

Geol. vjesnik	Vol. 41	str. 181—196	Zagreb 1988.
---------------	---------	--------------	--------------

UDK 551.35:551.763.31

Izvorni znanstveni rad

## Sitnozrnati turbiditi cenomana u prelaznom pojasu unutrašnjih i vanjskih Dinarida sjeveroistočno od Slunja

Ervin MRINJEK

*Geološko-paleontološki zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet,  
Socijalističke revolucije 8, YU — 41000 Zagreb*

U dubokomorskim sedimentima cenomana, sjeveroistočno od Slunja, ustanovljene su potpune i odsječene sekvencije sitnozrnatih turbidita koje su bile taložene iz turbidnih struja niske gustoće.

Idealna sekvencija se sastoji od: donjeg dijela koji sadrži riplove i lamine kalksiltita i finog kalkarenita; srednjeg dijela koji osim bioturbacije pokazuje graduiranost u veličini i koncentraciji raspršenih siltinih i finoarenitnih čestica u mikritnoj osnovi; gornjeg dijela koji je masivan i također bioturbiran. Sekvencija je vjerojatno pokrivena hemipelagičkim talogom.

Neki slojevi su možda nastali taloženjem iz konturnih struja.

The Cenomanian deep-marine sediments, NE of Slunj contain the complete and top-cut-out sequences of fine-grained turbidites deposited from the low-density turbidity currents.

An ideal sequence consists of: lower part that contains ripples and laminae of calcisiltite and fine calcarenite; middle part characterized by bioturbation and grading of the amount and size of the silt and fine arenite grains in the micrite; upper part that is massive and also has bioturbation. The ideal sequence is probably covered by hemipelagite.

Several layers have probably been deposited from the contour currents.

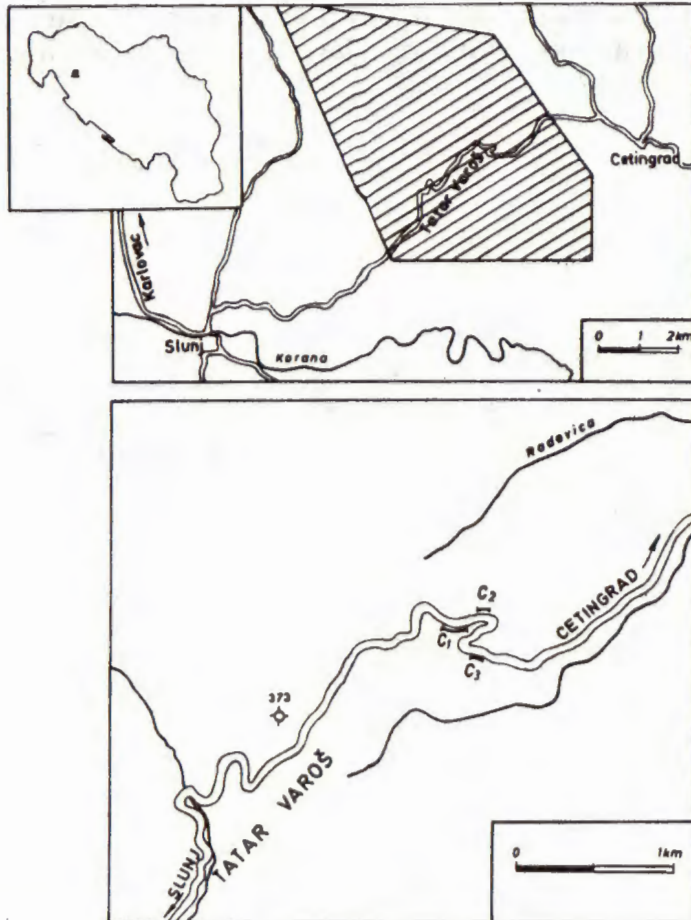
### UVOD

Sedimenti krednog razdoblja koji su smješteni sa sjeveroistočne strane prostrane šelfne zone karbonatnih sedimenata Vanjskih Dinarida taloženi su u dubljoj vodi. To je zona koja se pruža od izdanaka u okolici Tolmina, preko onih u Žumberku pa zatim preko ovdje proučenog predjela seže u okolicu Banja Luke i dalje se nastavlja prema jugoistoku (Blanchet & al., 1970; Aubouin & al., 1972; Charvet, 1972; Caron & Cousin, 1973; Babić, 1973, 1974; Babić & Zupanić, 1976).

Te naslage su uglavnom izgrađene od turbidita, pelagita i srodnih taloga. Istraživanja o kojima je ovdje riječ pokazuju da dio njih sadrži sitnozrnate turbidite (kalksiltit, kalklutit i vapnenački lapor) i moguće konturite koji dosad nisu bili detaljnije opisani u ovoj zoni. Zadatak ovog rada je prikaz njihovih značajki i tumačenja mehanizama njihovog postanka.

## SMJEŠTAJ I STRATIGRAFIJA

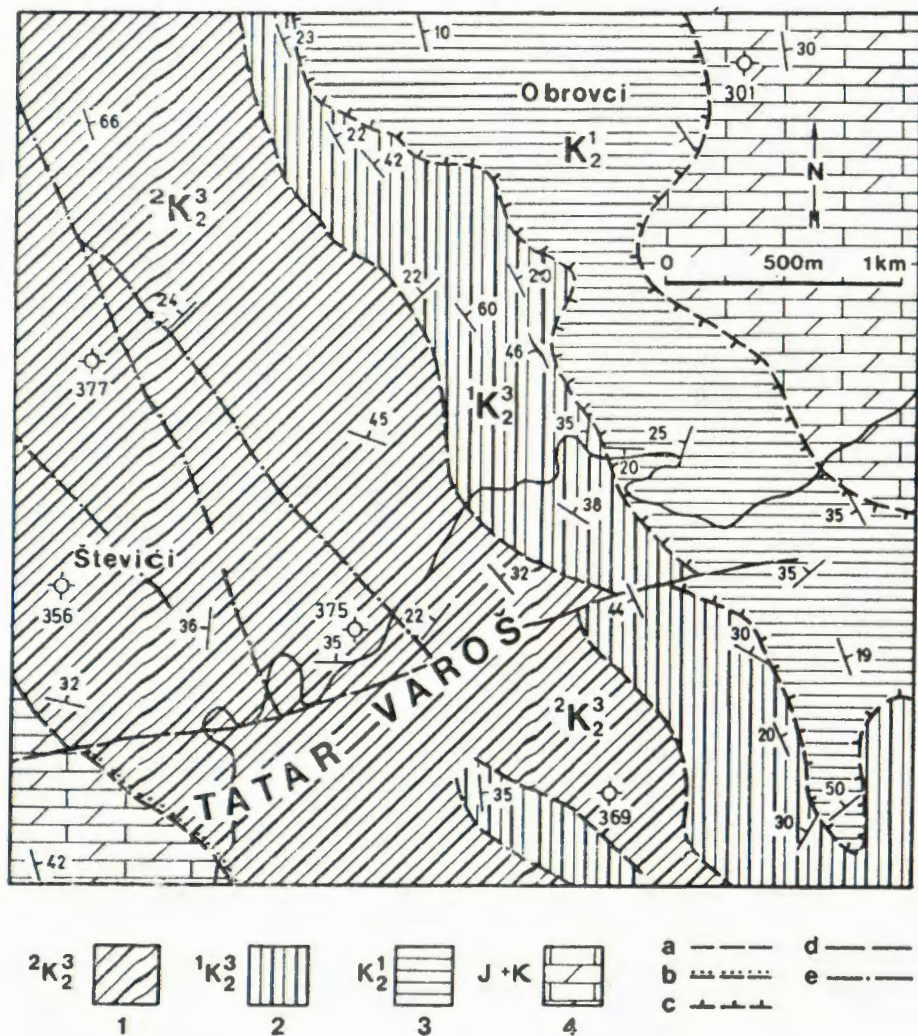
Istraživani sedimenti nalaze se u području Tatar Varoši, sjeveroistočno od Slunja, unutar zone krednih klastita smještene između dvaju predjela izgrađenih od karbonatnih stijena mezozoika (sl. 1 i 2). Njihova starost određena je na temelju planktonskih foraminifera u sedimentima



Sl. 1. Smještajna karta.

Fig. 1. Situation map.

slijeda  $C_2$  i to: *Rotalipora appenninica* (O. Renz), *Praeglobotruncana stephani* (Gandolfi), *Praeglobotruncana turbinata* (Reichel) i *Planomalina buxtorfi* (Gandolfi). Ta zajednica određuje cenoman-sku starost (Postuma, 1971). Kako sedimenti slijeda  $C_1$  čine njihovu krovinu možemo ih smatrati jednako starima. Sedimenti slijeda  $C_2$  su oko 100 m niže od slijeda  $C_1$  te možda pripadaju albu (sl. 3). Drugi sedi-



Sl. 2. Geološka karta područja Tatar Varoši (djelomično prema: Korolija, B. & al., 1979).

