

GEOLOGIJA 24/2, 179—216 (1981), Ljubljana

UDK 551.3.051(285.2):551.794:622.363.1(497.12) = 863

Sediment sečoveljske soline

Sediment of the salt marsh of Sečovlje

Bojan Ogorelec in Miha Mišič

Geološki zavod Ljubljana, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Alojz Šercelj in Franc Cimerman

Slovenska akademija znanosti in umetnosti, 61000 Ljubljana, Novi trg 3

Jadran Faganeli

Inštitut za biologijo univerze Edvarda Kardelja, MRIC Piran, 66330 Piran, C. JLA 65

Peter Stegnar

Institut »Jožef Stefan«, 61000 Ljubljana, Jamova 39

Kratka vsebina

Jedro vrtine v sečoveljski solini Lera je po vsej globini 40 metrov enako. Prevladuje temno sivi glinasti melj, precej bogat s skeleti mehkužcev. Niti po sestavi niti po teksturi se bistveno ne razlikuje od površinskih vzorcev soline. Karbonatnih mineralov vsebuje 7 do 25 odstotkov. Avtigeni minerali so aragonit, kalcit, bogat z magnezijem, lojvec in sadra. Ogljik-14, določen v vzorcu iz globine 26,5 metrov, kaže na starost sedimenta 9160 let. Gre torej za precej hitro sedimentacijo, poprečno okrog tri milimetre na leto.

Abstract

Sediment samples taken from the salt ponds for gradual evaporation of sea water and from a borehole in the Lera salt garden are discussed from the viewpoint of sedimentology and associated branches.

Core samples from a 40 metre deep hole drilled in the salt garden of Lera at Sečovlje have the same character throughout. There prevails a dark gray clayey silt rather rich in molluscan skeletons. The core samples do not vary exceedingly in their composition and texture from the sediment samples taken from the uppermost layer of the salt garden. Their carbonate content amounts to 7-25 percent. Authigenic minerals are aragonite, a calcite variety characterized by a high magnesium content, talc, and gypsum. Radiometric dating for a core sample taken from the depth of 26.5 m. based on carbon-14 points to its age of 9160 years. It is therefore justifiable to infer that the sediment has been rapidly amassed. For the accumulation of a three millimetre thick deposit a year was required, on the average.

Vsebina — Contents

1. Uvod	180
2. Geografski opis in zgodovina nastanka solin (B. Ogorelec)	180
3. Dosedanje raziskave (B. Ogorelec)	183
4. Sediment sečoveljskih solin (B. Ogorelec & M. Mišič)	184
5. Pelod v vzorcih jedra iz vrtine V-6/79 (A. Šercelj)	196
6. Foraminifere v jedru vrtine V-6/79 (F. Cimerman)	197
7. Geokemija organske snovi v jedru vrtine V-6/79 (J. Faganeli)	205
8. Mikroelementi v jedru vrtine V-6/79 (P. Stegnar)	209
9. Sedimentacija v Sečoveljski dragi (A. Šercelj & B. Ogorelec)	210
10. Povzetek	211
Sediment of the salt marsh of Sečovlje (Summary)	213
Literatura	214

1. Uvod

Največje solno polje na slovenski jadranski obali se razprostira na naplavin ravnici v Sečoveljski dragi. Manjše soline so pri Strunjanu, medtem ko so portoroške soline pri Luciji opuščene in urbanizirane (sl. 1). Soline so posebnost piranske pokrajine, zanimive tudi z vidika sedimentologije. Predstavljajo naravno evaporitno okolje, kjer lahko študiramo mehanizem izločanja novih mineralov in diagenetske spremembe v sedimentu. Če bo zgrajena načrtovana tovarna soli, bo v delu solin porušen naravni proces evaporacije morske vode. Zato želimo zabeležiti današnje stanje sedimenta v solinah na površju in v globini vse do flišne podlage. Sediment je nastal s pomikanjem delte Dragonje v morje, na ustju reke pa je več stoletij trajalo ugodno okolje za nastajanje solin.

Delo je razdeljeno na več poglavij glede na vrsto raziskav. Z interdisciplinarnim pristopom smo poleg osnovnih sedimentoloških parametrov, kot sta zrnavost in mineralna sestava, preiskali tudi biološke komponente sedimenta, kot foraminiferno favno, pelod, organski ogljik in dušik, ter določili koncentracije toksičnih elementov v njem. Poseben pomen imajo dobljeni podatki za študij ekologije morskega sedimenta ob slovenski obali, saj smo v vzorcih zabeležili njegovo prvotno geokemično ozadje.

Raziskovalni skupnosti Slovenije se zahvaljujemo, da je finančno podprla raziskave. Prav tako velja zahvala tudi Drogi Portorož, TOZD-u Soline, ki nam je omogočila terensko delo v solinah in posebej direktorju Cirilu Somraku za napotke in strokovne podatke.

2. Geografski opis in zgodovina nastanka solin

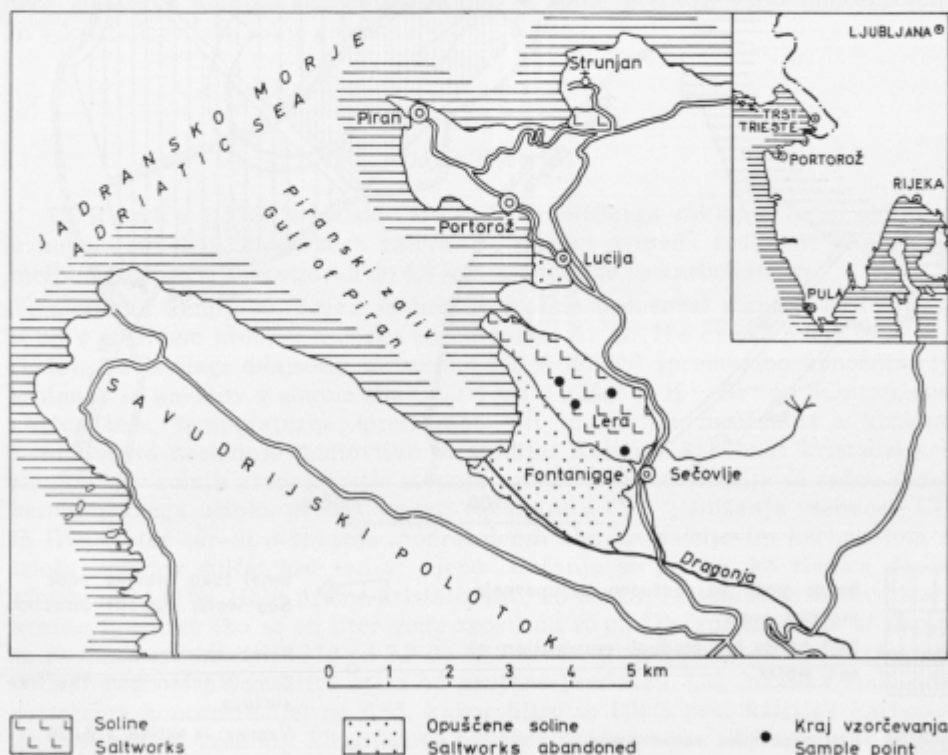
Bojan Ogorelec

Sečoveljske soline se razprostirajo ob izlivu reke Dragonje v Piranski zaliv na površini okrog osem kvadratnih kilometrov. Na severovzhodu jih obdaja eocenski fliš Savrinskega gričevja, na jugozahodu pa kredni apnenec Savudrijskega polotoka (sl. 1). Recentni sediment v podlagi solin je večidel naplavila reka Dragonja, ki si je vrezala svojo strugo vzdolž meje med flišem in apnencem in se je izlivala v morje kot manjša delta. V osrednjem delu solin znaša debelina sedimenta do 90 metrov (M. Breznik, 1956).

Zgodovinski razvoj piranskih solin, delo v solinah in etnološke značilnosti solinarjev sta natančno opisala M. Pahor in T. Poberaj (1963).

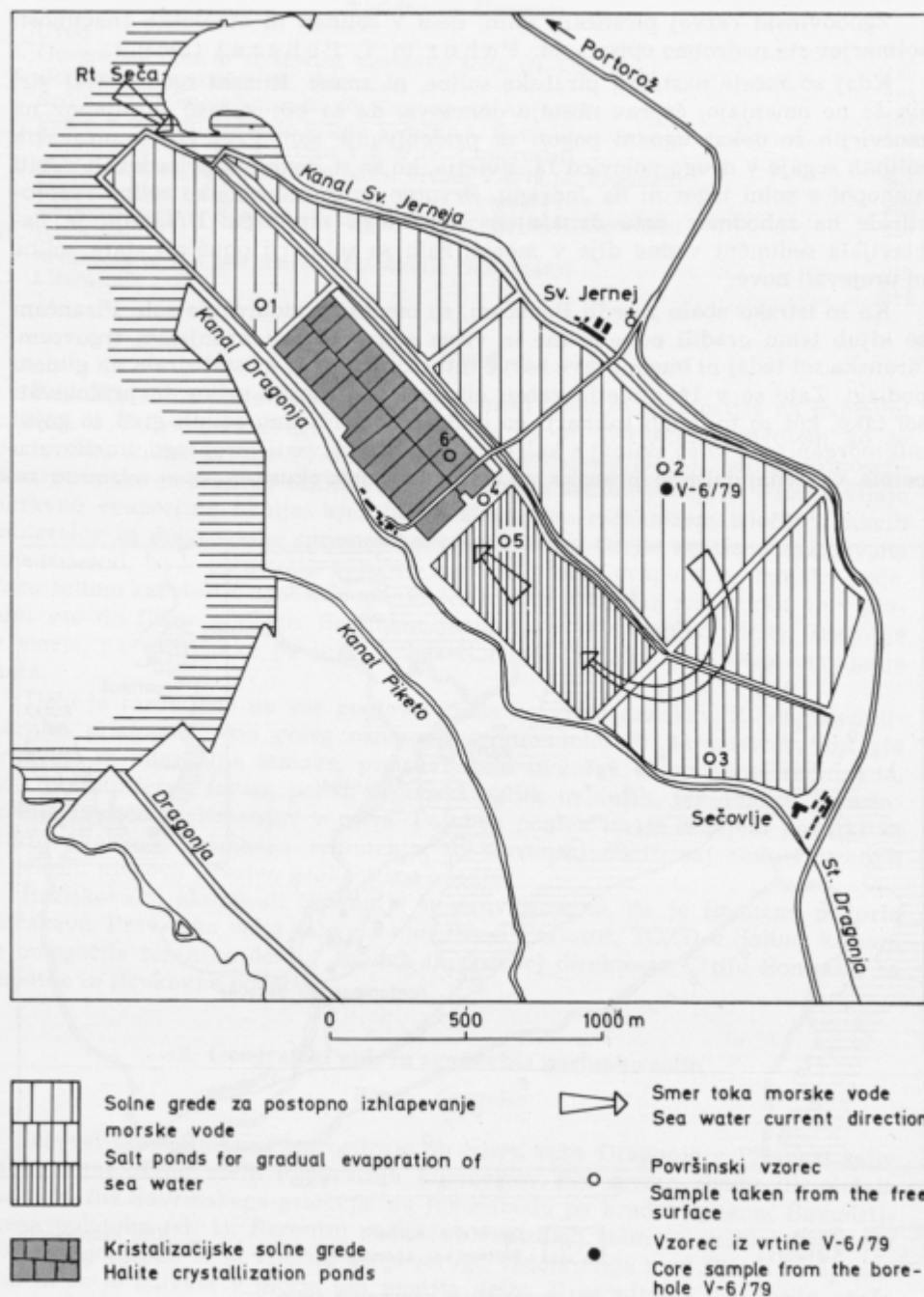
Kdaj so začele nastajati piranske soline, ni znano. Rimski zgodovinski viri jih še ne omenjajo, čeprav obstaja domneva, da so bili v času Rimljanov na močvirjih že dokaj ugodni pogoji za pridobivanje soli. Prvi viri o piranskih solinah segajo v drugo polovico 13. stoletja, ko so si Benečani prizadevali dobiti monopol v solni trgovini na Jadranu. Prvotno so se sečoveljske soline razprostirale na zahodnem delu današnjega agrarnega zemljišča. Dragonja je naplavljala sediment vedno dlje v morje; zato so solinarji opuščali stare soline in urejevali nove.

Ko so istrsko obalo zasedli Benečani, so omejili pridobivanje soli. Pirančani so kljub temu gradili nove soline in višek soli prodajali kranjskim trgovcem. Piranska sol tedaj ni imela prave barve niti okusa, ker je kristalizirala na glineni podlagi. Zato so v 14. stoletju začeli obnavljati piranske soline in pridobivati sol tako, kot so to delali solinarji na otoku Pagu. Na dnu solnih gred so gojili mikroorganizme, ki so skupaj s kalcitom in sadro ostvarili preprogo, imenovano petola. Od tedaj dalje je piranska sol bela in dobrega okusa.



Sl. 1. Položajna skica piranskih solin

Fig. 1. Location sketch map of the Piran saltworks



Sl. 2. Soline Lera pri Sečovljah

Fig. 2. Lera salt ponds at Sečovlje

Največji obseg in pridelek so imele piranske soline konec 19. stoletja. Takrat so solinarji združili svoje majhne solinske enote, tako imenovane solne fonde, v enotno solino. V tem obdobju je solinarjem večkrat povzročila težave narasla Dragonja, ki je preplavila solna polja v Sečovljah. Posledice poplav je preučeval M. Orožen-Adamič (1980).

Danes pridobivajo sol le na severnem polju sečoveljskih solin, imenovanem Lera. To polje je modernizirano in urejeno v enotno solino s tremi sistemi solnih gred za postopno koncentracijo soli v morski vodi ter s kristalizacijskimi solnimi gredami, ki jih solinarji imenujejo »cavedini« (sl. 2). Južno polje sečoveljskih solin, imenovano Fontanigge, je opuščeno in predstavlja zgodovinski in etnografski spomenik človeškega dela (M. Pahor & T. Poberaj, 1963).

Voda se dovaja v soline in odvaja po kanalih. V glavnem so kanali treh vrst. Mejni kanali omejujejo soline od agrarnih površin in odvajajo deževnico; obenem rabijo kot plovne poti. Taka sta kanal sv. Jerneja na severnem obrobju solin in kanal Sv. Oderika na jugu; vanj je speljana nova struga Dragonje. Prvotno se je Dragonja izlivala v morje kot Velika reka in je ločila solni polji Lera in Fontanigge. Druga vrsta kanalov so dovodni kanali, po katerih doteka sveža morska voda v solne grede. V tretji skupini so razdelilni kanali; po njih teče slanica z manjšo koncentracijo soli v solne grede z višjo koncentracijo in v kristalizacijske solne grede.

3. Dosedanje raziskave

Bojan Ogorelec

U. Ranke (1976) je raziskoval s sedimentološkega vidika recentni sediment v notranjem delu Piranskega zaliva. Po sestavi pripada sediment glinastemu melju s srednjo zrnavostjo 4,5 do 6,3 μm in okrog 30 % karbonata.

