sr²⁺ concentrations in Carbonate minerals and rocks. Jour. Sed. Petrology, Vol. 39, p. 486—508, Tulsa.

Kossmat, F. 1907, Geologie des Wocheiner Tunnels und der südlichen Anschlusslinie. Denkschr. math.-naturw. Kl. Akad. Wiss. 82, p. 1—102, Wien.

Kossmat, F. 1908, Beobachtungen über den Gebirgsbau des mittleren Isonzogebietes. Verhandl. geol. R. A., p. 69—84, Wien.

Kossmat, F. 1909, Der küstenländische Hochkarst und seine tektonische Stellung. Verhandl. geol. R. A., p. 85—124, Wien.

Kossmat, F. 1920, Spezialkarte des Österreichungarischen Monarchie Blatt Tolmein 1 : 75 000. Geol. Staatsanst., Wien.

Kuščer, D., Grad, K., Nosan, A. & Ogorelec, B. 1974, Geološke raziskave soške doline med Bovcem in Kobaridom. Geologija, 17, p. 425—476. Ljubljana.

Loeblich, A., and Tappan, H. 1964, Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C, Protista 2, Geological Society of America, University of Kansas Press.

Meischner, K. D. 1964, Allodapische Kalke, Turbidite in Riff-nahen Sedimentations-Becken. V Bouma A.H. & Brouwer A. (Editors): Turbidites; Developments in Sedimentology 3, p. 156—192, Amsterdam.

Nedéla-Devidé, D. 1957, Značenje globotruncanida za rješavanje nekih stratigrafskih problema u Jugoslaviji. II. kongres geologa Jugoslavije. Savez geol. društava FNRJ, p. 134—154, Sarajevo.

Ogorelec, B. 1970, Kredni fliš Gornjega Posočja. Diplomsko delo, FNT univerza, Ljubljana.

Postuma, J. A. 1971, Manual of planktonic foraminifera. Elsevier Publ. Co., Amsterdam.

Salaj, J. & Samuel, O. 1966, Foraminifera der Westkarpaten — Kreide, Bratislava.

Selli, R. 1953, La geologica dell' alto bacino dell' Isonzo (Stratigrafia e tettonica). Giorn. di Geol. Ser. 2a, Vol. 19, Bologna.

Sherwood, W. W., Bennet, F. B. & Weaver, F. M. 1972, Chemically Precipitated Sedimentary Cristobalite and the Origin of Chert. Eclogae geol. Helv., Vol. 65/1, p. 157—163, Basel.

Sherwood, W. W., Wise, J. R. & Weaver, F. M. 1974, Chertification of oceanic sediments. v Hsü K. J. & Jenkyns H. C. (Editors); Pelagic sediments: on Land and under the Sea. Blackwell Sci. Publ., p. 301—326, Oxford.

Stur, D. 1858, Das Isonzo-Thal von Flitsch abwärts bis Görz, die Umgebungen von Wippach, Adelsberg, Planina und die Wochein. Jb. geol. R. A., p. 324—366, Wien.

Von Rad, U. & Rösch, H. 1974, Petrography and diagenesis of deep-sea cherts from the central Atlantic. v Hsü, K. J. & Jenkyns H. C. (Editors); Pelagic Sediments: on Land and under the Sea. Blackwell Sci Publ., p. 327—347, Oxford.

Winkler, A. 1921, Das mittlere Isonzogebiet. Jb. geol. Staatsanst. Bd. 68, p. 11—124, Wien.

Winkler, A. 1923, Über den Bau der östlichen Südalpen. Mitt. d. Geol. Ges., Bd. 16, p. 2—272, Wien.