*Legenda:* 1 — vapnenački ruditi, kalkareniti i lapori (mastriht); 2 — vapnenački turbiditi i vapnenački lapori (gornji kampan); 3 — kalksiliti do kalklutiti i vapnenački lapori (cenoman); 4 — plitkomorski vapnenci i dolomiti (jura i kreda); a — pretpostavljena normalna granica; b — pokrivena transgresivna granica; c — pretpostavljeni navlačni kontakt; d — pokriveni rasjed; e — fotogeološki utvrđen rasjed.

Fig. 2. Geological map of Tatar Varoš area (modified after: Korolija, B. & al., 1979).

*Legend:* 1 — carbonate rudites, calcarenites and marls, (Maastrichtian); 2 — carbonate turbidites and calcareous marls (Upper Campanian); 3 — calcisilites to calcilutites and calcareous marls (Cenomanian); 4 — shallow marine limestones and dolomites (Jurassic and Cretaceous); a — supposed geological boundary; b — covered unconformity; c — supposed contact of overthrust; d — covered fault; e — photointerpreted fault.

menti ove zone sastoje se od turbidita i vapnenačkih lapora gornjeg kampana, te od vapnenačkih rudita, kalkarenita i lapora mastrihta (Babić & Zupanić, 1976). Te su jedinice prikazane na sl. 2.

#### OPIS SEDIMENATA

Tipovi i značajke sedimenata proučeni su djelomično na izdancima, a djelomično iz nabrusaka, otisaka na acetatnoj foliji i njihovih uvećanih fotografija, te pomoću izbrusaka.

Sedimenti su ograničeni na tri bliza lokaliteta unutar ukupne debljine od oko 130 m (sl. 3). Sastoje se od izmjenjene kalksilita do kalklutita i vapnenačkih lapora. Prosječna debljina ovih prvih je oko 5 cm, dok je prosječna debljina vapnenačkih lapora oko 15 cm. Vapnenački lapori izgrađuju više od dvije trećine slijeda.

Kalksiliti i u znatno manjoj mjeri prisutni fini i vrlo fini kalkareniti nalaze se u laminama. Osim neodređenih karbonatnih čestica, lamine sadrže i rijetke fragmente globotrunkanida, školjkaša, bodljikaša i drugih organizama veličine finog i vrlo finog arenita, te u manjoj mjeri čestice gline, kvarca, muskovita, feldspata, klorita i opakih minerala. Osnova je obično mikritna (packstone) ili znatno rijede sparitna (grainstone). Veličina čestica se obično smanjuje u laminama koje se nalaze u višim dijelovima člana. Položaj čestica je paralelan ili kos u odnosu na slojevitost.

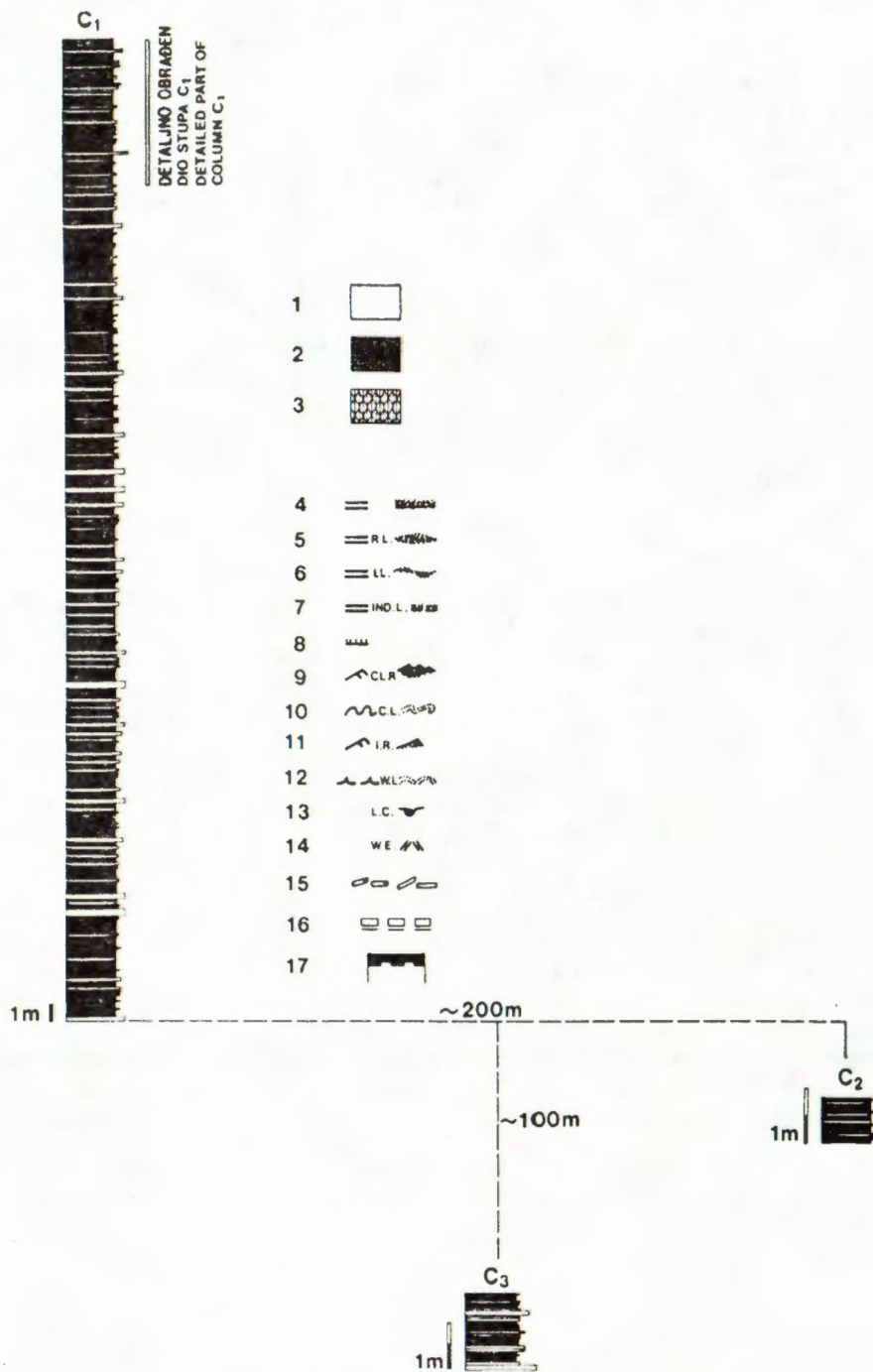
Kalklutiti su izgrađeni od mikrita s nešto primjese minerala gline, te siltnog kvarca, muskovita, feldspata, klorita i opakih minerala. Osim ovih čestica kalklutiti sadrže neodređive karbonatne čestice veličine silta, te također vrlo rijetke fragmente globotrunkanida, bodljikaša, školjkaša i drugih neodređenih organizama dimenzija finog i vrlo finog arenita. Koncentracija siltnih i arenitnih čestica je oko 5% do 20% pa se kalklutiti mogu označiti i kao mudstone ili wackestone. Obično su paralelno orijentirane u odnosu na slojevitost.

Gotovo iste karakteristike kao i kalklutiti pokazuju i vapnenački lapori koji se razlikuju samo u većem učešću nekarbonatnih minerala.

---

*Legenda:* (za sl. 3, 4, 5 i 6): 1 — kalksiliti i kalklutiti; 2 — vapnenački lapor; 3 — hemipelagički lapor; 4 — horizontalna laminacija; 5 — pravilna lečasta laminacija; 6 — nepravilna lečasta laminacija; 7 — nejasna laminacija; 8 — normalna gradacija; 9 — penjući riplovi; 10 — konvolutna laminacija; 11 — izolirani ripl; 12 — »wispy« laminacija; 13 — utiskivanja; 14 — tekstura istiskivanja vode; 15 — bušaći; 16 — postepen prijelaz između intervala; 17 — postepeno smanjivanje debljine i broja siltnih lamina u vapnenačkolaporom intervalu »e<sub>1</sub>«.

*Legend* (for fig. 3, 4, 5 and 6): 1 — calcisiltites and calcilutites; 2 — calcareous marl; 3 — hemipelagic marl; 4 — flat lamination; 5 — regular lenticular lamination; 6 — irregular lenticular lamination; 7 — indistinct lamination; 8 — normal grading; 9 — climber ripples; 10 — convolute lamination; 11 — isolated ripple; 12 — wispy lamination; 13 — load structure; 14 — water escape structure; 15 — burrows; 16 — gradual transition between intervals; 17 — thickness and numbers of silt laminae gradually decrease in calcareous marly interval »e<sub>1</sub>«.



Sl. 3. Položaj stupova.

Fig. 3. Position of columns.

## DETALJNI OPIS DIJELOVA SEDIMENATA

Sedimenti posjeduju pravilnost u vertikalnom rasporedu teksturnih i strukturnih karakteristika, s time što je donji dio vrlo raznolik dok su srednji i gornji dio prilično jednolični. Idealna (modalna) sekvencija sastoji se od tri jasna dijela i jednog problematičnog, o čemu će biti riječi kasnije. Tri spomenuta dijela (intervala) mogu biti označena oznakama »e<sub>1</sub>«, »e<sub>2</sub>« i »e<sub>3</sub>« koje je uveo Piper (1978) o čemu će također biti raspravljeno kasnije.