Z vidika kemije in fizike je bolj natančno preučeval slanico sečoveljskih solin v celotnem procesu njenega zgoščevanja A. G. Hermann s sodelavci (1973). Na podlagi dvajsetih merskih točk je določil spremembo koncentracije kationov in anionov v slanici (Na^+ , Cl^- , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Br^- in SO_4^{--}), specifično težo, temperaturne spremembe, pH in Eh ter nasičenost s kisikom. Zanimive so naslednje ugotovitve te študije: Kalcijev karbonat kristalizira iz slanice že v solnih gredah tretje stopnje zgostitve. Kristalizacija se začne zaradi kombiniranega učinka prenasíčenosti raztopine s Ca^{++} , znižanja vsebnosti CO_2 in HCO_3^- ter zaradi delovanja modrozelenih alg. Za kalcijevim karbonatom se izloča kalcijev sulfat kot sadra; njeno izločanje se prične, ko slanica doseže kloriniteto 140 ‰. Halit prične kristalizirati, ko doseže raztopina približno desetkratno zgostitev (ko se en liter vode zgosti na 95 g). Ob izpadu halita iz slanice se poveča koncentracija Mg od 7,9 do 15,9 krat v primerjavi z normalno morsko vodo. Vrednost pH se hitro zniža od prvotne vrednosti 8,32 (morska voda pred pričetkom koncentracije) na 6,65, kakor hitro se izloči prvi kalcijev karbonat. Znižuje se tudi vrednost Eh; njegova prvotna vrednost je + 393 mV in je v vseh solnih gredah precej enotna, v kristalizacijskih gredah pa skokovito pade na okrog -100 mV, kar kaže na redukcijsko okolje z anaerobnimi pogoji. Vsebnost kisika se znižuje vzporedno, kakor pada vrednost Eh.

Biokemične procese pri nastanku petole, kot recentnega stromatolita, ter njeno vgrajevanje železovih ionov je v kristalizacijskih gredah sečoveljskih solin preučeval J. Schneider (1979).

4. Sediment sečoveljskih solin

Bojan Ogorelec & Miha Mišič

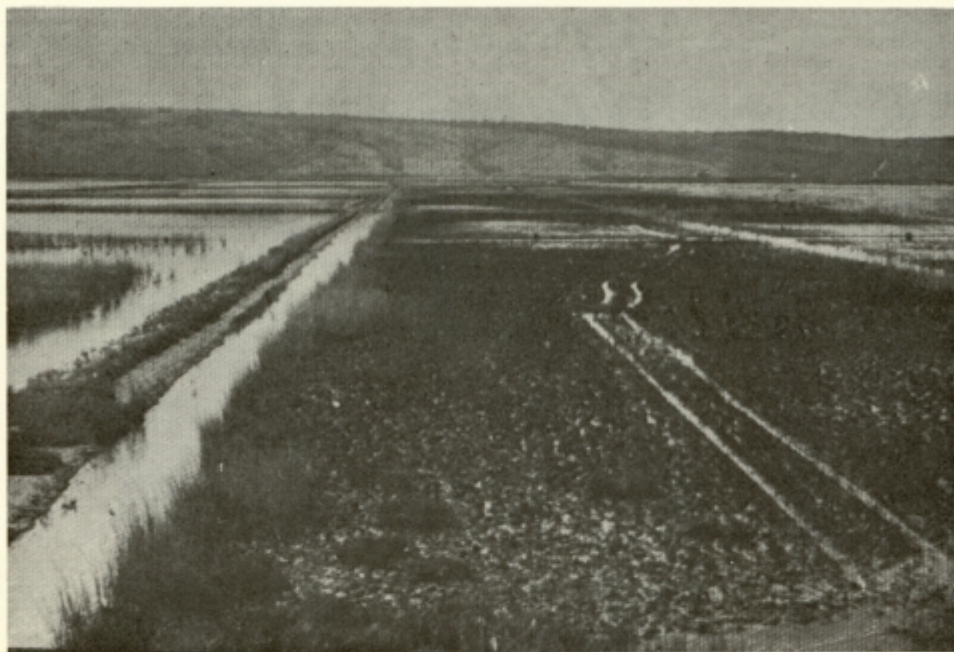
Vzorčevanje in metoda dela. Površinski sediment sečoveljskih solin smo vzorčevali na šestih mestih v solnih gredah z različno gostoto slanice (sl. 2), globlje dele sedimenta pa v vrtini V-6/79, izvrtani na lokaciji načrtovane tovarne soli.

Površinske vzorce smo vzeli z 20 do 30 cm globokimi sondami. Glede na makroskopske spremembe smo ločili vrhnji del sedimenta do globine 2 cm, srednji del (2 do 10 cm) in globlji del sedimenta (10 do 30 cm). Vzorčevali smo tudi stromatolitno algin skorjo na sedimentu v solnih gredah z različno koncentracijo slanice in petolo v kristalizacijskih solnih gredah. Skupno smo raziskali 12 površinskih vzorcev. Iz vrtine V-6/79 smo vzeli kontinuirano 40 vzorcev, za obdelavo pa smo jih odbrali 24. Dolžina jedra, vzetega za posamezen vzorec, je bila 10 do 15 cm, teža pa 0,5 do 1 kg. Za določitev organskega C in N smo že na terenu ločili po 100 do 200 gramov od vzorca. Za mineraloške in geokemične analize smo po 300 g vzorca v laboratoriju najprej desalinirali s trikratnim namakanjem v destilirani vodi in z dekantiranjem (skupno okrog 30 l vode po vzorcu). Nato smo vzorce presejali na najlonskih sitih za ločitev frakcije $< 63 \mu\text{m}$. Na ta način smo ločili melj in glino od peska, večjih skeletov školjk, polžev, iglic morskih ježkov in foraminifer ter listja in drugega drobirja.

Tabela 1. Zrnavost, delež karbonatov in C_{org} v vzorcih s solnega polja Lera

Table 1. Grain size, carbonate and C_{org} contents for samples taken from the salt ponds of Lera

Lokacija vzorčevanja Location of sampling	Zrnavost v μm Grain size in μm			Srednja zrnavost Medium grain size μm	Delež karbonata Carbonate content			C_{org} %
	>63	2-63	<2		Skupna % Total %	CaO %	MgO %	
	utežni %, weight %				$<63 \mu\text{m}$			
2 algina skorja algal mat					23,7	12,8	1,3	6,18
0-2 cm	4.8	59	36	8	20.0	12.9	1.1	0.79
2-10 cm	1.4				18.8	12.3	0.7	0.38
10-30 cm	2.0	54	44	3	17.7	9.9	1.1	1.09
3 0-2 cm	11.4	47	42	4	20.2	12.9	1.7	3.77
2-10 cm	1.7				21.1	12.3	0.7	0.60
10-30 cm	2.9	49	48	3	23.9	13.0	1.4	1.31
5 2-10 cm	1.9	60	38	3	23.1	12.1	1.7	1.36
6 petola					19.8	12.3	0.9	3.62
2-10 cm	3.6	64	32	5	18.5	10.1	1.6	1.58
10-20 cm	1.5				19.3	12.2	0.5	0.68



Sl. 3. Sečoveljske soline v sušnem obdobju. V ozadju Savudrijski polotok
 Fig. 3. Salt marsh of Sečovlje in the dry season. Savudrija peninsula in the background

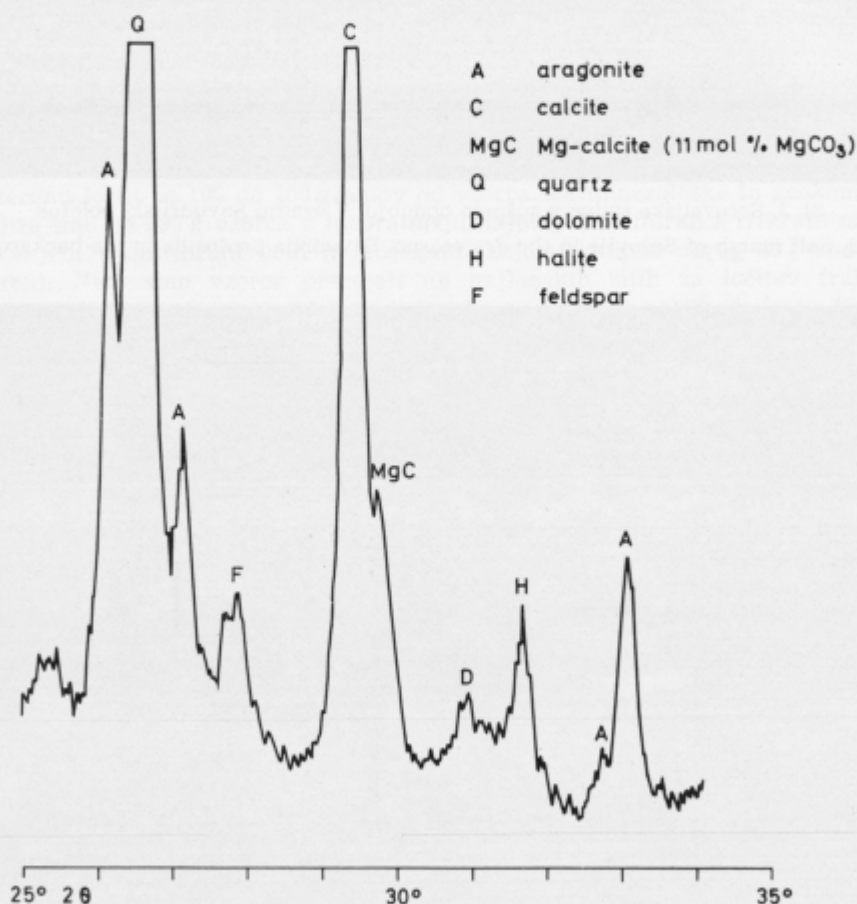


Sl. 4. Algina skorja z izsušitvenimi razpokami
 Fig. 4. Algal mat showing mud cracks

Mineralno sestavo vzorcev smo določili z difraktometrijsko rentgensko metodo. Raziskali smo frakcijo $< 63 \mu\text{m}$, zaradi določitve mineralov glin pa tudi frakcijo $< 2 \mu\text{m}$, ki smo jo ločili od več vzorcev melja s pipetiranjem. Njeno mineralno sestavo smo določili po orientiranih preparatih.

Karbonat, oziroma CaO in MgO, v sedimentu smo določili s kompleksometrično metodo titracije po G. Müllerju (1964). Analizirali smo en gram homogenizirane snovi, in sicer frakcijo pod $63 \mu\text{m}$.

Zrnavost sedimenta smo določili s kombinirano metodo mokrega sejanja in areometrije po Atterbergu za frakcije $< 63 \mu\text{m}$. Meje zrnavosti smo vzeli po standardnih normah v sedimentologiji (Krumbein 1936, DIN 4188) kot slede: glina $< 2 \mu\text{m}$, melj 2 do $63 \mu\text{m}$ in pesek $> 63 \mu\text{m}$ (do 2 mm). Pri areometričnih analizah smo dispergirali okrog 40 g sedimenta ($< 63 \mu\text{m}$) z enim litrom desti-

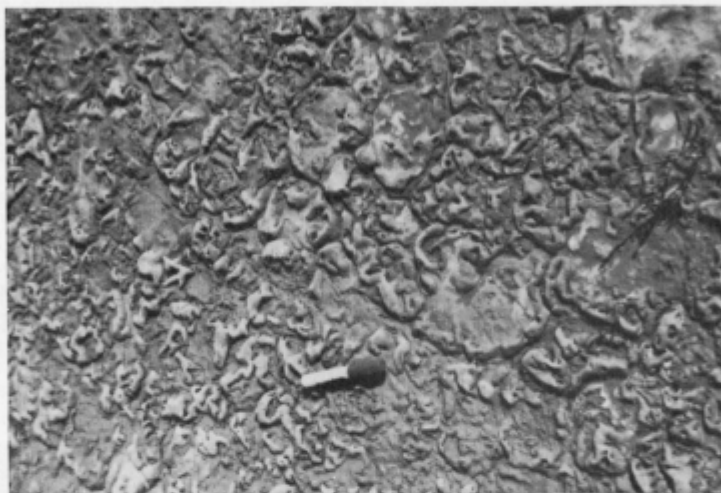


Sl. 5. Rentgenogram vzorca algalne skorje, lokacija št. 2, soline Lera

Fig. 5. X-ray diffraction patterns of algal mats; sample point 2 from the Lera salt ponds

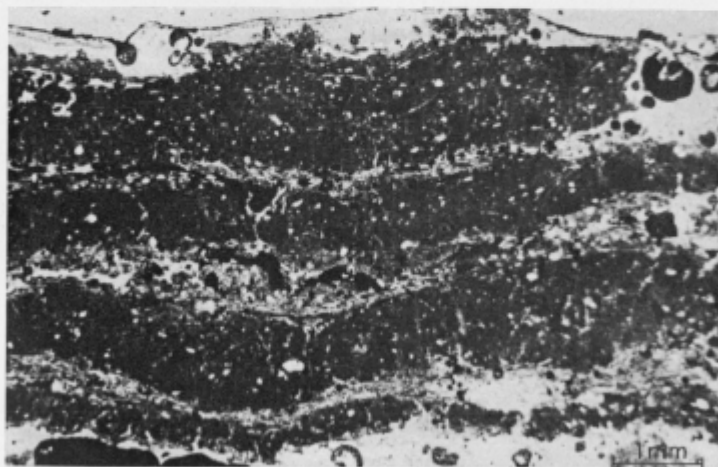
lirane vode v ultrazvoku; da bi preprečili koagulacijo, smo dodali po en cm³ vodnega stekla.

Površinski vzorci. Tako makroskopsko opazovanje kot določitev zrnivosti in mineralne sestave kažeta, da je recentni sediment površinskega dela sečoveljskih solin homogen. To je glinasti melj (tabela 1) z dokaj konstantno vsebnostjo



Sl. 6. Algina skorja, impregnirana s sadro

Fig. 6. Algal mat impregnated by gypsum



Sl. 7. Petola — recentna stromatolitna plast iz kristalizacijskih solnih gred

Fig. 7. Petola — a recent stromatolitic algal mat from the halite crystallization pond

karbonata, ki znaša 17,7 do 23,9 ‰. S stalnim nihanjem gladine morske vode v solnih gredah se spreminja tudi meja redukcijskih in oksidacijskih pogojev. Medtem ko vsebuje temno modrikasti sivi sediment iz spodnjega dela sond precej avtigenega pirita, nastalega z aktivnostjo anaerobnih bakterij, je vrhnjih deset centimetrov sivkasto rjave barve, ker je pirit oksidiral v goethit.

Rentgenske analize kažejo, da med minerali prevladujeta kremen in nizkomagnezijev kalcit nad minerali glin (illit in klorit), v manjši meri pa so prisotni še glinenci in dolomit. Aragonit in visokomagnezijev kalcit sta prisotna le v vrhnjih desetih cm sedimenta; zaradi intenzivne diageneze prehajata oba ob prisotnosti meteorske vode že zelo zgodaj v stabilno modifikacijo nizkomagnezijskega kalcita.

Posamezne solne grede, kjer se z evaporacijo zgoščuje slanica, merijo približno 50×100 metrov in so preplavljene z morskovo vodo, globoko do 20 cm. Zelo pogosto prekrivajo gladino vode tanki filmi modrozelenih nitastih alg. Ko je pridobivanje soli prekinjeno in so solne grede prazne (sl. 3), se alge osuše v trdno skorjo, debelo nekaj mm in razpokano v poligone, velike kak decimeter (sl. 4). J. Schneider (1979) je določil v gredah z nižjo stopnjo zgostitve vrsti *Oscillatoria* in *Spirulina* kot najbolj pogostni. Izsušitvene razpoke so lepo razvite tudi na površju sedimenta brez algine skorje.