Nepotpune sekvencije (Te<sub>1</sub>-e<sub>2</sub> i Te<sub>1</sub>) prevladavaju u odnosu na potpune sekvencije (Te<sub>1</sub>-e<sub>2</sub>-e<sub>3</sub>).

Granice između sekvencija su obično oštre, čak su kod nekih primjećena utiskivanja i tragovi erozije, dok je prijelaz između intervala postepen i stoga teško primjetan (sl. 4, 5 i 6).

Po petrografskom sastavu mogu se razlikovati dva tipa sekvencija: kalklutitske sekvencije i vapnenačko-laporne sekvencije koje sadrže više siliciklastičnih čestica (sl. 3).

Donji dio sekvencije (interval »e<sub>1</sub>«)

Glavna karakteristika donjeg dijela sekvencije jesu fino i vrlo fino arenite i siltne lamine. Prosječna debljina lamina je 0,5 — 1 mm iako su u nekim sekvencijama utvrđene lamine debljine do 1 cm (tab. II, sl. 1 i 2; tab. III, sl. 3). Lamine se smanjuju po broju i debljini prema višem dijelu sekvencije. Mogu biti pravilne, lećaste, nepravilno lećaste ili nejasne (isprekidane) (tab. II, sl. 1; tab. III, sl. 3). Ove posljednje nalaze se u pravilu u višim dijelovima intervala (tab. II, sl. 2; tab. III, sl. 2 i 3). Te lamine mogu biti i nepravilno konvolutnog oblika (tab. II, sl. 1) i Stow i Shanmugam (1980) iz zovu »wispny laminae«.

Relativno često mogu se uočiti izolirane leće silta čiji oblik kao i kosi položaj izduženih čestica pokazuje da se vjerojatno radi o izoliranim riplovima (tab. II, sl. 2; tab. IV, sl. 1).

Kod nekih sekvencija riplovi finog arenita su utonuli u podinu zbog utiskivanja ili zbog kretanja novog toka u krovini (tab. II, sl. 1). Uočena je i konvolucija lamine finog i vrlo finog arenita i silta, koja ima oštre »kreste« i široka »korita« (tab. V, sl. 1).

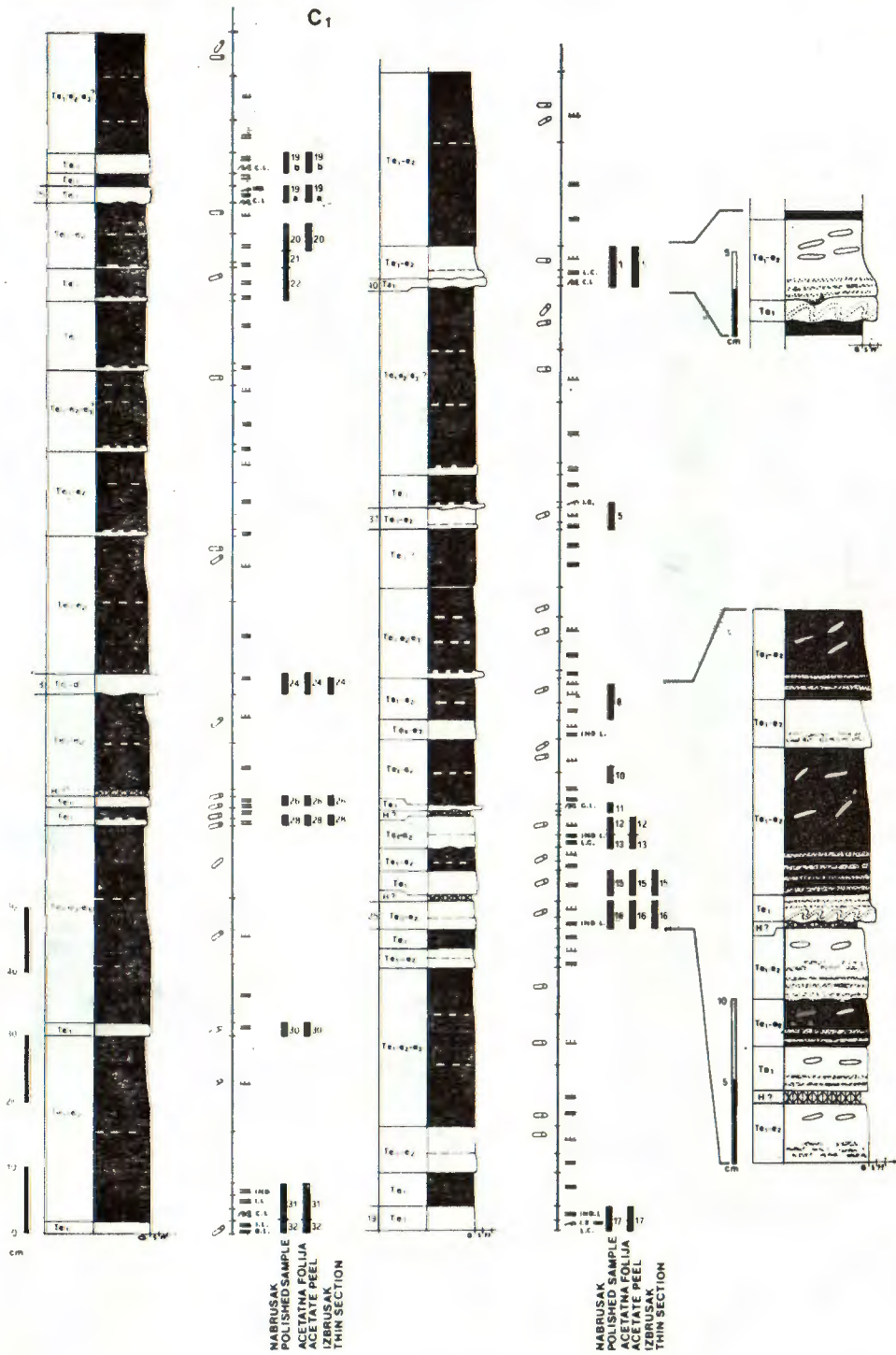
U najdonjem dijelu intervala opaženi su u više navrata relativno dugački i tanki penjući (»climbing«) riplovi vrlo blagog kuta uspinjanja, izgrađeni od finog arenita. Pokazuju znakove djelomične poremećenosti, vjerojatno zbog težine krovine (tab. II, sl. 1 i 2).

Neki prekidi i poremećaji lamina mogli bi se pripisati istiskivanju vode ili djelovanju bušača (tab. II, sl. 2; tab. IV, sl. 2).

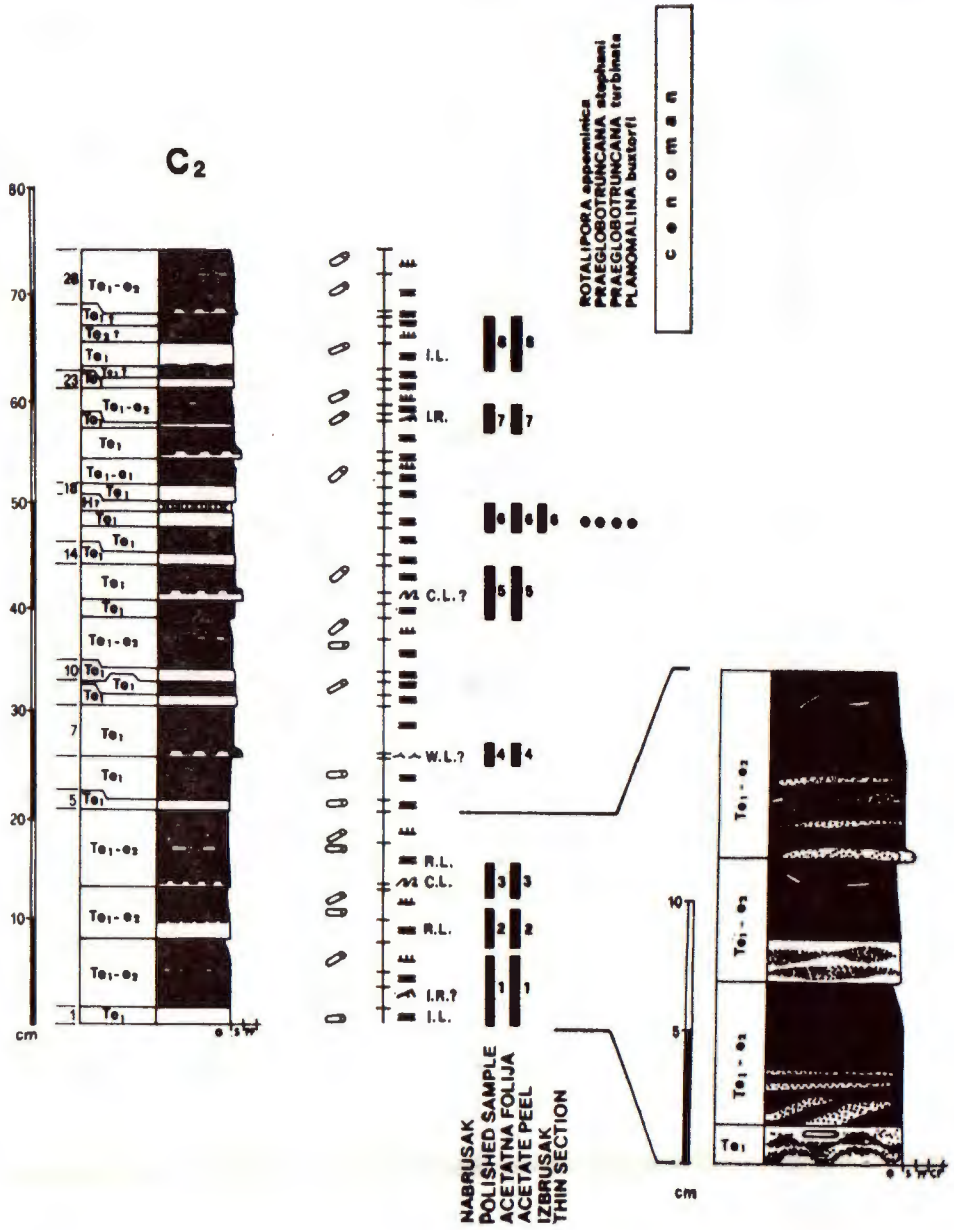
Srednji dio sekvencije (interval »e<sub>2</sub>«)