Analiza posušene algine skorje iz lokacije št. 2 (glej sl. 2) kaže enako mineralno sestavo, kakršno ima sediment neposredno pod njo. Aragonit in visokomagnezijev kalcit sta avtigena (sl. 5). Detritična zrna so bila med algine prevleke naplavljeni ob visoki vodi ter nanosena z vetrovi; izvirajo pa iz flišne preperine in morskega blata v Piranskem zalivu. Delež karbonata v enem od preiskanih vzorcev algine skorje znaša 23,7 ‰. Negotov je zaenkrat izvor dolomita; medtem ko je v algini skorji prisoten, ga v sedimentu pod skorjo ni bilo mogoče določiti z rentgensko metodo. Možno bi bilo, da je nastanek dolomita vezan na zgodnjo diagenozo v evapornem okolju ob prisotnosti modrozelenih alg, kot to opisujeta npr. C. D. Gebelein & P. Hoffman (1973). Bolj verjetno pa je tudi dolomit detritičnega izvora. V algini skorji iz solnih gred z višjo stopnjo zgostitve slanice se poleg karbonatnih mineralov aragonita in Mg-kalcita izloča v manjših količinah tudi sadra.

Masovno se sadra izloča v solnih gredah tretje stopnje zgostitve, predno slanica prehaja v kristalizacijske grede. V polju Lera, ki ga predstavlja vzorec št. 5, nastaja sadra na celotni površini sedimenta v obdobju pridobivanja soli. Prozorni in umazano beli kristali mineraloško čiste sadre merijo do 2 mm in se med seboj preraščajo v zgubano skorjo, debelo do 0,5 cm (sl. 6). Po končani sezoni pridobivanja soli pade koncentracija soli v morski vodi v solnih gredah na normalno. Takrat se sadra popolnoma raztopi ob prisotnosti deževnice.

Iz kristalizacijskih solnih gred smo preiskali petolo in sediment pod njo (lokacija št. 6). Petola predstavlja 1 do 2 cm debelo, umetno gojeno, trdo sprijeto želatinasto preprogo modrozelenih alg, ki je črne barve in prepletena s sadro, karbonatnimi minerali ter v manjši meri z glino (sl. 7). Vloga petole je dvojna — v prvi vrsti se sol ne meša s sedimentom v podlagi, deluje pa tudi kot biološki filter, ki zadržuje vgrajevanje posameznih ionov, npr. železovih in manganovih, v halit; zato je sol izredno čista, kar je posebno važno v prehrambeni industriji. Petola mora biti čimbolj ravna, ker z nje z ustreznimi grebljicami strgajo sol

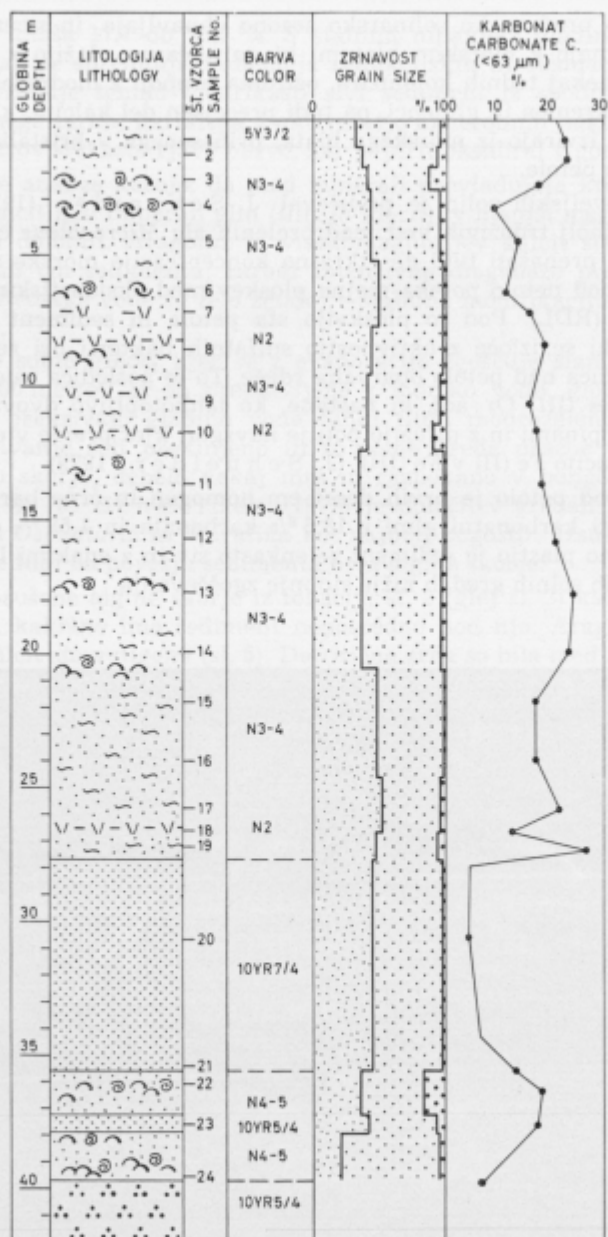
(sl. 8). Zato jo pred vsako solinarsko sezono obnavljajo, in sicer tako, da vse vdolbine izravnajo z morskim blatom, ki ga občasno vlažijo z morsko vodo. To blato se v nekaj tednih kolonizira, oziroma prepoji z modrozelenimi algami. Minerali glin, kremen in glinenci, pa tudi precejšen del kalcita, ki jih registrira analiza petole, izvirajo iz morskega blata, prinesenega v kristalizacijske grede ob obnavljanju petole.

Petolo sečoveljskih solin je preučeval J. Schneider (1979). V njej je določil eno najbolj trdoživih vrst modrozelenih alg *Microcoleus chthonoplastes*, ki je sposobna prenašati tudi desetkratno koncentracijo morske vode. Eden do tri milimetre pod petolo poteka mejna ploskev med oksidacijskim in redukcijskim okoljem (RDL). Pod to ploskvijo sta petola in sediment pod njo črna zaradi pirita, ki se izloča z aktivnostjo sulfatnih bakterij pri redukciji sadre. Lokalno je slanica nad petolo obarvana rdeče. To je posledica železovega hidroksidhidrata $[\text{Fe}_2(\text{OH})_6]^{+}$, ki nastane, ko lahkotopljivo dvovalentno železo s pornimi raztopinami in z difuzijo potuje navzgor, kjer preide v okolje z dovolj kisika za oksidacijo Fe (II) v Fe (III) (J. Schneider, 1979).

Sediment pod petolo je prvih deset cm homogen in črne barve. Po sestavi ustreza meljasti karbonatni glini z 18,5 % karbonata in 1,58 % organskega C. Pod to prehodno plastjo je sediment zelenkasto siv in z enakimi lastnostmi, kot jih ima v drugih solnih gredah nižje stopnje zgoščevanja.



Sl. 8. Spravljanje soli
Fig. 8. Gathering in of salt crop



Sl. 9. Litologija, zrnavost in vsebnost karbonata v vzorcih jedra iz vrtnice V-6/79, soline Lera

Fig. 9. Lithological composition, grain size and carbonate content of the core samples from the hole V-6/79 drilled in the Lera salt ponds

Vrtina V-6/79. Iz vrtine V-6/79 smo preiskali 24 vzorcev, ki si slede v približno enakomernih intervalih. Na globini 40 metrov je vrtina zadela na flišno podlago. Litološka in granulometrična sestava sedimenta sta prikazani na sl. 9, 10 a in 10 b, njegova mineralna sestava pa na sl. 11.

Do globine 27,5 m je sediment makroskopsko zelo homogen, brez laminacije ali plastovitosti, srednje do temno siv in dokaj visoke konsistence. Po rezanju z nožem ne spremeni oblike. Makroskopsko zaznavne spremembe v sedimentu so večja in manjša gnezda skeletov polžev in školjk ter trije šotasti vložki, ki pravzaprav predstavljajo sediment s povečano količino organskih primesi, kot so listje, korenine in stebila rastlin. V globini 8 m je šotasti vložek debel 5 do 10 cm in prav toliko v globini 11,6 m. Tretji vložek je na globini 26,5 m in je debel 60 cm; tu je vrtina zajela tudi nekaj cm debel kos stebila. Po šoti sklepamo na občasno močvirsko okolje sedimentacije v Sečoveljski dragi.

Lupine moluskov so različno velike. Prevladujejo nekaj mm do en centimeter velike tanke lupine taxodontnih školjk (npr. *Leda fragilis* in *Leda pella*) ter lupine pektenov. Bolj redke so debele lupine vrste *Cardium*, velike štiri centimetre. Poleg školjk so številni polžki, veliki do 0,5 cm; prevladujeta vrsti *Turritella* in *Gibbula*, medtem ko so skeleti ostrakodov, foraminifer, ehinodermov in serpulid manj številni ali zelo redki.

Zrnavost jedra vrtine V-6/79 je precej enotna (tabela 2 in sl. 9, 10). Razen vzorcev iz najglobljega dela vrtine štejemo vse druge vzorce v prehodno skupino melja in gline ter imajo zrnavost dva do pet μm . Čistemu melju s srednjo zrnavostjo 35 μm pripada sediment z dna vrtine na globini 39,5 metra. Delež frakcije nad 63 μm je nizek in se giblje med enim in dvema odstotkoma. Nekoliko večji je v vrhnjih treh metrih, kjer prevladujejo skeleti moluskov in listje.

Tudi mineralna sestava sedimenta iz vrtine V-6/79 je precej enotna. Med minerali sta najpogostnejša kalcit (nizkomagnezijev kalcit) in kremen. Slede minerali glin in glinenci, medtem ko so dolomit, pirit, siderit in goethit zasto-

LITOLOGIJA LITHOLOGY



Glinasti melj
Clayey silt



Lupine mehkužcev
Molluscan shells



Peščeni melj
Sandy silt



Šotasti vložek
Peatlike intercalation



Residualna glina
Residual clay



Fliš
Flysch

ZRNAVOST GRAIN SIZE



Pesek
Sand >63 μm

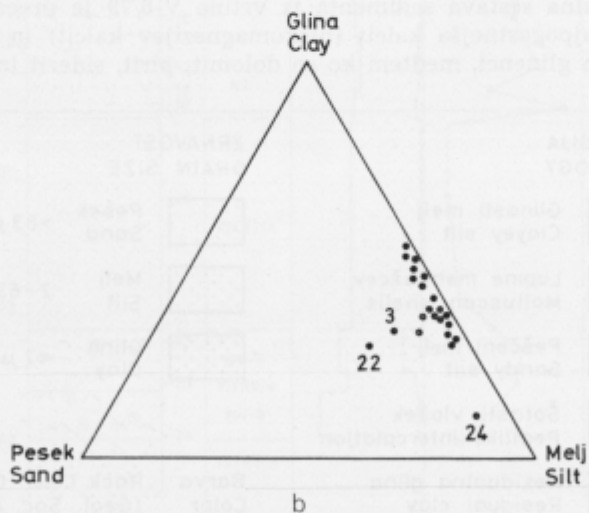
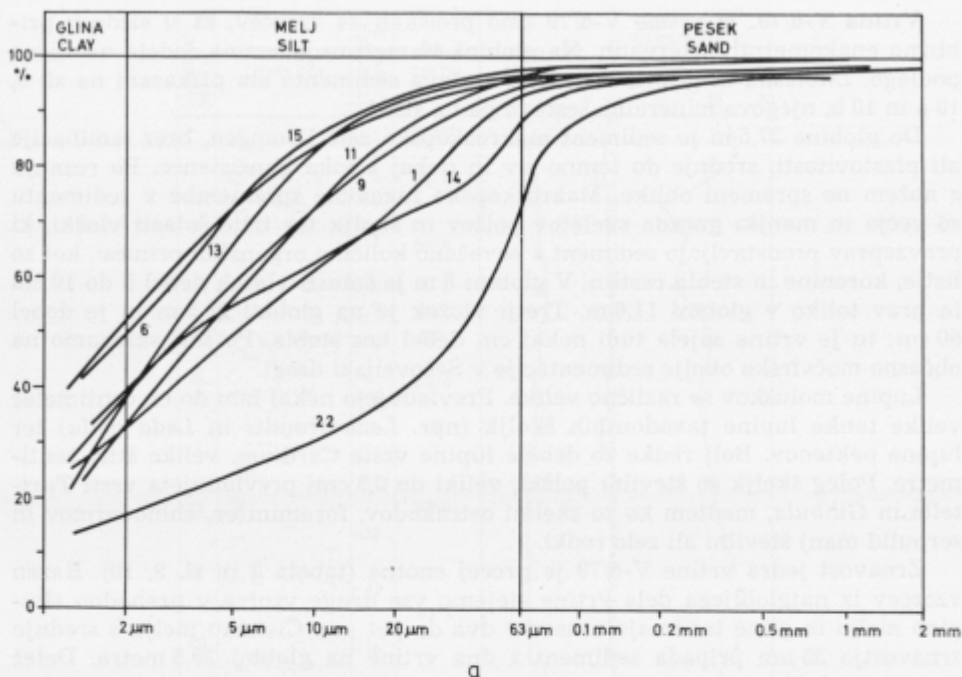


Melj
Silt 2-63 μm



Glina
Clay <2 μm

Barva
Color Rock Color Chart
(Geol. Soc. Amer.)



Sl. 10. Krivulje zrnivosti (a) in trikomponentni diagram zrnivosti (b) recentnega sedimenta sečoveljskih solin

Fig. 10. Cumulative grain size curves (a) and three-component mixture diagram (b) of recent sediment samples from the Sečovlje salt marsh

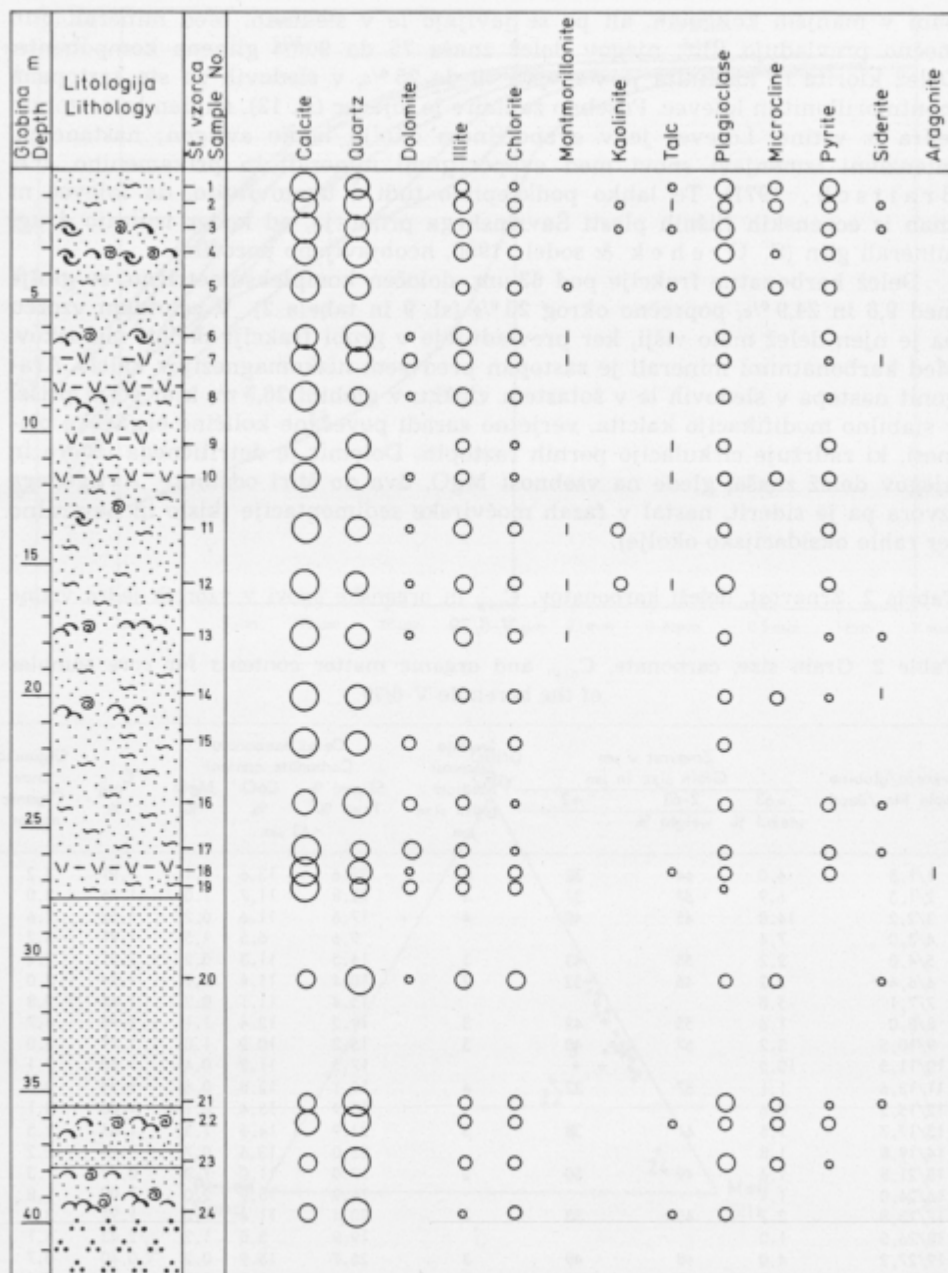
pani v manjših količinah, ali pa se pojavljajo le v sledovih. Med minerali glin močno prevladuje illit; njegov delež znaša 75 do 90 % glinene komponente. Delež klorita in kaolinita je v mejah 10 do 25 %, v sledovih pa sta zastopana montmorillonit in lojevec. Posebno zanimiv je lojevec (sl. 12), najden le v vzorcih jedra iz vrtine. Lojevec je v evaporitnem okolju lahko avtigen; nastane po intenzivni izmenjavi snovi med evaporitnimi minerali in prikamenino (O. Braitsch, 1971). To lahko podkrepimo tudi z ugotovitvijo, da lojevec ni znan iz eocenskih flišnih plasti Šavrinskega primorja, od koder izvirajo drugi minerali glin (S. Orehek & sodel., 1980, neobjavljeno poročilo).

Delež karbonatne frakcije pod $63 \mu\text{m}$, določen kompleksometrično, se giblje med 9,6 in 24,9 %, poprečno okrog 20 % (sl. 9 in tabela 2). V celotnem vzorcu pa je njen delež malo višji, ker prevladujejo v grobi frakciji skeleti moluskov. Med karbonatnimi minerali je zastopan predvsem nizkomagnezijev kalcit. Aragonit nastopa v sledovih le v šotastem vložku v globini 26,5 m, kjer še ni prišel v stabilno modifikacijo kalcita, verjetno zaradi povečane količine organske primesi, ki zadržuje cirkulacijo pornih raztopin. Dolomit je detritičnega izvora in njegov delež znaša, glede na vsebnost MgO , dva do štiri odstotke. Avtigenega izvora pa je siderit, nastal v fazah močvirske sedimentacije (kislo in nevtravno ter rahlo oksidacijsko okolje).

Tabela 2. Zrnastost, deleži karbonatov, C_{org} in organske snovi v vzorcih jedra vrtine V-6/79

Table 2. Grain size, carbonate, C_{org} , and organic matter contents for core samples of the borehole V-6/79

Št.vzorca/globina Sample No./depth	Zrnavost v μm Grain size in μm			Srednja zrnavost Medium grain size μm	Delež karbonata Carbonate content			C _{org} %	Organska snov Organic matter
	>63	2-63	<2		Skupni % Total %	CaO %	MgO %		
	utežni % weight %								
1/1,3	4,0	64	32	5	22,6	13,6	1,1	1,91	3,2
2/1,5	6,9	57	37	4	22,8	11,7	1,0	1,75	3,0
3/2,2	14,8	45	40	4	17,6	11,6	0,2	1,52	2,6
4/3,0	7,4				9,6	6,5	1,5	1,91	3,2
5/4,0	2,2	55	43	3	14,5	11,3	0,2	2,01	3,4
6/6,4	2,2	46	52	2	10,4	11,4	0,2	1,74	3,0
7/7,1	5,8				15,4	11,1	0,2	1,64	2,8
8/8,0	1,6	55	42	3	19,2	12,4	1,1	2,78	4,7
9/10,5	3,2	57	40	3	15,2	10,2	1,0	1,77	3,0
10/11,5	10,5				17,3	11,2	0,4	1,80	3,1
11/13,6	1,1	67	32	4	19,1	12,8	0,6	1,20	2,0
12/15,5	0,6				10,9	13,4	0,1	1,80	3,1
13/17,7	1,5	61	38	3	24,9	14,6	1,3	1,48	2,5
14/19,8	1,8				23,0	13,6	0,7	1,28	2,2
15/21,8	1,4	49	50	2	17,0	11,0	1,3	0,79	1,3
16/24,0	1,1				16,9	10,9	2,0	1,09	1,8
17/25,8	2,2	45	53	2	20,4	11,4	1,2	1,91	3,2
18/26,5	1,0				19,9	5,8	1,2	2,43	4,1
19/27,2	4,0	48	48	3	26,7	15,9	0,2	0,40	0,7
20/30,6	4,7	53	42	3	4,4	3,8	0,1	0,22	0,4
21/35,5	0,5				13,0	9,1	0,1	0,35	0,6
22/36,5	21,8	40	38	3	18,1	11,4	0,1	0,89	1,5
23/37,5	11,4				17,9	11,3	0,1	0,68	1,2
24/38,5	8,7	74	17	35	7,1	5,5	0,1	0,30	0,5

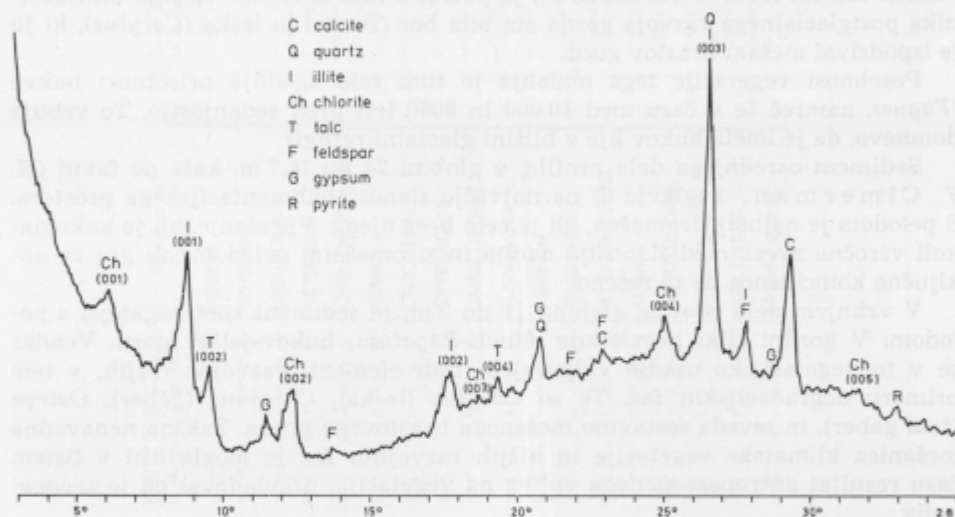


Sl. 11. Mineralna sestava vzorcev jedra iz vrtine V-6/79 v solini Lera

Fig. 11. Mineral composition of core samples from the borehole V-6/79 drilled at the Lera salt ponds

Med 27,5 in 35,5. metrom se v vrtini V-6/79 pojavlja rumenkasto siv zelo homogen in trd glinasti meljevec, ki vsebuje redke, do 0,5 cm velike kalcitne konkracije in limonitne gruče. Kamenina je brez fosilov; po tem in po njeni litološki sestavi sklepamo, da je nastala iz flišne preperine, torej predstavlja residualni sediment iz obdobja lokalne okopnitve Sečoveljske drage. Enak meljevec je v globini med 37. in 38. metrom debel 80 cm. Delež karbonata v vzorcih residualnega sedimenta se giblje med 4 in 26 %, sicer pa ima enako mineralno sestavo kot temno sivi sediment nad njim.

Talnina recentnega sedimenta Sečoveljske drage in Piranskega zaliva sestoji iz eocenskega fliša. Vrtina V-6/79 ga je našla v globini 40 m. V flišu se menjavajo plasti kalkarenita in glinovca, debele do 15 cm. Kontakt med recentnim sedimentom in flišem je oster.



Sl. 12. Rentgenogram orientiranega preparata glinaste frakcije recentnega sedimenta; vzorec jedra iz vrtine V-6/79

Fig. 12. X-ray diffractogram of oriented preparation of clay fraction; core sample taken from the borehole V-6/79

- prevladuje - prevailing
- zelo pogost - very common
- pogost - common
- redek - rare
- zelo redek - very rare
- I sledovi - traces

Legenda k sl. 11

Explanation of fig. 11

5. Pelod v vzorcih jedra iz vrtine V-6/79

Alojz Šercelj

Palinološko smo preiskali osem vzorcev jedra iz vrtine V-6/79. Globine in rezultate analiz kaže tabela 3. Pelod je v splošnem zelo siromašen, zato nismo preračunavali odstotne udeležbe posameznih taksonov, temveč navajamo absolutne vrednosti.

Gozdna vegetacija je bila vseskozi toplodobna, holocenska. To pomeni, da se je sediment v celoti odložil v postglacialu, to je v manj kot 10 000 letih.

V vzorcih iz globine 36,5 do 26,5 m prevladujejo značilni predstavniki mešanega hrastovega gozda (QM): *Quercus* (hrast), *Tilia* (lipa), *Ulmus* (brest). Ta gozdna faza je tipična vegetacija zgodnjega holocena, preboreala in boreala. Takšno starost (9160 ± 120 let B. P.) je potrdila tudi določitev ogljika-14. Začetnika postglacialnega razvoja gozda sta bila bor (*Pinus*) in leska (*Corylus*), ki ju je izpodrival mešani hrastov gozd.

Posebnost vegetacije tega obdobja je tudi zelo zgodnja prisotnost bukke (*Fagus*), namreč že v času med 10 000 in 9000 leti pred sedanostjo. To vzbuja domnevo, da je imela bukev kje v bližini glacialni refugij.

Sediment osrednjega dela profila, v globini 24 do 16,7 m, kaže po favni (cf. F. Cimerman, poglavje 6) na največjo slanost sedimentacijskega prostora. S pelodom je najbolj siromašen, ali je celo brez njega. Vprašanje, ali je kakršnakoli vzročna zveza med slanostjo okolja in siromašnim pelodom, ali gre za naključno koincidenco, še ni rešeno.

V vrhnjem delu profila, globina 11 do 3 m, je sediment spet bogatejši s pelodom. V gozdni sliki prevladuje *Abieti-Fagetum*, bukov-jelšev gozd. Vendar se v to vegetacijsko ozadje vključujejo tudi elementi razvojno nižjih, v tem primeru degradacijskih faz. To so *Corylus* (leska), *Carpinus* (gaber), *Ostrya* (črni gaber), in seveda sestavine mešanega hrastovega gozda. Takšna nenavadna mešanica klimatske vegetacije in nižjih razvojnih faz je mogla biti v tistem času rezultat antropozoogenega vpliva na vegetacijo, prevladoval pa je zoogeni vpliv.

Prvi opazni val antropozoogenega vpliva na vegetacijo v Istri lahko pripisujemo, tako kot v Sloveniji, času in kulturi castellierov, istrskim ekvivalentom naših gradišč v hallstattski dobi. Vendar je tedaj prevladoval še zoogeni vpliv in bi zato ta vrhnji del profila od 11 do 3 m globine okvirno postavili v čas pred približno 3000 leti.

Drugi, močnejši val izrazito antropogenega vpliva na vegetacijo in neposrednih dokazov človekovega delovanja, tako imenovanih »indikatorjev kulture«, kot so žita, oreh (*Juglans*), kostanj (*Castanea*) in drugi, se je začel po H. J. Beugu (1977) šele z rimsko poselitvijo Istre, to je pred malo več kot 2000 leti. Ta faza pa v preiskanem delu profila ni več zastopana. Verjetno je delta Dragonje tedaj že prekopnela ali pa je kasnejša solinarska dejavnost bistveno spremenila sedimentacijsko okolje.

V našem primeru imamo očitno opravka samo s prvim antropozoogenim valom iz časa castellierov. Pelodna slika kaže, da degradacija gozda še ni bila tako izrazita, in tudi neposrednih rastlinskih spremljevalcev človeka v rimskih časih še ni bilo. Tako lahko rečemo, da se pelodna slika zabriše v globini treh metrov v času med 3000 in 2000 leti.