Prijelaz iz donjeg dijela u srednji dio sekvencije je vrlo postepen, pa je precizno teško odrediti.

Karakteristika ovog intervala je postepeno smanjivanje koncentracije i veličine fino arenitnih i siltne čestice i gotovo redoviti, uglavnom subvertikalni i/ili subhorizontalni tragovi bušača koji su obično ispunjeni laporom (tab. III, sl. 2; tab. V, sl. 1).



Sl. 4. Stup C<sub>1</sub>.  
Fig. 4. Column C<sub>1</sub>.



Sl. 5. Stup C<sub>2</sub>.

Fig. 5. Column C<sub>2</sub>.



### Gornji dio sekvencije (interval »e<sub>3</sub>«)

Prijelaz iz srednjeg dijela sekvencije u gornji dio je također vrlo postepen, pa stoga isto teško odrediti.

Taj dio sekvencije je masivan. U njemu se mogu vidjeti nepravilno raspršene rijetke siltne i vrlo fino arenitne čestice. U pravilu je jako poremećen bušačima čiji su tragovi kao i kod nižih dijelova ispunjeni laporom.

### Vršni dio sekvencije (interval H)

Završni dijelovi nekih sekvencija pokazuju nešto veću količinu gline i jaču bioturbaciju, te veću trošivost i manju tvrdoću na osnovu čega pretpostavljam da takvi vršni dijelovi sekvencija predstavljaju hemipe-lagički talog (sl. 4, 5 i 6; tab. IV, sl. 3).

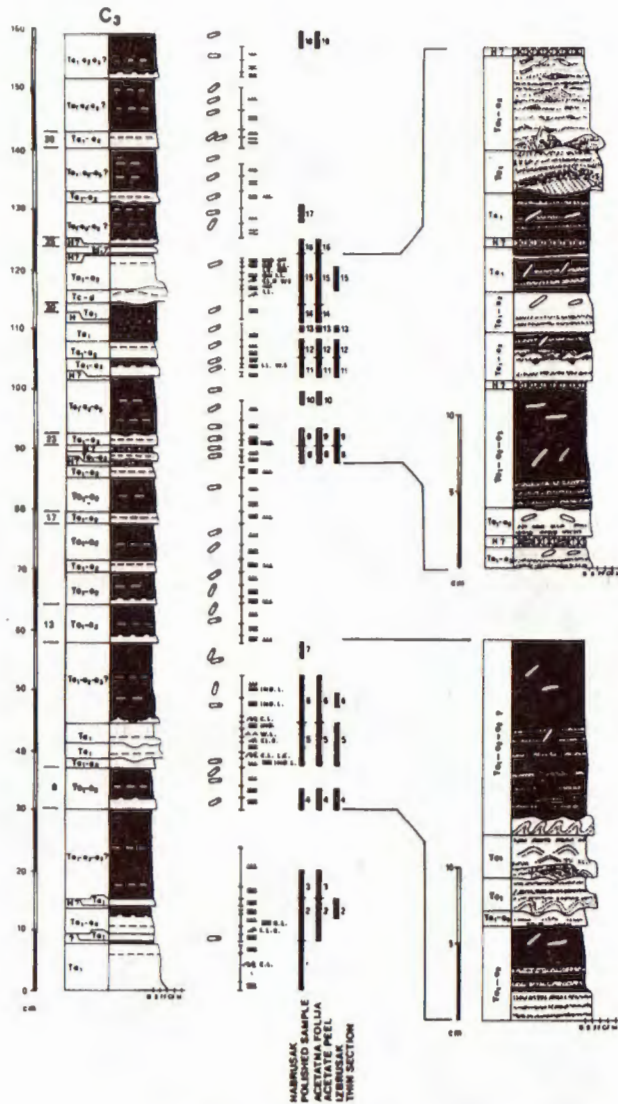
## SEDIMENTACIJSKI PROCESI

Pravilno redanje tipova struktura i tekstura sedimenata u vertikalnom slijedu i mnogostruko ponavljanje tog slijeda ukazuje na povezanost sedimentacijskih procesa. Usporedbe s poznatim podacima i procesima pokazuju da je glavnina sedimenata istaložena iz turbidnih struja niske gustoće.

Taloženju sitnozrnatih turbidita a pogotovo postanku lamina silta i mulja pripisani su različiti načini. Tako su Dzulynsky i Radomski još 1955. godine izmjenu pokušali objasniti nizom malih nezavisnih tokova ili nizom »oblaka suspenzije«. Lombard (1963) i Piper (1978) smatraju da izmjenu lamina uzrokuje fluktuacija brzine toka. Van Andel i Komar (1969) ukazuju na mogućnost reflektiranja turbidnih struja od rubova malih bazena dok Hesse i Choung (1980) uzrok nalaze u procesu cikličkog kidanja u graničnom sloju.

Čini se da je najprihvatljivije objašnjenje Stowa i Bowena (1980) jer je temeljeno na rezultatima eksperimenata i vrlo detaljnom proučavanju recentnih sedimenata. S njime se mogu objasniti i karakteristike istraživanih turbidita. Izmjena lamina silta i mulja objašnjavaju de pozicijskim sortiranjem koje po njima nastaje zbog promjene sile naprezanja u donjem graničnom sloju toka. U početku naprezanje ne dopušta flokulaciju i taloženje mulja nego se kroz viskozni dio graničnog sloja talože čestice finog arenita i krupnijeg silta koje zbog vučenja formiraju riplove i lamine. Riplovi mogu biti poremećeni zbog utiskivanja u mulj (tab. II, sl. 1). Utiskivanju se može pripisati i postanak konvolutne laminacije (Mc Kee & al., 1962., cit. u Reineck & Singh, 1980), iako ne treba isključiti mogućnost nastanka istiskivanjem vode (Lowe, 1975) ili kretanjem novog toka u krovini (Kuennen, 1953; Sanders, 1965, cit. u Reineck & Sing, 1980) na što posebno ukazuje prebačeni položaj »kreste« i »korita«, a vrlo vjerojatno su sve navedene mogućnosti imale utjecaj (tab. V, sl. 1).

Slabljenjem toka i povećanjem koncentracije mulja omogućena je uspješna flokulacija i vrlo brzo taloženje »muljnog pokrivača« kroz najdonji laminarni dio graničnog sloja na već prije formirane riplove ili lami-

Sl. 6. Stup  $C_3$ .Fig. 6. Column  $C_3$ .

ne. Taj proces ponavlja se više puta ali sa sve sitnijim česticama silta i većom količinom mulja tako da depozicijskim sortiranjem dolazi do formiranja sve tanjih, a zatim i nejasnih lamina silta (donji dio sekvencije). Nakon toga u toku preostaje neznatna količina silta i najfinijeg arenita pa se taloži samo mulj što odgovara srednjem i gornjem dijelu sekvencije. Ti dijelovi sekvencije mogu biti slabije ili jače bioturbirani.

Stow i Shanmugam (1980) utvrđuju da su kompletno razvijene sekvencije sitnozrnatih turbidita sa svim teksturama rijetka pojava što je i slučaj sa našim primjerima. Pri tome treba naglasiti da u sastavu istraživanih slijedova prevladavaju karbonatne čestice dok su siliciklastične čestice slabije zastupljene, što sigurno onemogućuje uspješnu flokulaciju i time depozicijsko sortiranje koje je bilo interpretirano analizom siliciklastičkih turbidita (Stow & Bowen, 1980). Zato kod većeg broja sekvencija dolaze samo nejasne lamine i jedva primjetna graduiranja koja se sastoji u smanjenju veličine i broja rijetko raspršenih silt-nih i fino arenitnih karbonatnih čestica (tab. III, sl. 2; tab. IV, sl. 3).