Tabela 3. Pelod v vzorcih jedra iz vrtine V-6/79
 Table 3. Pollen in the core samples from the borehole V-6/79

Globina m Depth m	PINUS	PICEA	ABIES	JUNIFERUS	BETULA	ALNUS	CORYLUS	CARPINUS	OSTRYA	ACER	QUERCUS	TILIA	ULMUS	FRAXINUS	FAGUS	SALIX	RHAMNACEAE	VITIS	CORNUS
3.8	2	4	7	-	2	8	7	13	5	3	7	-	6	1	45	2	1	2	-
7.8	3	4	13	-	-	1	3	3	-	1	2	1	1	-	15	2	-	-	-
11.6	-	2	6	-	-	5	13	12	3	-	11	2	1	-	30	-	1	-	-
16.7	1	-	-	2	-	-	5	1	1	-	6	-	3	-	3	-	-	-	-
21.8	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
24.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26.5	12	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	9	3	-	6	-	-	2	1
36.5	1	-	-	-	2	-	5	-	1	1	1	2	-	-	4	-	-	-	-

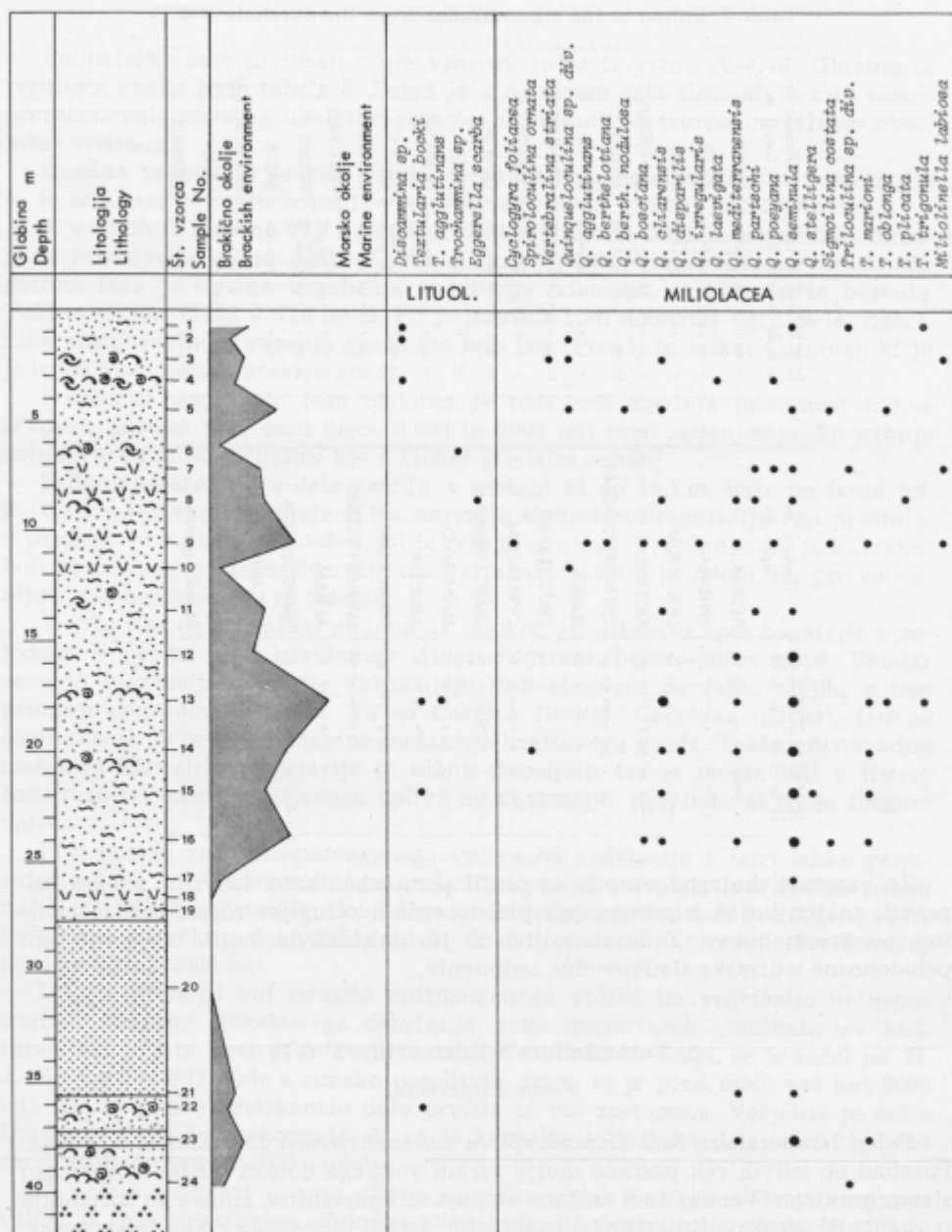
Globina m Depth m	HERA	EPHEDRA	LIGULSTRUM	ARTEMISIA	CHENOPODIACEAE	RUMEX	CRUCIFERAE	CYPERACEAE	UMBELLIFERAE	PLANTAGO	ARBERIA	GRAMINEAE	MYRIOPHYLLUM	ALISMA	SANGUISORBA	ERICACEAE	ASPLENIUM	Monol. sporeae
3.8	-	-	1	1	6	2	1	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-
7.8	3	1	2	-	5	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	-	-
11.6	-	1	-	-	8	-	-	1	-	1	2	-	1	-	-	-	-	6
16.7	1	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
24.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26.5	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33
36.5	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

Za vegetacijsko zgodovino je ta profil pomemben zato, ker smo z njim napravili znaten korak k poznavanju pleistocenskih refugijev mezofilnih elementov, predvsem bukve. Toda zanesljivo bi jih dokazali le, če bi bili našli tudi pelodonosne würmske sladkovodne sedimente.

6. Foraminifere v jedru vrtine V-6/79

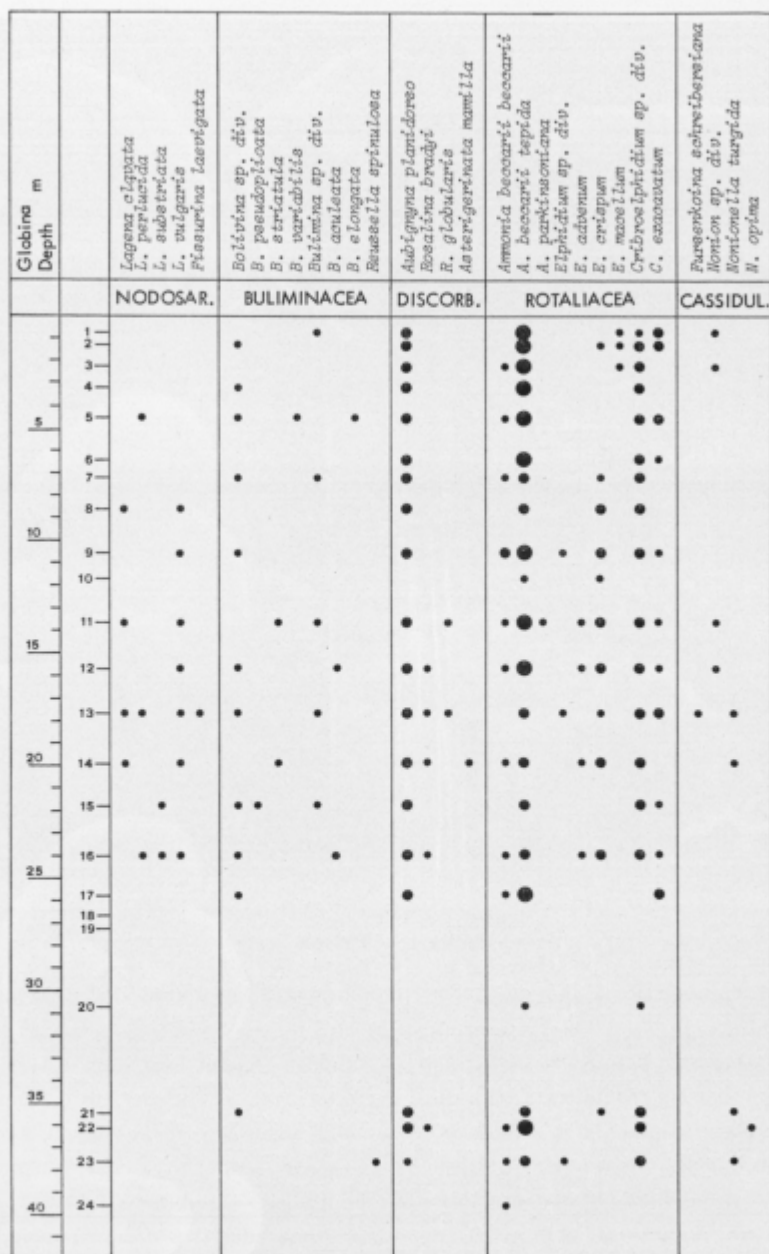
Franz Cimerman

Poleg temperature tudi slanost vpliva na razširjenost foraminifer v morju. Posebno ob izlivih rek postane morje zaradi velikega dotoka sladke vode manj slano, brakično. Vendar tudi znižana slanost ni konstantna, ampak se spreminja iz različnih vzrokov. Spremembe so dnevne, zaradi plimskega cikla, in sezonske, odvisne tudi od vremenskih razmer, npr. od množine padavin, vetra, zračne temperature itd. (A. Remane & C. Schlieper, 1971). Med foraminiferami je malo evrihalinih vrst, ki so sposobne prenesti hitre in ostre spremembe



Sl. 13. Združba foraminifer, določena v vzorci jedra vrtine V-6/79

Fig. 13. Depth distribution of foraminifers determined from the borehole V-6/79



- posamezni primerki — few specimens
- močno zastopana vrsta — common
- prevladuje — prevailing

Tabla 1 — Plate 1

- 1 *Aubignyna planidorso* (Atkinson), dorzalna stran — dorsal view, 0,35 mm
- 2 *Aubignyna planidorso* (Atkinson), ventralna stran — ventral view, 0,36 mm
- 3 *Aubignyna planidorso* (Atkinson), ustna stran — apertural view, 0,34 mm
- 4 *Aubignyna planidorso* (Atkinson), dorzalna stran — dorsal view, 0,39 mm
- 5 *Aubignyna planidorso* (Atkinson), ventralna stran — ventral view, 0,34 mm
- 6 *Aubignyna planidorso* (Atkinson), ustna stran — apertural view, 0,32 mm
- 7 *Aubignyna planidorso* (Atkinson), umbilikus — umbilicus, 0,12 mm
- 8 *Aubignyna planidorso* (Atkinson), dorzalna stena, detajl — dorsal wall, detail, 0,18 mm

Vsi posnetki so bili napravljeni v Laboratoriju za rastrsko elektronsko mikroskopijo Geološko paleontološkega inštituta univerze v Baslu.

All photos taken by Labor für Raster-elektronenmikroskopie, Universität Basel, Geologisch-paläontologisches Institut.

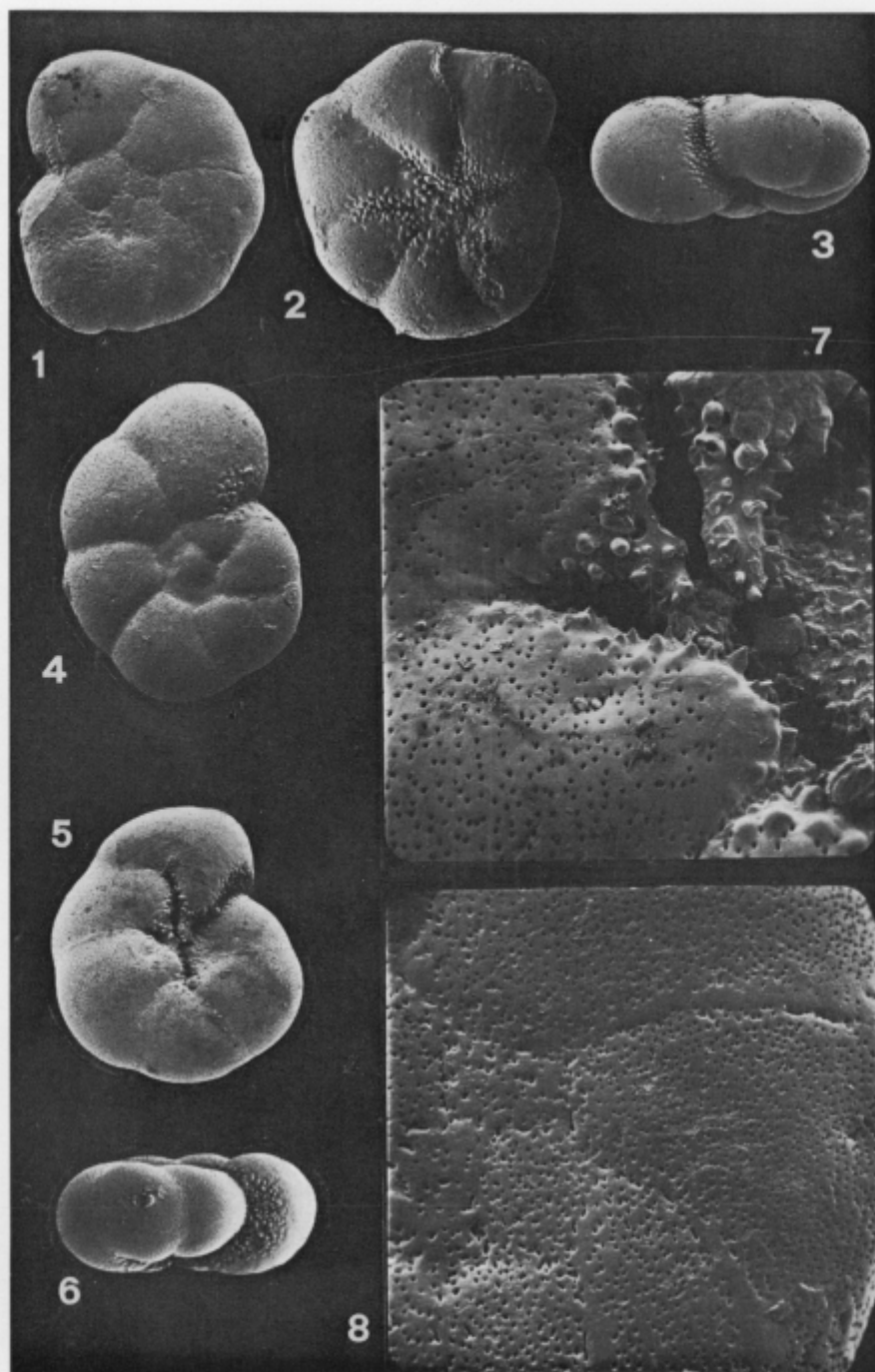
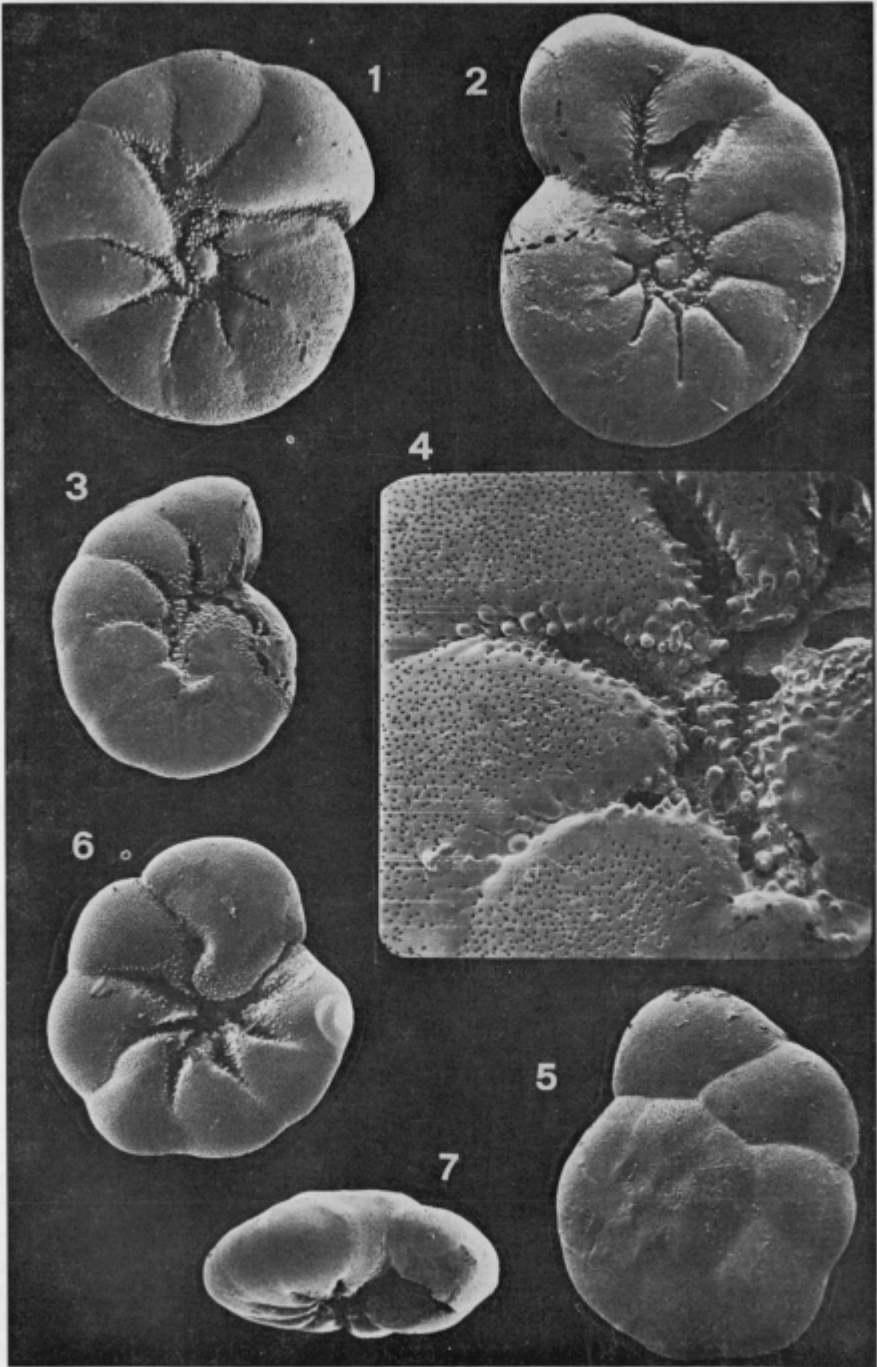