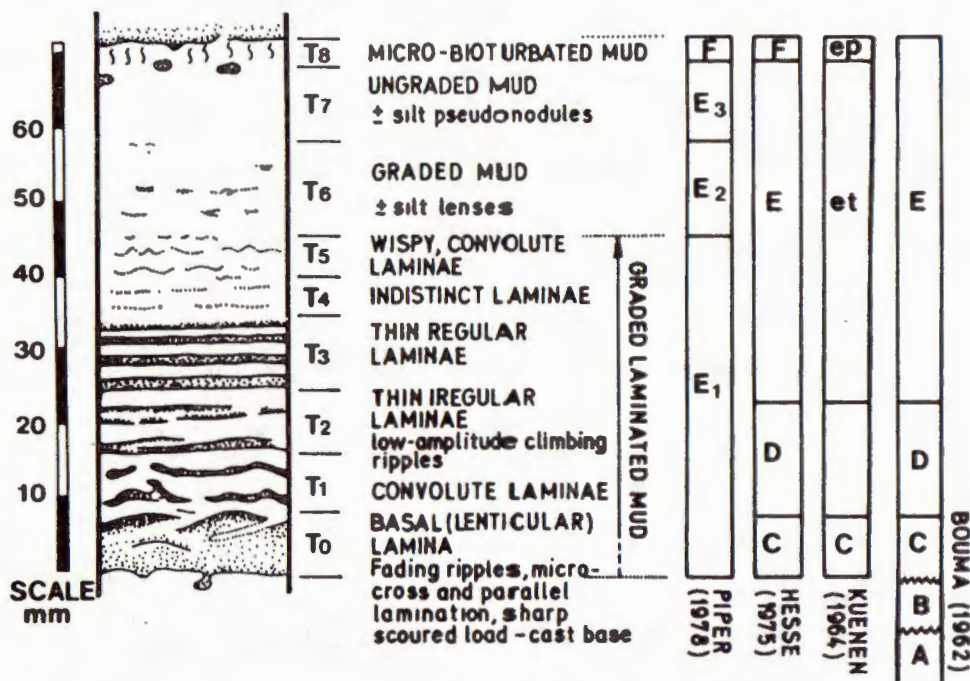
Karbonatni sastav je, također, najvjerojatnije uvjetovao postepeni i jedva primjetni prijelaz turbidita u hemipelagit jer se sitne karbonatne čestice raspršene u repu turbidnog toka mogu pomiješati sa hemipelagičkim česticama. Osim toga dominirajući udio karbonata je uz aktivnost bušaća i nedostatak mikrofosila razlog nemogućnosti primjene sigurnih kriterija za utvrđivanje hemipelagičkog lapora i njegovog odvajanja od vapnenačkolapornog intervala »e<sub>3</sub>« (Hesse, 1975; O'Brien & al., 1980).

Potrebno je naglasiti da su hemipelagički intervali mogli biti djelomično ili potpuno erodirani a nije isključeno da su prerađivani podmorskim strujama.

U nekim sekvencijama pravilne lamine silta dolaze iznad nejasnih lamina ili deblje lamine i izolirane leće silta dolaze iznad tanjih lamina silta (tab. II, sl. 2; tab. IV, sl. 2). U tim slučajevima može se raditi o toku s više naleta uz postupno slabljenje ili pak o miješanju dviju ili više turbidnih struja, no također je moguće da je došlo do prevlasti djelovanja konturnih struja i njenog djelovanja prerađivanjem.

Kod opisa sekvencije i njihovog grafičkog prikaza služio sam se Piperovom podjelom Bouminog (1962) intervala »e« u »e<sub>1</sub>«, »e<sub>2</sub>« i »e<sub>3</sub>«, određene na osnovu laminacije i gradacije (1978). Po Piperu karakteristika intervala »e<sub>1</sub>« je izmjena siltnih i glinovitosiltnih lamina (0,2—2 mm) čija se debljina i veličina siltnih čestica smanjuje u gornjim dijelovima intervala. Interval »e<sub>2</sub>« karakterizira normalna graduiranost dok je interval »e<sub>3</sub>« poremećen bioturbacijama pri čemu dolazi do miješanja sa hemipelagičkim ili pelagičkim sedimentom.

Naglašavam da su u ovom radu analiziranim sekvencijama pridružene Piperove oznake za intervale ne samo na osnovi specifičnih teksturnih i strukturnih karakteristika nego i na osnovi načina postanka. Piper doduše registrira mali udio (oko 1/4) arenita u najdonjem dijelu, ali naši primjeri mogu posjedovati i više arenita, te po tome odudaraju od njegovog modela. Razlika je i u debljini i obliku lamina. U našem primjeru lamine mogu biti do 1 cm debele, pravilne, lečaste, nepravilno lečaste i nejasne uz prisustvo izoliranih riplova i »climbing« riplova što je različito od Pipera koji spominje samo pravilne ili lečaste, vrlo tanke lamine (do 2 mm). Osim toga, naši primjeri, a osobito oni sa finim arenitom u početku sekvencije, približuju se Piperovim tzv. siltnim turbiditima (Piper, 1978) koje on zbog kosih i horizontalnih lamina silta poistovjećuje sa Bouminim sekvencijama T<sub>b-c-d</sub> i T<sub>c-d</sub>, s time da na graduiranom dijelu sekvencije u našem slučaju još slijedi masivni kalklutitski interval (»e<sub>3</sub>«).



Sl. 7. Idealna Stowina sekvencija uspoređena sa ostalim tipovima sekvencija (iz Stow & Shanmugam, 1980).

Fig. 7. Ideal Stow sequence compared with the other types of sequences (from Stow & Shanmugam, 1980).

T<sub>0</sub> — lečasta lamina vrlo finog arenita i silta sa tragovima erozije i utiskivanja u dnu; kosi i horizontalni položaj čestica; »iščezavajući« riplovi na vrhu lamina; T<sub>1</sub> — konvolutne lamine silta; T<sub>2</sub> — tanke nepravilne lamine i penjući riplovi; T<sub>3</sub> — tanke pravilne lamine; T<sub>4</sub> — nejasne lamine; T<sub>5</sub> — »wispy« konvolutna lamina; T<sub>6</sub> — građirani mulj i leće silta; T<sub>7</sub> — masivni mulj i pseudonodule silta; T<sub>8</sub> — bioturbirani mulj.

No najpotpunije podudaranje daje uspoređba sa idealnom sekvencijom sitnozrnatih turbidita koju su opisali Stow i Shanmugam (1980). Naime, pojave koje nalaze u vertikalnom slijedu podijeljenom u osam intervala većinom su mogle biti registrirane i u istraživanim turbiditima iako ne uvijek sve u istoj sekvenciji. Njihov idealni slijed u donjem dijelu, kojeg poistovjećuju sa Piperovim »e<sub>1</sub>«, sastoji se od šest intervala (od T<sub>0</sub> do T<sub>5</sub>). T<sub>0</sub> se sastoji od debele lamine (oko 8 mm) vrlo finog arenita i silta sa tragovima erozije i utiskivanja u dnu. Može se opaziti horizontalni ili kosi položaj dužih čestica. Na njezinom vrhu mogu se razviti tzv. iščezavajući (»fading«) riplovi. T<sub>1</sub> sadrži konvolutne siltne lamine. T<sub>2</sub> karakteriziraju tanke nepravilne lamine i dugački penjući (»climbing«) riplovi. T<sub>3</sub> sadrži pravilne lamine dok T<sub>4</sub> karakteriziraju nejasne lamine a T<sub>5</sub> ima »wispy« lamine. Kroz cijeli donji dio je prisutna gradacija u veličini čestica i debljini lamina.

Prva tri intervala ( $T_0 - T_2$ ) uspoređuju sa Bouminim intervalima »c« i »d«.

$T_0$  odgovara Piperovom intervalu »e<sub>2</sub>«, pa ga osim normalne graduiranosti mulja karakteriziraju »krpaste« leće silta.  $T_7$  se sastoji od masivnog mulja sa rijetkim siltnim pseudonodulama te ga uspoređuju sa Piperovim intervalom »e<sub>3</sub>« dok  $T_8$  uz siltnu pseudonodule sadrži i tragove bušaća i može se smatrati za pelagički ili hemipelagički talog (sl. 7).

#### PALEOGEOGRAFSKI POLOŽAJ

Sitnozrnati turbiditi talože se na vrlo širokom prostoru pa su tako prisutni na padinama, u podmorskim lepezama kao i na bazenskom dnu. Budući da prevladavaju nepotpune, u gornjem dijelu odsječene sekvencije, vjerojatno su taloženi bliže kanalu u višim dijelovima padine ili lepeze (Stow & Piper, 1984) nakon razređivanja debritnih ili turbidnih tokova visoke gustoće.

Prisutnost dva petrografska tipa sekvencija, kalklutitskih i vapnenačkolapornih, može ukazivati na postojanje različitih izvora materijala i rubova bazena, odnosno na barem dva smjera transporta ili na izmjenu u količini prinosa glinenog materijala.

#### ZAKLJUČAK

U zoni krednih dubokomorskih sedimentata u području Tatar Varoši, sjeveroistočno od Slunja, utvrđeni su sitnozrnati turbiditi cenomanske starosti.

Idealna sekvencija se sastoji od tri dijela: donjeg dijela koji sadrži ripleve i lamine finog arenita i silta; srednjeg dijela koji osim bioturbacije pokazuje graduiranost u veličini i koncentraciji siltnih i finoarenitnih čestica u mikritnoj osnovi i gornjeg dijela koji je masivan i također bioturbiran. Sekvencija je istaložena iz turbidne struje niske gustoće i vjerojatno je pokrivena hemipelagičkim talogom. Usporediva je sa idealnim sekvencijama Pipera (Piper, 1978) i Stowa (Stow & Shanmugam, 1980).

Zbog jače zastupljenosti karbonatnih čestica nije bila moguća potpuno uspješna flokulacija i depozicijsko sortiranje (Stow & Bowen, 1980) što je razlog da se kod većeg broja sekvencija mogu uočiti samo nejasne lamine i jedva primjetna graduiranost.

Jače izražena karbonatna komponenta u sastavu je vjerojatno razlogom postepenog i jedva primjetnog prijelaza vapnenačkolapornih sekvencija u hemipelagit. Pojave debljih lamina silta iznad tanjih lamina silta vjerojatno su nastale zbog nestalnosti toka ili čak miješanjem turbidne struje sa konturnom strujom ili drugom turbidnom strujom niske gustoće.

#### ZAHVALE

Dugujem zahvalnost prof. Donati Devidé-Nedéli za pomoć pri odredbi pelagičkih foraminifera. Prof. dr Ljubomiru Babiću se zahvaljujem za savjete i korisnu diskusiju koju smo vodili prilikom pisanja ovog rada.

Primljeno: 12. 1. 1988.

## LITERATURA

- Aubouin, J., Blanchet, R., Cadet, J. P., Celet, P., Charvet, J., Chorowicz, J., Cousin, M. & Rampnoux, J. P. (1972): Essai sur la géologie des Dinarides. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 12/6, 1060—1095, Paris.
- Babić, Lj. (1973): Bazenski sedimenti gornjeg titona, beriasa i valendisa, zapadno od Bregane. *Geol. vjesnik*, 26, 11—27, Zagreb.
- Babić, Lj. (1974): Razdoblje otriv-cenomana u Žumberku: Stratigrafija, postanak sedimenata i razvoj prostora. *Geol. vjesnik*, 27, 11—33, Zagreb.
- Babić, Lj. & Zupanić, J. (1976): Sedimenti i paleogeografija zone Globotruncana calcarata (gornja kreda) u Baniji i Kordunu (središnja Hrvatska). *Geol. vjesnik*, 29, 49—73, Zagreb.
- Blanchet, R., Cadet, J. P., Charvet, J. & Rampnoux, J. P. (1970): Sur l'existence d'un important domaine de flysch tithonique-crétacé inférieur en Yougoslavie: l'unité du flysch bosniaque. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 11/6, 871—880, Paris.
- Caron, M. & Cousin, M. (1973): Le sillon slovène: les formations terrigènes crétacées des unités extérieures au Nord-Est de Tolmin (Slovénie occidentale). *Bull. Soc. géol. France*, (7), 14/1—5, 34—35, Paris.
- Charvet, J. (1972): Aperçu géologique des Dinarides aux environs du méridien de Sarajevo. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 12/6, 986—1002, Paris.
- Dźułyński, S. & Radomski, A. (1955): Origin of groove casts in the light of turbidity current hypothesis. *Acta Geol. Polonica*, 5, 47—56, Warszawa.
- Hesse, R. (1975): Turbiditic and nonturbiditic mudstone of Cretaceous flysch sections of the East Alps and other basins. *Sedimentology*, 22/3, 387—416, Amsterdam.
- Hesse, R. & Chough, S. K. (1980): The Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel of the Labrador Sea: II. Deposition of parallel laminated levee-muds from the viscous sublayer of low density turbidity currents. *Sedimentology*, 27, 697—711, Oxford.
- Korolija, B., Živaljević, T. & Šimunić, An. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000 list Slunj L 33-104, Sav. geol. Zavod, Beograd.
- Korolija, B., Živaljević, T. & Šimunić, An. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Slunj L 33-104, 47 str., Sav. geol. Zavod, Beograd.
- Kuenen, Ph. H. (1953): Significant features of graded bedding. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 37/8, 1044—1066, Tulsa.
- Lombard, A. (1963): Laminites — a structure flysch-type sediments. *J. Sed. Petrol.*, 33, 14—22, Tulsa.
- Lowe, D. R. (1975): Water escape structure in coarse-grained sediments. *Sedimentology*, 22, 157—204, Oxford.
- O'Brien, N. R., Nakazawa, K. & Tokuhahi, S. (1980): Use of clay fabric to distinguish turbiditic and hemipelagic silstones and silts. *Sedimentology*, 27/1, 47—61, Oxford.
- Piper, D. J. W. (1978): Turbidite Muds and Silts on Deep Sea Fans and Abyssal Plains. U: (Edit.: Stanley, D. J. & Kellin, G.): Sedimentation in Submarine Canyons, Fans and Trenches. 163—176, Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg.
- Postuma, J. A. (1971): Manual of planctonic foraminifera. Elsevier, VI + 420 str., Amsterdam.
- Reineck, H. E. & Singh, I. B. (1980): Depositional Sedimentary Environments — with Reference to Terrigenous Clastics. Springer Ver., 439 str., Berlin.
- Stow, D. A. V. & Bowen, A. J. (1980): A physical model for transport and sorting of fine-grained sediment by turbidity currents. *Sedimentology*, 27/1, 31—46, Oxford.
- Stow, D. A. V. & Shanmugam, G. (1980): Sequence of structures in fine-grained turbidites: comparison of recent deep-sea and ancient flysch sediments. *Sed. Geology*, 25, 23—42, Amsterdam.

- Stow, D. A. V. & Piper, D. J. W. (1984): Deep-water fine-grained sediments: facies models. U: (Edit.: Stow, D. A. & Piper, D. J. W.): Fine-Grained Sediments: Deep-Water Processes and Facies. Blackwell, 245–256, Oxford.
- Van Andel, T. H. & Komar, P. D. (1969): Ponded sediments of the mid-Atlantic ridge between 22° + 23° North latitude. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 80, 1163–1190, Tulsa.

## Fine-grained turbidites in the Cenomanian of the transitional zone between Inner and Outer Dinarides, NE of Slunj

E. Mrinjek

The explored area is situated in the environs of Tatar Varoš NE of Slunj and is part of the transitional zone between Inner and Outer Dinarides. There are present three types of facies. One type are carbonate rudites, calcarenites and marls of the Maastrichtian age. The other are carbonate turbidites and calcareous marls of the Upper Campanian age (Babić & Zupanić, 1976). The last one is the alteration of very thinly layered calcisiltites to calcilutites and calcareous marls of the Cenomanian age (fig. 1 and 2). This alteration is the subject of the paper.

The calcisiltites and very small rate of fine and very fine calcarenites are only present in the laminae. The size of the grains gradually decrease towards the higher parts of the layers. The longer axis of grains are parallel or inclined in respect to bedding surfaces.

The calcilutites are composed of micrite with a little admixture of clays and silt-sized and fine to very fine arenite sized carbonate and silicate grains. The silicate grains are subordinate with regard to the carbonate grains.

The calcareous marls have the same characteristics except more amount of the silicate grains and they are present with more than two thirds (fig. 3).

The sediments have the regular arrangement of textures and structures. An ideal sequence consists of three conspicuous parts (intervals) and one dubious. The conspicuous ones are denote by Piper signs »e<sub>1</sub>«, »e<sub>2</sub>« and »e<sub>3</sub>« (Piper, 1978).

The top-cut-out sequences prevails with regard to the complete sequences. Boundary between sequences is commonly sharp. Even the load-casts and erosion could be seen on some boundaries. The transition between intervals are gradual and therefore hardly noticeable (fig. 4, 5 and 6).

Two petrographic types of sequences can be distinguished: the sequences of calcilutites and the sequence of calcareous marls (fig. 3).

The main characteristics of the lower part of the sequences (interval »e<sub>1</sub>«) are regular, lenticular, irregular lenticular, indistinct and wispy laminae of calcisiltites and fine to very fine calcarenites (pl. II, fig. 1 and 2; pl. III, fig. 2 and 3). The mean thickness of the laminae is about 0,5–1 mm although some laminae are up to 1 cm thick (pl. II, fig. 1 and 2; pl. III, fig. 3). Their number and thickness gradually decrease towards the top of interval »e<sub>1</sub>«. Besides the laminae »e<sub>1</sub>« contains isolated ripples and thin climbing ripples. They are commonly disturbed by loading (load-casted ripples) (pl. II, fig. 1 and 2; pl. IV, fig. 1; pl. V, fig. 1). Water escaping or burrows might cause the disturbance and the interruption of some laminae (pl. II, fig. 2; pl. IV, fig. 2).