Tabla 2 — Plate 2

- 1 *Cribroelphidium* sp., 0,45 mm
- 2 *Cribroelphidium* sp., 0,53 mm
- 3 *Cribroelphidium* sp., 0,37 mm
- 4 *Cribroelphidium* sp., umbilicus — umbilicus, 0,18 mm
- 5 *Ammonia beccarii* (Linnaeus) var. *tepida* (Cushman), dorzalna stran — dorsal view, 0,46 mm
- 6 *Ammonia beccarii* (Linnaeus) var. *tepida* (Cushman), ventralna stran — ventral view, 0,41 mm
- 7 *Ammonia beccarii* (Linnaeus) var. *tepida* (Cushman), ustna stran — apertural view, 0,34 mm



slanosti. V relativno stalnem morskem okolju opazujemo pri foraminiferah, kot tudi pri drugih organizmih, veliko raznolikost vrst ob majhnem številu osebkov posameznih vrst. Nasprotno pa se na spremenljivo brakično okolje prilagodi malo vrst; vendar nekatere od njih nastopajo množično, ker zavzemajo življenjski prostor stenohalinih vrst, ki ne prenesejo velikih sprememb slanosti. Tako je lahko celotna biomasa foraminifer v brakični vodi celo večja kot v morskem okolju. Velikost foraminifernih hišic je v brakični vodi navadno reducirana, hišice so nežne, njihove stene presevne in manj skulpturirane. Od foraminifer z apnenčevo hišico sodijo med izrazito evrihaline oblike, ki prenesejo zmanjšano slanost, rodovi iz družin Rotaliidae, Elphidiidae in Nonionidae (*Ammonia*, *Elphidium*, *Criboelphidium*, *Nonion* itd.) ter rodovi iz naddružine Miliolacea. Od foraminifer z aglutinirano hišico pa sodijo sem rodovi *Ammobaculites*, *Haplophragmoides*, *Miliammina* in *Trochammina*. Prvi je preučeval foraminifere iz brakičnih vod H. B. Brady et al. (1870). Pozneje so jih raziskovali še mnogi avtorji. J. in Y. Le Calvez (1951) sta preučevala foraminifere iz obmorskih močvirij v južni Franciji in podala tudi kratek zgodovinski pregled teh raziskav.

Leta 1978 smo določili foraminiferno favno v vzorcu recentnega sedimenta iz Piranskega zaliva, kjer se morska voda meša s sladko (F. Cimerman & K. Drobné 1978, 10, rokopisno poročilo). Vzorec je bil vzet blizu lokacije vrtine V-6/79. Prevladujeta dve vrsti: *Ammonia beccarii beccarii* in *Elphidium crispum*, ki sestavljata skoraj 100 % vse foraminiferne favne.

Iz profila vrtine je bilo vzetih 24 vzorcev. Za analizo smo pripravili po en cm³ izpranega sedimenta frakcije 0,1 do 2 mm. Iz njega smo separirali foraminiferne hišice po metodi flotacije v ogljikovem tetrakloridu. Foraminiferno favno smo obdelali kvalitativno. Določili smo 59 vrst, ki pripadajo 25 rodovom in 7 naddružinam. Slika 13 kaže združbo foraminifer, razporeditev vrst po vzorcih in njihovo pogostnost. Ločili smo tri stopnje pogostnosti: 1. posamezni primerki (do deset hišic), 2. močno zastopana vrsta (nad deset primerkov, vendar ne prevladuje), 3. prevladujoča vrsta (po ocenitvi predstavlja 70 % vse foraminiferne favne).

Pregled favne po naddružinah:

Lituolacea: le posamezni primerki.

Miliolacea: Po številu vrst je ta naddružina najštevilnejša, vendar je primerkov posameznih vrst malo. Izjema sta le *Quinqueloculina cliarensis* v vzorcu 13 in *Q. seminula* v vzorcih 12, 13, 14, 15, 23; njuni primerki so številni.

Nodosariacea: le posamezni primerki petih vrst.

Buliminacea: le posamezni primerki.

Discorbacea: Pri tej naddružini, ki jo zastopajo trije rodovi, je zanimiva *Aubignyna planidorsu* (Atkinson), ki se povsod pojavlja s številnimi primerki (tabla 1). V Jadranskem morju je v Limskem kanalu našel C. H. v. Daniels (1970, 85) vrsto *Aubignyna cf. mariei* Margerel. Rod *Aubignyna* in vrsto *A. mariei*, kot genotipično, je opisal J. P. Margerel (1970, 58) iz pliocen-skega laporja v pokrajini Manche v Franciji, kjer nastopa v združbi z rodovoma *Fujassina* (Elphidiidae) in *Taxiella* (Rotaliidae), ter vrsto *Quinqueloculina cliarensis*. M. Rosset-Moulinier (1972, 166) je določila med foraminiferami

priobalnega morja severne in zahodne Bretanije vrsto *Buccella planidorso* (Atkinson). Vsi trije avtorji, Daniels, Margerel in Rosset-Moulinier so objavili tudi slike, zato smo njihove vrste lahko primerjali med seboj. Ugotovili smo, da pripadajo vse rodu *Aubignyna* Margerel. Rod *Buccella* (Loeblich in Tappan, 1964, C 575) ima na obodu hišice gredelj in torej ne pride v poštev. Hišica vrste *B. planidorso* v delu Rosset-Moulinier (1972, tab. 12, sl. 1—5) ima namreč obod gladko zaobljen in pripada rodu *Aubignyna* Margerel. Zdi se, da tudi Danielsova *A. cf. mariei* iz Limskega kanala sodi k vrsti *A. planidorso* (Atkinson). V to naddružino spada družina Discorbidae, ki jo zastopajo posamezni primerki naslednjih vrst: *Rosalina bradyi*, *Rosalina globularis* in *Asterigerinata mamilla*. Te vrste so najbolj morske in jih redko najdemo v brakični vodi.

Rotaliacea: Trije rodovi te naddružine imajo daleč največjo populacijo; to pomeni, da njeni predstavniki najbolj prenašajo zmanjšano slanost. *Ammonia beccarii tepida* prevladuje v 11 vzorcih, v sedmih pa je močno zastopana. Primerki *A. beccarii* so v vzorcu 9 številni, drugod pa redki. Od rodu *Elphidium* je le *E. crispum* ponekod močno zastopan, sicer pa smo našli le posamezne primerke. Med oblikami rodu *Criboelphidium* smo lahko določili le vrsto *C. excavatum*. Ostale navajamo pod skupnim imenom *Criboelphidium* sp. div. (tabla 2). Rod *Criboelphidium* je v vseh vzorcih močno zastopan in je skupaj z vrstama *Aubignyna planidorso* in *Ammonia beccarii tepida* (tabla 2) posebej značilen za foraminiferno združbo.

Cassidulinacea je zastopana sporadično s posameznimi primerki rodov *Fursenkoina*, *Nonion* in *Nonionella*.

7. Geokemija organske snovi v jedru vrtine V-6/79

Jadran Faganeli

Analizne metode. Za analizo vsebnost organskega ogljika in dušika smo od grobega vzorca (0,5 do 1 kg) oddvojili z liofiliziranjem 100 do 200 g sedimenta. Oddvojene vzorce smo sušili z liofiliziranjem približno 48 ur. Sušene vzorce smo nato uprašili in homogenizirali ter sejali skozi 250 μ m sito, tako da je najmanj 90 % sedimenta prešlo skozi sito.

Za analizo organskega ogljika v sedimentu smo uporabili suhi sežig v kisikovi atmosferi pri temperaturi 650 °C (J. G. Konrad et al., 1970) v Colemanovem C, H analizatorju; sam sežig je trajal približno 8 minut. Pri tej sežigni temperaturi karbonati ne razpadajo, kar smo večkrat testirali s sežigom kalcita.

Celokupno organsko snov smo preračunavali iz vsebnosti organskega ogljika z uporabo razmerja med celokupno organsko snovjo in organskim ogljikom 1,7 (P. D. Trask & H. W. Patnode, 1942).

Za analizo celokupnega dušika v sedimentu smo uporabili mikro-Dumasovo metodo suhega sežiga v Colemanovem N analizatorju (D. R. Keeney & J. M. Bremner, 1967) pri temperaturi 900 °C. Tako določeni celokupni dušik v sedimentu vsebuje organsko vezani dušik, neizmenljivi amonijev ion v mreži

Tabela 4. Geokemična analiza organske snovi v jedru vrtine V-6/79

Globina Depth m	Org. C %	Celokupni N Total N %	Org. N %	Neizmenljivi NH_4^+-N Fixed NH_4^+-N ppm	% N_{tot}
0	0.79	0.28	0.25	241	8.8
1.3	1.91	0.16	0.12	366	22.9
1.5	1.75	0.39	0.34	405	10.4
2.2	1.52	0.10	0.08	146	14.6
3.0	1.91	0.11	0.07	324	29.5
3.8	1.80	0.08	0.02	551	68.9
4.0	2.00	0.08	0.03	418	52.3
5.2	1.62	0.15	0.13	197	13.1
6.4	1.74	0.18	0.13	508	28.2
7.1	1.64	0.25	0.20	413	16.5
8.0	2.78	0.33	0.28	478	14.5
9.5	1.20	0.13	0.08	450	34.6
10.5	1.77	0.28	0.23	439	15.7
11.5	1.80	0.06	0.03	276	16.0
13.6	1.20	0.17	0.14	338	19.9
14.6	1.45	0.15	0.09	550	36.7
15.5	1.80	0.56	0.51	408	7.3
16.7	1.61	0.24	0.20	379	15.8
17.7	1.48	0.06	0.04	329	54.8
18.5	1.68	0.18	0.15	293	16.3
18.8	1.69	0.10	0.05	324	32.4
19.8	1.28	0.29			
20.8	1.45	0.09	0.02	646	71.8
21.8	0.79	0.52	0.48	283	5.4
22.8	1.01	0.22	0.18	349	15.9
24.0	1.09	0.26	0.21	399	15.3
25.8	1.91	0.25	0.21	382	15.3
26.5	2.43	0.38	0.32	524	13.8
27.2	0.40	0.25	0.20	441	17.6
30.6	0.22	0.18	0.13	339	22.1
35.5	0.35	0.29	0.25	384	13.2
36.5	0.89	0.36	0.33	277	7.7
37.5	0.68	0.49	0.46	238	4.9
38.5	0.30	0.18	0.15	233	12.9

silikatnih mineralov ter izmenljivi amonijev, nitritni in nitratni ion. Sežig organske snovi za analizo organskega ogljika in celokupnega dušika smo testirali s sežigom acetanilida (z utežnim razmerjem C/N 6, 8).

Neizmenljivi amonijev ion smo določevali tako, da smo vzorec sedimenta najprej razklopili z raztopino KOB_r ter nato z zmesjo HF in HCl (J. A. Silva & J. M. Bremner, 1966). Sproščeni amoniak smo določevali z destilacijo z vodno paro po J. M. Bremnerju & D. R. Keeneyu (1965).

Izmenljivi amonijev, nitritni in nitratni ion smo iz sedimenta ekstrahirali z raztopino KCl. Sproščeni amoniak smo določevali z destilacijo z vodno paro. Nitritni in nitratni ion smo najprej reducirali z Dewardovo zlitino v amonijev ion, ki smo ga nato določevali po opisanem postopku (J. M. Bremner & D. R. Keeney, 1965).