The gradually decreasing amount and size of silt-sized and fine to very fine arenite-sized grains are the main characteristics of the middle part of sequences (interval »e<sub>2</sub>«). Besides the grading there are numerous burrow traces (pl. III, fig. 2; pl. V, fig. 1).

The upper part of sequences (interval »e<sub>3</sub>«) is massive. There are only rare sparsely silt-sized and fine to very fine arenite-sized grains. This part is also disturbed by vigorous bioturbation.

The top of some sequences have more amount of clays and more vigorous bioturbation and they probably represent hemipelagite (interval H) (fig. 4, 5 and 6; pl. IV, fig. 3).

The characteristics of the structures and the textures and their comparison with the known date and processes suggest that the sediments have been mostly deposited from the low-density turbidity currents. Depositional sorting and flocculation are the main cause of forming laminae and gradual decreasing of their thickness and numbers (Stow & Bowen, 1980). But in this case the depositional sorting and flocculation are less efficient because of greater amount of the carbonate grains in respect to the silicate grains and that is the most probable reason why irregular and indistinct laminae are merely present in some sequences (pl. III, fig. 2; pl. IV, fig. 3).

The carbonate composition is probably the cause of hardly noticeable transition into hemipelagites as well.

Fluctuation in the current velocity or interference of the low-density turbidity current with a contour current or with the other low-density turbidity current might cause a presence of the thicker laminae above thinner or indistinct ones (pl. III, fig. 3; pl. IV, fig. 2).

The less portion of sediments has been probably deposited from the contour currents or reworked by them.

The sequences are comparable with Piper sequences and more comparable with Stow sequences (fig. 7). Some sequences with more amount of the fine calcarenite in »e,<sub>1</sub>« might be even comparable with silt turbidites (Piper, 1978).

#### TABLA — PLATE I

1—3. Izmjena tanko uslojenih kalklutita i vapnenačkih lapora u području Tatar Varoši.

1. Dio slijeda C<sub>1</sub>.

2. Dio slijeda C<sub>2</sub>.

3. Dio slijeda C<sub>3</sub>.

4. Kalklutitske sekvencije sa tankim laminama kalksilita. Detalj iz slijeda C<sub>1</sub>.

1—3. Alteration of thinly bedded calcilutites and calcareous marls in area of Tatar Varoš.

1. Part of column C<sub>1</sub>.

2. Part of column C<sub>2</sub>.

3. Part of column C<sub>3</sub>.

4. The sequences of calcilutites with thin laminae of calcisilitites. Detail from column C<sub>1</sub>.



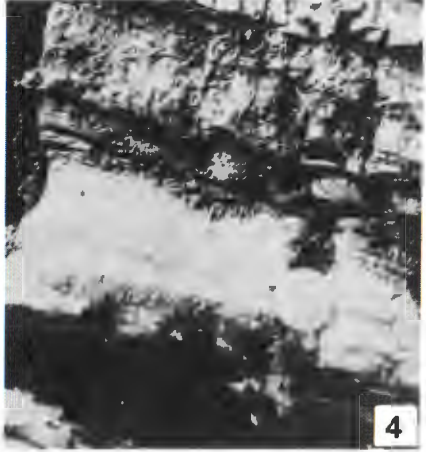
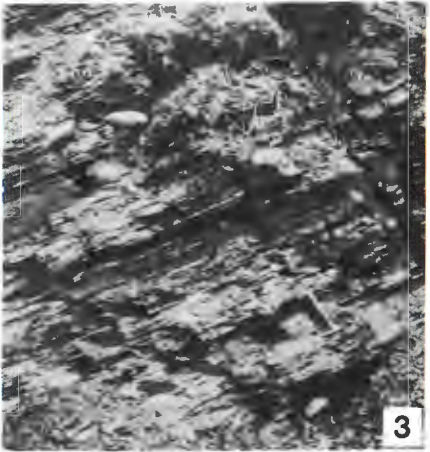
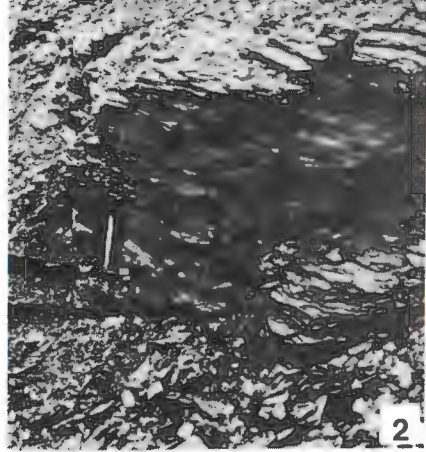
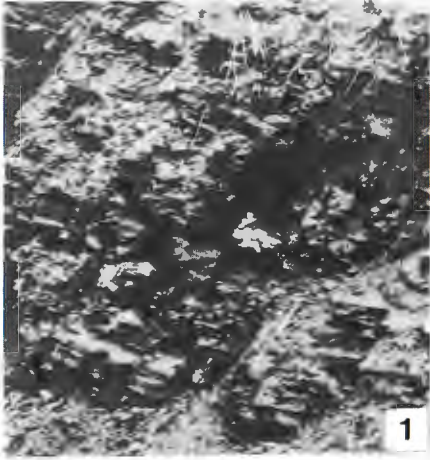


TABLA — PLATE II

1. Donji, svijetliji dio je kalklutit (wackestone) sa nejasnom laminacijom i slabo primjetnom gradacijom ( $Te_1-e_2$ ). Druga sekvencija počinje sa poremećenim i utisnutim riplovima izgrađenim od finog kalkarenita. Slijedi niz lamina silta sa različitim udjelom mikrita (packstone i wackestone). Treća sekvencija ( $Te_1$ ) počinje sa dugačkim, tankim i djelomično poremećenim climbing riplovima od finog kalkarenita (grainstone) sa slabim utiskivanjem i erozijom(?) u dnu. Ostatak sekvencije je kalklutit sa nejasnom laminacijom i «wispy» laminacijom. Uzorak 5 C<sub>3</sub>. Acetatna folija; × 2,5.
  2. Donja sekvencija ( $Te_1$ ) sastoji se od izoliranog ripla srednjeznatog kalkarenita i deblje horizontalne lamine finog kalkarenita. Sekvencija završava tankim laminama kalksilita djelomično erodiranim novom sekvencijom ( $Te_1-e_2$ ) koja počinje tankim i dugačkim climbing riplovima finog kalkarenita. Riplovi su poremećeni vjerojatno istiskivanjem vode. U njihovoj krovini su siltne lamine presječene bušačem ili možda također poremećene istiskivanjem vode. Svijetliji dio je kalklutit sa tankim horizontalnim i nejasnim laminama, te izoliranim riplom od kalksilita. U gornjem dijelu kalklutita («e<sub>2</sub>») vide se bušaći i graduiranost. Uzorak 15 C<sub>3</sub>; × 2.
1. The lower sequence ( $Te_1-e_2$ ) comprises calcilutite (wackestone) with indistinct lamination ( $e_1$ ) and very faint grading ( $e_2$ ). Next sequence commences with disturbed (load-casted) ripples of fine calcarenites. It is followed by a series of regular alternating laminae of silt and silty micrite (packstone and wackestone). The third sequence ( $Te_1$ ) begins with a gently erosional and loaded surface followed by the long, thin and partly disturbed climbing ripples of very fine calcarenites (grainstone). The rest of the sequence is calcilutite (wackestone) with indistinct and wispy lamination. Sample 5 C<sub>3</sub>. Acetate peel; × 2,5.
  2. Lower part of the lower sequence ( $Te_1$ ) consists of an isolated ripple of medium fine calcarenite and a thicker lamina of fine calcarenite. The thin laminae of calcisiltite are present in the top of the sequence and they are partly eroded by the following sequence ( $Te_1-e_2$ ) commencing with the thin and long climbing ripples of fine calcarenite. The ripples are probably disturbed by water escaping. On their top there are laminae for calcisiltite disturbed by bioturbation or water escaping. The lighter part is calcilutite with thin, horizontal and indistinct laminae and an isolated ripple of calcisiltite. In the upper part of the calcilutite there are faint grading and burrows. Sample 15 C<sub>3</sub>; × 2.

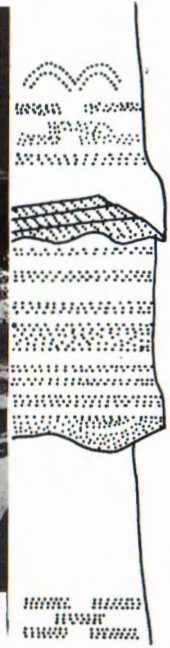


TABLA — PLATE III

1. Lamine kalsilita prisutne su u donjem dijelu sekvencije. Horizontalna bušenja i slaba gradacija su u gornjem dijelu sekvencije ( $Te_1-e_2$ ). Uzorak 12 C<sub>3</sub>. Acetatna folija,  $\times 2$ .
  2. Nejasne lamine kalsilita su u donjem dijelu sekvencije. U gornjem dijelu je snažna bioturbacija i nejasna gradacija ( $Te_1-e_2$ ). Uzorak 16 C<sub>1</sub>. Acetatna folija;  $\times 3$ .
  3. Izmjena pravilnih i nepravilnih lamina silta (packstone). Horizontalna bušenja su prisutna u »e<sub>1</sub>«. Uzorak 32 C<sub>1</sub>. Acetatna folija;  $\times 3$ .
1. In the lower part of the sequence there are laminae composed of calcisiltites. The faint grading and horizontal burrows are in the upper part of the sequence ( $Te_1-e_2$ ). Sample 12 C<sub>3</sub>. Acetate peel;  $\times 2$ .
  2. The indistinct laminae of calcisiltites are in the lower part of sequence. The faint grading and vigorous bioturbation are present in the upper part ( $Te_1-e_2$ ). Sample 16 C<sub>1</sub>. Acetate peel;  $\times 3$ .
  3. Alteration of the regular and irregular laminae composed of silt sized grains (packstone). Horizontal burrows are present in »e<sub>1</sub>«. Sample 32 C<sub>1</sub>. Acetate peel;  $\times 3$ .

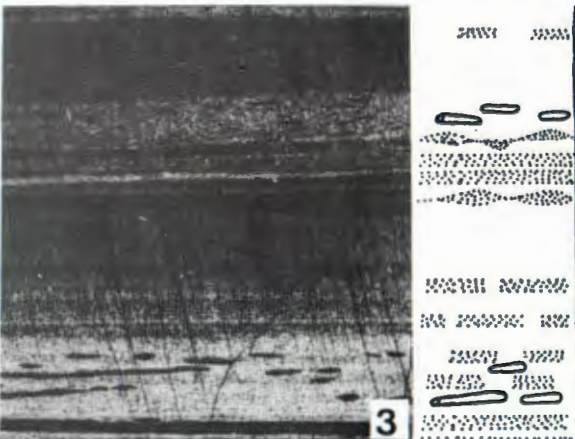
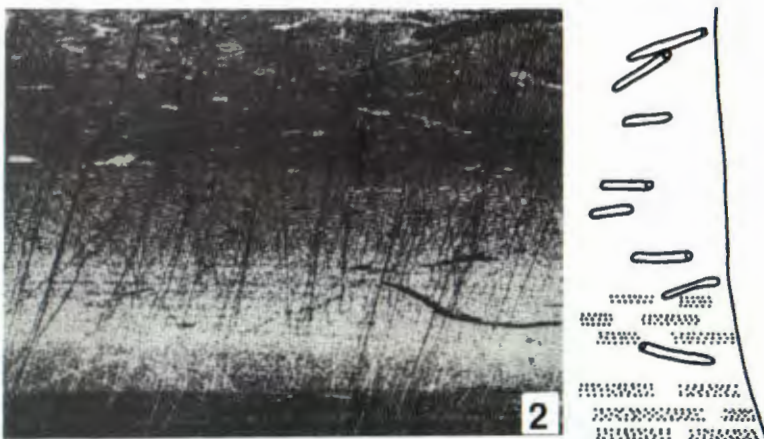
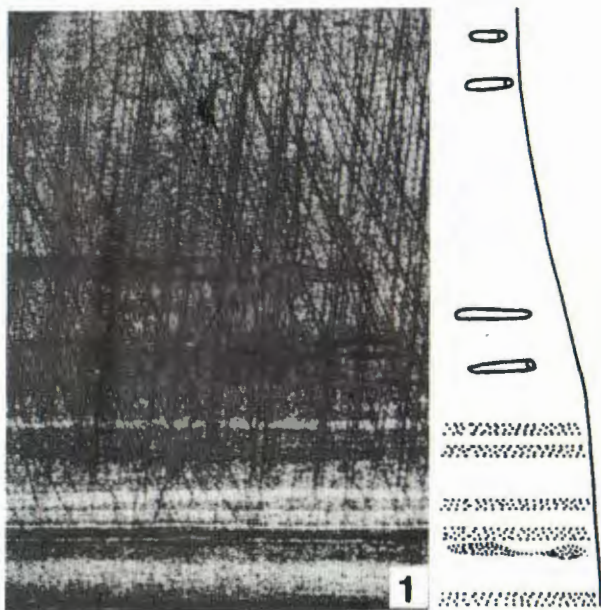


TABLA — PLATE IV

1. Donji, svijetli dio je kalklutit ( $Te_1$ ) sa nepravilnim i lećastim laminama silta i horizontalnim tragovima bušača. Ostatak je dio sekvencije sa intervalirna »e<sub>1</sub>« i »e<sub>2</sub>« izgrađen iz vapnenačkog lapora. Sekvencija počinje sa tankom horizontalnom laminom i dvije lećaste lamine kalksilita bez matriksa (grainstone). Nazire se imbrikacija u lećastim laminama (izolirani riplovi?). Uzorak 1 C<sub>2</sub>. Acetatna folija; × 3.
  2. Kalklutit (»e<sub>1</sub>«) sa laminama kalksilita. U gornjem dijelu je lećasta lamina poremećena bušačima ili istiskivanjem vode. Uzorak 11 C<sub>3</sub>. Acetatna folija; × 4.
  3. Kalklutit sa nejasnim laminama silta u najdonjem dijelu. Slaba gradacija i jaka bioturbacija su prisutni iznad lamina. Najgorji dio je lator sa brojnim tragovima bušača (hemipelagit?). Neki tragovi bušača zadiru u kalklutit. Uzorak 26 C<sub>1</sub>. Acetatna folija; × 2,5.
1. The lower, lighter part is calcilutite ( $Te_1$ ) with irregular and lenticular laminae composite of calcareous marl. The sequence begins with the thin horizontal lamina and two lenticular laminae. The laminae are mostly composite of silt sized calcareous grains without matrix (grainstone). Imbrication might be seen in the lenticular laminae (isolated ripples?). Sample 1 C<sub>2</sub>. Acetate peel; × 3.
  2. Calcilutite (»e<sub>1</sub>«) with laminae composite of calcisiltites. In the upper part is the lenticular lamina disturbed by bioturbation or water escaping. Sample 11 C<sub>3</sub>. Acetate peel; × 4.
  3. Calcilutite with indistinct laminae of calcisiltites in the lowerst part. The faint grading and vigorous bioturbation are present above the laminae. The upperst part is marl with numerous burrows (hemipelagite?). Some of the burrows burst into calcilutite. Sample 26 C<sub>1</sub>. Acetate peel; × 2,5.

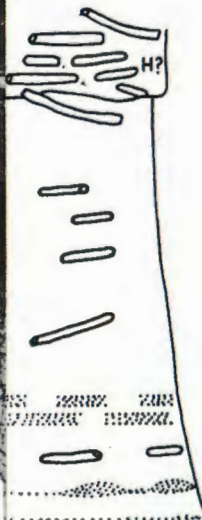
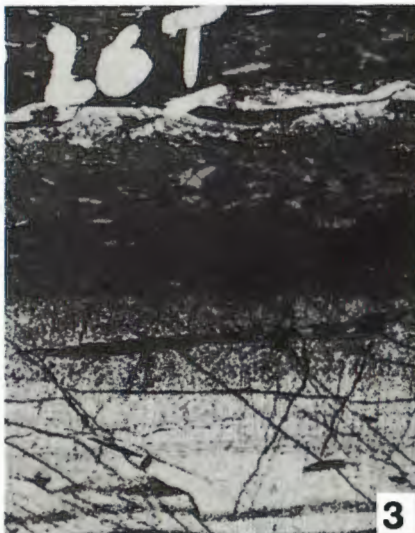


TABLA — PLATE V

1. Donji, svjetliji dio je sekvencija ( $Te_1$ ) sa nizom siltnih i finoarenitnih lamina poremećenih konvolucijom. U srednjem dijelu je sekvencija ( $Te_1—e_2$ ) koja počinje sa nizom siltnih i finoarenitnih lamina ( $\gg e_1 \ll$ ). Lamine su utisnute u podinu. U kalklutitskom dijelu (iznad lamina) uz brojne tragove bušaća prisutna je i slaba graduiranost. Uzorak 1 C<sub>1</sub>. Acetatna folija;  $\times 2$ .
1. The lower, lighter part is the sequence ( $Te_1$ ) with series of laminae composite of calcsiltites and fine calcarenites disturbed by convolution. In the middle part is the sequence ( $Te_1—e_2$ ) that begins with series of laminae composite of calcsiltites and fine calcarenites ( $\gg e_1 \ll$ ). The laminae are impressed in the previously mentioned sequence. In calcilutites (above the laminae) are numerous burrows and the faint grading. Sample 1 C<sub>1</sub>. Acetate peel;  $\times 2$ .