Table 4. Geochemical analysis of organic matter in the core samples from the borehole V-6/79

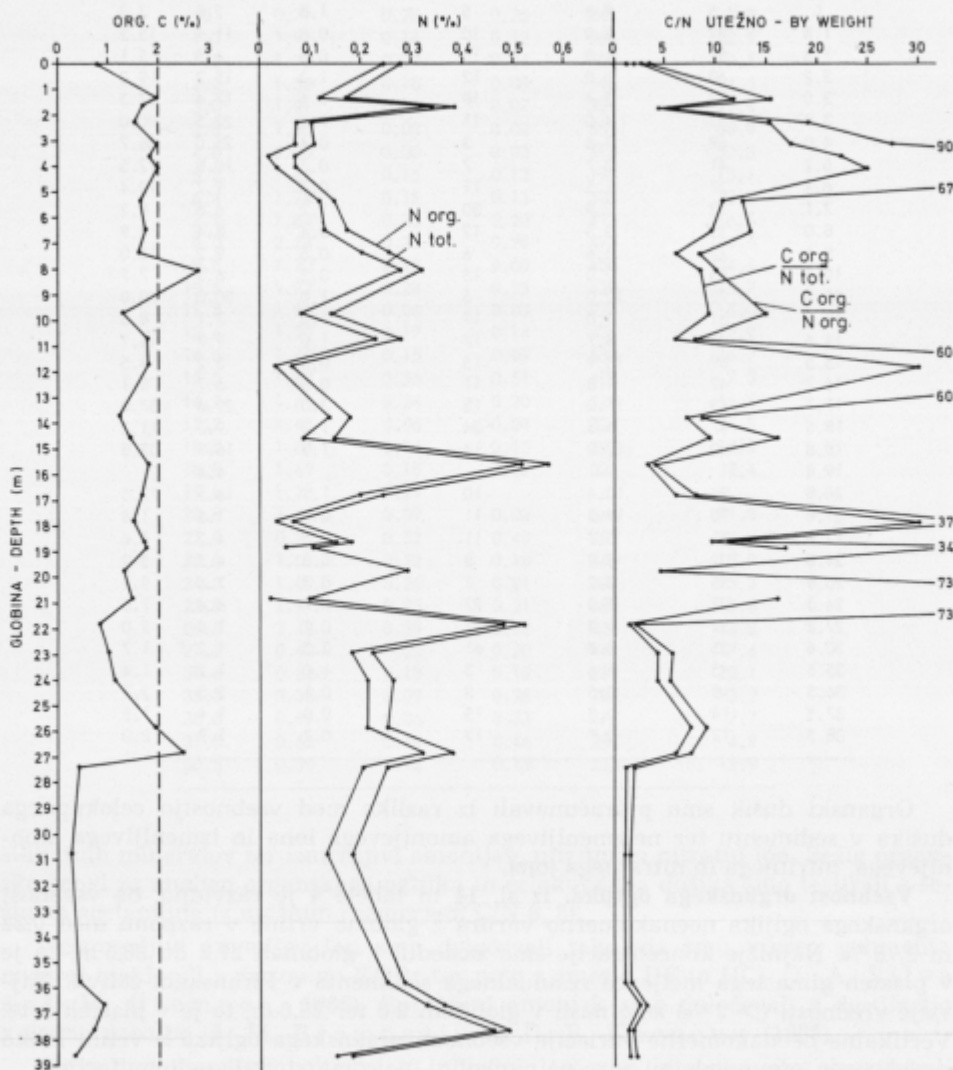
Globina Depth m	Izmenljivi NH_4^+-N Exchangeable NH_4^+-N ppm	NH_4^+-N % N _{tot.}	Izmenljivi $\text{NO}_2^--\text{N}+\text{NO}_3^--\text{N}$ Exchangeable $\text{NO}_2^--\text{N}+\text{NO}_3^--\text{N}$ ppm	$\text{NO}_2^--\text{N}+\text{NO}_3^--\text{N}$ % N _{tot.}	$\frac{\text{C}_{\text{org.}}}{\text{N}_{\text{tot.}}}$	$\frac{\text{C}_{\text{org.}}}{\text{N}_{\text{org.}}}$
0	5	1.8	5	1.8	2.8	3.2
1.3	32	2.0	10	0.6	11.9	15.3
1.5	52	1.3	15	0.4	4.5	5.1
2.2	60	6.0	12	1.2	15.2	19.0
3.0	37	3.4	18	1.6	17.4	27.3
3.8	32	4.0	11	1.4	22.5	90.0
4.0	69	8.6	3	0.4	25.0	66.7
5.2	41	2.7	7	0.5	10.8	12.5
6.4	27	1.5	11	0.6	9.7	13.4
7.1	72	2.9	30	1.2	6.6	8.2
8.0	75	2.3	12	0.4	8.4	9.9
9.5	73	5.6	6	0.5	9.2	15.0
10.5	55	2.0	15	0.5	6.3	7.7
11.5	72	12.0	6	1.0	30.0	60.0
13.6	51	3.0	17	1.0	7.1	8.6
14.6	71	4.7	17	1.0	9.7	16.1
15.5	89	15.9	15	0.3	3.2	3.5
16.7	42	1.8	11	0.5	6.7	8.1
17.7	63	11.0	18	3.0	29.6	37.0
18.5	87	4.8	24	1.3	9.3	11.2
18.8	120	12.0	13	1.3	16.9	33.8
19.8					4.4	
20.8	94	10.4	10	1.1	16.1	72.5
21.8	90	17.3	11	0.2	1.5	1.6
22.8	71	3.2	11	0.5	4.2	5.6
24.0	102	3.9	8	0.3	4.2	5.2
25.8	55	2.2	7	0.3	7.6	9.1
26.5	77	2.0	27	0.7	6.4	7.6
27.2	32	1.3	17	0.7	1.6	2.0
30.6	55	3.0	61	3.3	1.2	1.7
35.5	45	1.6	3	1.0	1.2	1.4
36.5	18	0.5	3	0.1	2.5	2.7
37.5	14	0.3	15	0.3	1.4	1.5
38.5	12	0.7	12	0.7	1.7	2.0

Organski dušik smo preračunavali iz razlike med vsebnostjo celokupnega dušika v sedimentu ter neizmenljivega amonijevega iona in izmenljivega amonijevega, nitritnega in nitratnega iona.

Vsebnost organskega ogljika. Iz sl. 14 in tabele 4 je razvidno, da vsebnost organskega ogljika neenakomerno variira z globino vrtnice v razponu med 0,22 in 2,78 %. Najnižje koncentracije smo zasledili v globinah 27,2 do 38,5 m, to je v plasteh glinastega meljevca residualnega sedimenta v Piranskem zalivu. Najvišje vrednosti (> 2 %) smo našli v globinah 8,0 ter 26,6 m, to je v plasteh šote. Vertikalne neenakomerne variacije vsebnosti organskega ogljika v vrtnici lahko razložimo s spremembami v rečni naplavin, oziroma stopnji sedimentacije.

Vsebnost celokupne organske snovi v sedimentu variira med 0,4 in 4,7 %. Preračunavali smo jo iz vsebnosti organskega ogljika z uporabo pretvorbenega faktorja 1,7, čeprav bi bilo mogoče za globlji in starejši sediment bolj upravičeno uporabljati nižji faktor (mogoče 1,3: S. C. Rittenberg in sod., 1963).

Vsebnost organskega dušika. Vsebnost celokupnega dušika v jedru vrtine V-6/79 prav tako neenakomerno variira z globino v razponu med 0,06 ter 0,56 ‰ (sl. 14, tabela 4). Dobršen delež celokupnega dušika odpade na neizmenljivi amonijev ion (146 do 646 ppm), ki je v razponu 5,4 do 71,8 ‰ celokupnega dušika in je vključen v kristalne mreže mineralov glin.



Sl. 14. Globinska porazdelitev organskega ogljika, celokupnega in organskega dušika ter razmerje C/N v vzorcih jedra iz vrtine V-6/79

Fig. 14. Depth distribution of organic carbon, total and organic nitrogen, and C/N ratio in the core samples from the borehole V-6/79

Izmenljivega amonijevega iona je precej manj (5 do 120 ppm, 1,3 do 15,9 ‰ celokupnega dušika), še manj pa je izmenljivega nitritnega in nitratnega iona (3 do 30 ppm), ki redkokdaj preseže 2 ‰ celokupnega dušika v sedimentu. Uporabljena metoda sušenja vzorcev z liofiliziranjem zagotavlja verodostojnost rezultatov, s sušenjem pri povišani temperaturi pa bi izgubili dobršen del izmenljivih ionov.

Visoke vrednosti neizmenljivega amonijevega iona, ki smo jih našli v vrtini, so tipične za illitne minerale (F. J. Stevenson & C. N. Cheng, 1972), ki sicer prevladujejo med minerali glin v jedru vrtine.

Koncentracije organskega dušika v sedimentu vrtine V-6/79, izračunane iz razlike med celokupnim dušikom ter neizmenljivim amonijevim ionom, izmenljivim amonijevim, nitritnim in nitratnim ionom, so precej nižje od vrednosti celokupnega dušika, kar zavrača trditev, da je dušik v sedimentih izključno, oziroma večidel organsko vezan. Najnižje vrednosti organskega dušika so v globinah 3,8 do 4,0 m (0,02 do 0,03 ‰), 11,5 m (0,03 ‰), 20,8 m (0,02 ‰). V istih globinah je tudi razmerje C_{org}/N_{org} najvišje, kar se ujema z območji zmanjšane brakičnosti, oziroma z nastopom morskega okolja. Nizke vsebnosti organskega dušika, oziroma visoka razmerja C_{org}/N_{org} , v teh globinah lahko razložimo s hitrejšo razgradnjo organskih dušikovih spojin (npr. deaminacija beljakovinskih snovi) ob nastopu morskega okolja. Nizko razmerje C/N smo našli predvsem v globinah 30,6 do 38,5 m, kjer so nizke koncentracije organskega ogljika. Nizka razmerja C/N so v glavnem pripisovali povišani vsebnosti neizmenljivega amonijevega iona (F. J. Stevenson & C. N. Cheng, 1972). V nasprotju s tem pa naši rezultati kažejo na relativno povečanje organskega dušika glede na organski ogljik v toku diagenetskih procesov v tej plasti verjetno zaradi adsorpcije organskih dušikovih spojin na minerale glin, kar je preprečevalo, oziroma zaviralo njihovo razgradnjo (P. J. Müller, 1977).

8. Mikroelementi v jedru vrtine V-6/79

Peter Stegnar

Analizne metode. Od 200 do 500 mg posušenega in homogeniziranega vzorca sedimenta (velikost delcev manj kot $63\ \mu\text{m}$ smo zatalili v plastične ampule za obsevanje in jih istočasno z raztopinami standardov obsevali v jedrskem reaktorju Triga Mark II. Vzorce smo obsevali pri fluksu nevtronov $2.10^{12}\text{n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$ od 18 do 20 ur, nakar smo jih pred merjenjem njihove aktivnosti pri najbolj ugodni energiji radiokemijsko ločili.

Analize smo napravili na osnovi separacijskih postopkov, ki smo jih za preiskave sedimentov in drugih materialov razvili že prej. Živo srebro smo določili na osnovi prehlapitve (L. Kosta in sodel., 1969; A. R. Byrne in sodel., 1974), elemente baker, kadmij, kobalt in cink pa smo ločili z ekstrakcijo njihovih karbonatov (V. Ravnik in sodel., 1974 in 1976; M. Dermelj in sodel., 1976, M. Dermelj in sodel., 1977) po razkroju vzorca z mešanico dušikove (V) in klorove (VII) kisline ter raztopine vodikovega fluorida v skodelici iz platine. Arzen in antimon smo izlužili iz vodikove (V) in žveplove (VI) kisline ter ju osamili kot jodida z ekstrakcijo v toluen (A. R. Byrne, 1972; A. R. Byrne in sodel., 1974; M. Dermelj in sodel., 1976).

Tabela 5. Mikroelementi v jedru vrtine V-6/79 (v $\mu\text{g/g}$ suhe teže)Table 5. Microelements in the core samples from the borehole V-6/79 (in $\mu\text{g/g}$ dry weight)

Glob.-Depth	As	Cd	Co	Cu	Fe %	Hg	Mn	P	Pb	Sb	Zn
0-2 cm	10.0	0.35	11.9	52.0	3.10	0.05	570	324	32	0.50	105
10-30 cm	10.9	0.25	6.4	44.5	2.39	0.05	450	280	40	0.26	70
0.7 m	8.3	0.21	7.5	41.0	3.13	0.18	465	315	45	0.32	62
2.2 m	14.2	0.26	6.8	35.0	2.00	0.04	450	305	40	0.38	77
4.4 m	14.0	0.17	6.6	36.0	1.71	0.06	455	330	36	0.39	80
10.5 m	12.5	0.21	6.0	36.0	2.30	0.07	480	350	40	0.32	88
27.2 m	7.2	0.24	9.7	25.0	3.00	0.04	2050	400	38	0.39	50
37.5 m	11.2	0.21	9.7	32.0	2.41	0.04	430	300	35	0.19	70

Spektre gama izoliranih radionuklidov smo merili z NaJ (Tl) scintilacijskim detektorjem, povezanim z 256-kanalnim analizatorjem, in določili koncentracije s primerjavo izmerjenih aktivnosti z aktivnostmi standardov.

Mangan in železo smo po razkroju z dušikovo (V) in žveplov (VI) kislino ter z raztopino vodikovega fluorida določili spektrofotometrično z α , α' -dipiridilom, oziroma s kalijevim jodatom (VII).

Svinec smo določili po mokrem razkroju sedimenta s kislinami in vodikovim peroksidom z atomsko absorpcijsko spektroskopijo.

Raztopine nosilcev in standardov (1 mg elementa/gram raztopine) smo pripravili z raztapljanjem ustreznih kovin ali spojin v mineralnih kislinah, oziroma destilirani vodi in jih primerno razredčili.

Interpretacija rezultatov. Koncentracije mikroelementov v analiziranih vzorcih jedra sečoveljske vrtine V-6/79 zelo malo nihajo, razen redkih izjem (glej tabelo 5). Zato sklepamo, da so za ta tip morskega sedimenta to verjetno naravne koncentracije mikroelementov; izjema je le visoka vsebnost mangana v globini 27,2 m.

Nekoliko povišane vsebnosti kobalta, bakra, antimona in cinka v vrhnji plasti vrtine so posledice onesnaževanja okolja. Podobna je bila slika pri analizah zgornjih plasti sedimentov z drugih področij Jadranskega morja (L. Kostar in sodel., 1978 a in b). V splošnem so množine mikroelementov v sečoveljski vrtini enakega reda velikosti kot koncentracije, ki smo jih določili v morskih sedimentih iz neonesnaženih področij. To seveda ne velja za lokalno močno onesnažena področja, kot je npr. Kaštelanski zaliv (P. Stegnar in sodel., 1980), kjer koncentracije Hg, Zn, Cu in Pb za 1 do 2 reda velikosti in celo za več presegajo najvišjo dobljeno vrednost v sedimentu sečoveljske vrtine.

9. Sedimentacija v Sečoveljski dragi

Alojz Šercelj & Bojan Ogorelec

Starost sečoveljskega sedimenta in hitrost sedimentacije smo skušali dobiti s pomočjo izotopske analize C-14 na kosu ohranjenega debela iz »šotnega horizonta« v globini 26,5 metra (analiza A. Sliepčevićeve, Institut Rudjer Bošković, Zagreb). Določena je bila starost 9160 ± 120 let, kar uvršča sediment v globini 26,5 m v postglacialno holocensko obdobje, točneje v preboreal. Na podlagi

starosti »šotnega horizonta« lahko sklepamo na približno, oziroma povprečno hitrost sedimentacije v Sečoveljski dragi.

Račun kaže, da je bilo naplavljenega povprečno 2,9 mm sedimenta na leto ali 2,9 m/1000 let, kar je zelo visok delež sedimentacije. V informacijo navajamo, da je ta delež v vzhodnem Mediteranu do desetkrat nižji in znaša 0,1 do 1 m/1000 let (D. J. Stanley, 1977), v beneški laguni pa okrog trikrat nižji in znaša 0,8 do 1 m/1000 let (V. Favero & A. Stefanon, 1980). Upoštevati pa moramo, da je sediment Sečoveljske drage v precejšnji meri naplavina reke Dragonje, ki je, kot povzemamo po starih virih (v: M. Pahor & T. Poberaj, 1963), bila včasih bolj deroča in je lahko v kratkih obdobjih poplav nanese precej sedimenta.

Velika debelina holocenskih sedimentov v delti Dragonje vzbuja pozornost. Če bi bila prvotno tu tako globoka pleistocenska dolina, bi jo morje že konec kasnega glaciala, ko je po evstatičnem dviganju doseglo približno današnje nivo, moralo na globoko preplaviti in bi imeli vseskozi morske, ne pa sladkovodnih sedimentov. Ti sedimenti pa so le delno brakični, kar pomeni le občasne vdore morja v delto. Tolikšna debelina sedimentov: tu 40 m, pri rudniku Sečovlje pa več kot 56 m (A. Šercelj, neobj.), se dá razložiti le s postglacialno tektoniko, s postopnim ugrezanjem sečoveljske obale, ob kateri se je delta Dragonje sproti zasipala. Evstatično nihanje v postglacialu ni nikoli doseglo tolikšnega obsega.

Za primerjavo sedimentacijskega deleža naj navedemo dve sondi, SL-35 in SL-36, z morskega dna zahodno od Pirana v globini med 20 in 30 m. V prvi je manj kot 14 cm holocenskega peščenega sedimenta, pod njim pa je 4 cm šotnatega sladkovodnega materiala, ki vsebuje pelod pleistocenske vegetacije (H. J. Beug, 1977). V drugi je le 7 cm postglacialnega sedimenta in pod njim 5 cm šotnatega mahu, v katerem je prav tako pelod hladnodobne vegetacije.

Hitrost sedimentacije v ustju Dragonje je bila torej izjemna in očitno ni bila odvisna samo od flišnega zaledja, ki je bilo tedaj dobro pokrito z vegetacijo in zato zavarovano pred erozijo, temveč je moral delovati tu še drug faktor, najverjetneje mlada tektonika.

10. Povzetek

Po programu interdisciplinarnih raziskav recentnih sedimentov v Sloveniji je bil leta 1980 na vrsti sediment na območju sečoveljskih solin. Preučevali smo ga z vidika sedimentologije, paleontologije, palinologije, geokemije in ekolo-

logije. Iz solnega polja Lera, kjer še danes pridobivajo sol z evaporacijo morske vode, smo preiskali površinske vzorce sedimenta iz solnih gred z različno koncentracijo morske vode in jedro 40 metrov globoke vrtine, ki je skozi recentni sediment dosegla eocenski fliš. Rezultati preiskav sečoveljskega sedimenta so zelo koristni tudi za nadaljnje študije polucijskih procesov v morskem okolju, saj smo dobili naravne prage vsebnosti za 11 mikroelementov.

Sediment Sečoveljske drage ima zelo enotno granulometrično in mineralno sestavo. Po zrnavosti ga uvrščamo v prehodno skupino karbonatne meljaste gline in glinastega melja. Srednja zrnavost vzorcev se giblje med 2 in 5 μ m, delež gline pa med 30 in 53 %. Peščeni melj se pojavlja le v bazalnem delu recentnega sedimenta. Precej enoten je tudi delež karbonata, znaša okrog 20 %.

Med minerali, ki sestavljajo sediment, prevladujeta kremen in kalcit nad minerali glin (illit, klorit in kaolinit); mnogo manj je glincev in dolomita. Vsi minerali so detritični in imajo svoj izvor v flišnih plasteh Šavrinskega gričevja. Avtigeni minerali so aragonit, Mg-kalcit, sadra, lojavec in pirit. Ti minerali so značilni za evaporitno okolje z redukcijskimi pogoji, kakršne opazujemo v solinah, medtem ko je siderit nastajal v fazah zamočvirjenja Sečoveljske drage. V koncentracijskih gredah slanice nastajajo na površju tanjše stromatolitne prevleke modrozelenih alg ter skorja kristalov sadre. Delež organskega ogljika znaša v sedimentu 0,2 % do 2,78 %. Vrednosti nad 2 % so bile določene v dveh horizontih šote v globinah 8,0 in 26,5 metra.

Jedro vrtine V-6/79 je vsebovalo 59 taksonov foraminifer, ki pripadajo 25 rodovom in 7 naddružinam. Foraminiferna favna kaže na brakično okolje, kar potrjuje po eni strani majhna raznolikost vrst, po drugi strani pa dejstvo, da nekatere od njih nastopajo množično. To sta vrsti *Ammonia beccarii* (Linnaeus) var. *tepida* (Cushman) in *Aubignyna planidorso* (Atkinson) ter rod *Criboelphidium*. *Aubignyna planidorso* je bila originalno opisana kot *Buccella planidorso*. Tako jo navaja tudi Rosset-Moulinier (1972, 1966). Oblika hišice pa ne ustreza rodu *Buccella*, marveč rodu *Aubignyna* Margerel (1970, 60). Druge foraminifere kažejo, da sedimentacijsko okolje ni bilo ves čas močno brakično. Sklepamo, da je bilo toliko manj brakično, kolikor več vrst nastopa poleg rotaliacej in vrste *Aubignyna planidorso*. Ovrednotili smo prisotnost teh vrst in dobili krivuljo, ki ima tri sunke, oziroma intervale, zmanjšane brakičnosti. Prvi je bil najmočnejši; nanj kažejo vrste iz družine Discorbidae: *Rosalina bradyi*, *R. globularis* in *Asterigerinata mamilla*, določene v vzorcih 16, 15, 14 in 13 iz globine 24,0 do 17,7 m. To so prave morske vrste in zelo redko zaidejo v brakično vodo. Drugi, nekoliko slabši sunek je pri 10,5 m (vzorec 9) in tretji pri 4,5 m (vzorec 5).

Vrednosti mikroelementov Cu, Zn, Pb, Hg, Co, Cd, As, Sb, Fe, Mn in P, določene v jedru vrtine V-6/79 nam lahko služijo kot prvotno geokemično ozadje sedimenta ob slovenski obali. Analize kažejo, da je bil sediment sečoveljskih solin zelo malo prizadet s polucijo toksičnih kovin. Največ 50 % višje koncentracije Cu, Zn, Co, Cd in Sb vsebuje le najmlajši sediment do globine nekaj cm.

Iz pelodnih analiz izhaja, da je sečoveljski sediment v celoti zelo mlada tvorba, kar potrjuje tudi datacija lesa iz globine 26,5 metra. Po radioaktivni analizi C-14 je njegova starost 9160 ± 120 let. Poprečna hitrost sedimentacije je visoka in znaša na podlagi te vrednosti blizu 3 m/1000 let. Vendar pa je sedimentacija v zadnjem obdobju precej manjša, saj je včasih, kot omenjajo zgodovinski viri, Dragonja imela bolj hudourniški značaj in je v kratkih obdobjih lahko hitro zasipavala Sečoveljsko drago ter tako napredovala s svojo delto proti morju.

Sediment of the salt marsh of Sečovlje

Summary

The sediment of the Sečovlje inlet was accumulated by the seaward mowement of the Dragonja river (fig. 1). On the plain at the river's mouth the Venetians started harvesting salt in the 13th century. The saltworks reached their highest development at the end of the 19th century, when the former individual salters were joined together in action.

The sedimentological and environmental conditions of the marine sediments of the Slovene littoral presented here are part of a general program on recent sediments in Slovenia. This time a working group was engaged to sample the Sečovlje saltmarsh sediment and to examine it from sedimentological, mineralogical, paleontological, bio- and geochemical point of view.

From the salina Lera, i.e. an operating saltwork at Sečovlje, 56 samples were taken in total, partly from the surface of the salt ponds for gradual evaporation of sea water and partly from the cores of a 40 m deep borehole drilled down to the flysch basement (fig. 2).

The surface of the salt ponds is covered by blue-green algae, especially of the species *Oscillatoria* and *Spirulina*. In dry seasons they stick together into a hard, several mm thick stromatolitic crust (figs. 3, 4, and 5). In crystallization ponds petola is grown — an up to 2 cm thick laminated layer of blue-green algae of gelatinous appearance impregnated with gypsum and Mg-calcite (figs. 6, 7, and 8). It prevents the salt from mixing with the clay from the bottom, and it acts, at the same time, as a biochemical filter.

The sediment of the borehole V-6/79 has a very uniform granulometric and mineralogic composition (figs. 9, 10, and 11). It is transitional in the character of the grain size and passes from the carbonate silty clay to clayey silt. It contains a variable amount of skeletons of molluscs, foraminifers, ostracods and other organisms. The average grain size varies between 2 and 5 μm , and the amount of clay is between 30 and 53 % (tables 1 and 2). The sandy silt appears only in the basal part of the recent sediment. Fairly constant is also the amount of carbonate, i.e. about 20 %, only the residual clay at the depth between 27.6 and 35.6 m contains less than 10 % of carbonate. Among the minerals quartz and calcite prevail over the clay minerals (illite, chlorite and kaolinite); much less frequent are feldspars and dolomite. All these minerals are detrital and their source is flysch of the neighbouring land. Aragonite, Mg-calcite, gypsum, talc and pyrite are of the authigenic origin (fig. 12). These minerals are characteristic of the evaporitic depositional environment with prevailing reducing conditions, as observed today in the salt ponds. However, siderite was formed during the time when the Sečovlje inlet became marshy. The amount of organic carbon in the deposit varies broadly between 1 and 2 %. The "peat" horizons at the depth of 8, 11, and 26 m contain up to 3 % of organic carbon, the residual clay, however, no more than 0.4 %. A higher variability is displayed by the organic nitrogen (0.03 and 0.57 %), which should be attributed to variations in salinity and brackish character of the environment during deposition.

According to pollen analyses (table 3) the entire Sečovlje sediment is of the Holocene age, which is confirmed by carbon-14 dating of the wood from the

depth of 26.5 m in the range of 9160 ± 120 years. The average sedimentation rate of about 3 m/1000 years was fairly higher than it was in the recent time.

The foraminiferal fauna, of which 59 taxons, belonging to 25 genera and 7 superfamilies, were determined (fig. 13, plates 1 and 2), has everywhere a brackish character. This is indicated by the narrow species diversity, and also by the abundance of the species *Ammonia beccarii* (Linnaeus) var. *tepida* Cushman, and *Aubignyna planidorso* (Atkinson), and the genus *Criboelphidium*. The species *Aubignyna planidorso* was originally described as *Buccella planidorso* Atkinson (cf. M. Rosset-Moulinier, 1972, p. 166). The form of the test, however, does not correspond to the genus *Buccella*, but to the genus *Aubignyna* Margerel (1970, 60). It is believed that also the *Aubignyna* cf. *mariei*, determined by C. H. v. Daniels (1970, p. 85) from the Limski Kanal, is in fact the species *Aubignyna planidorso* (Atkinson).

Other species occurring along with the mentioned ones indicate however, that the depositional environment of these sediments can not have been of the same brackish character during the entire time interval. It can be concluded that the environment was the less brackish, the more numerous were the species appearing beside Rotaliacea and the species *Aubignyna planidorso*. According to the occurrences of these species a curve has been constructed, which indicates three intervals of diminished brackish character. The first interval from 24.0 to 17.7 m appears to have been the most intensive, as shown by the species of *Rosalina bradyi*, *R. globularis*, and *Asterigerinata mamilla*, which belong to the family of Discorbidae and are otherwise very rare guests in brackish faunas. The second peak occurs at 10.5 m and the third one at 4.5 m. All coincide well with a high C/N ratio, which varies from 60 to 90, while averaging between 5 and 10 in the rest of the sediment (fig. 14, table 4).

The contents of each of 11 microelements (Cu, Zn, Pb, Hg, Co, Cd, As, Sb, Fe, Mn, and Pb), determined in the core samples taken from the borehole V-6/79 appear to be geochemical background of the sediment along the Slovene Adriatic shore. The analyses indicate (table 5) that the sediment from the depth of the Sečovlje salt marsh is not polluted. However, the top level of a few centimetres shows somewhat increased amounts of Cu, Zn, Co, Cd, and Sb.

Literatura

- Atterberg, A. 1905, Die rationelle Klassifikation der Sande und Kiese. Chemiker-Zeitung, 15, Heidelberg.
- Beug, H. J. 1977, Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen im Küstenbereich von Istrien (Jugoslawien). Flora, 166, Berlin.
- Brady, H. B., Stewardson & Robertson 1870, The Ostracoda and Foraminifera of Tidal Rivers. Ann. and Mag. Nat. hist. London, Ser. 4. Vol. 6, pp. 273—306.
- Braitsch, O. 1971, Salt deposits. Their origin and composition. Springer Verl., Berlin, 297 s.
- Bremner, J. M. & Keeney, D. R. 1965, Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. Anal. Chem., 32, 485—495.
- Breznik, M. 1956, Geološki in hidrološki opis rudnika Sečovlje s predlogom raziskav za kaptažo vode. 27 s. Arhiv GZL, Ljubljana.
- Byrne, A. R. 1972, Determination of arsenic and antimony in biological materials at sub-ppm level. Anal. Chim. Acta, 59, 91—99.

Byrne, A. R. & Kosta, L. 1974, Simultaneous neutron activation determination of selenium and mercury in biological samples by volatilization. *Talanta*, 21, 1083—1090.

Byrne, A. R. & Vakselj, A. 1974, Rapid NAA of arsenic in a wide range of samples by solvent extraction of the iodide. *Croat. Chim. Acta*, 46, 225—235.

Cimerman, F. & Drobne, K. 1978, Recentne foraminifere v Jadranskem morju. 3. faza: Recentne foraminifere v Piranskem zalivu. 18 str. Rokopisno poročilo, Ljubljana.

Daniels, C. H. v. 1970, Quantitative ökologische Analyse der zeitlichen und räumlichen Verteilung rezenter Foraminiferen im Limski kanal bei Rovinj (nördliche Adria). *Göttinger Arb. Geol. Paläont.* 8, 109 str., 62 sl., 7 tabél, 8 tábel. Göttingen.

Dermelj, M., Ravnik, V., Kosta, L., Byrne, A. R. & Vakselj, A. 1976, Determination of traces in In, Mn, As and Sb in zinc by NAA. *Talanta*, 23, 856—859.

Dermelj, M., Ravnik, V., Kosta, L., 1977, Simultaneous determination of trace elements Cd, Cu and Zn in different environmental samples by neutron activation analysis. *Radiochem. Radioanal. Letters*, 28, 231.

Favero, V. & Stefanon, A. 1980, Würmian to Present Sedimentary Sequence in the Lagoon of Venice from uniboom Records and Boreholes. 27th Congr. Assembl. plén. — Cagliari, Comité de Géol. Géoph. Marines, Cagliari.

Gebelein, C. D. & Hoffman, P. 1973, Algal origin of dolomite laminations in stromatolitic limestone. *Jour. Sed. Petrol.*, 43, 603—613, Tulsa.

Herrmann, A. G., Knake, D., Schneider, J., Peters, H. 1973, Geochemistry of modern seawater and brines from salt pans: main components and bromine distribution. *Contr. Mineral. and Petrol.* 40/1, 1—24.

Keeney, D. R. & Bremner, J. M. 1967, Use of the Coleman model 29 analyzer for total nitrogen analysis of soils. *Soil Science*, 104, 358—363.

Konrad, J. G., Chesters, G. & Keeney, D. R. 1970, Determination of organic and carbonate carbon in freshwater lake sediments by a microcombustion procedure. *J. Therm. Anal.* 2, 199—208.

Kosta, L. & Byrne, A. R., 1969, Activation analysis for mercury in biological samples at nanogram level. *Talanta*, 16, 1297—1303.

Kosta, L., Ravnik, V., Dermelj, M., Pihlar, B., Stegnar, P., Byrne, A. R., Lokar, J., Vakselj, A., Novak, J. & Prosenc, A., 1978 a, Trace elements in marine and river sediments as indicators of the contamination of the Slovene water system. *Vestnik SKD*, 25, 4, 463—493.

Kosta, L., Ravnik, V., Byrne, A. R., Štirn, J., Dermelj, M. & Stegnar, P., 1978 b, Some trace elements in the waters, marine organisms and sediments of the Adriatic by neutron activation analysis. *Jour. of Radionalytical Chemistry*, 44, 317—332, Lausanne.

Krumbein, W. C. 1936, Application of logarithmic moments to size frequency distributions of sediments. *Jour. sediment. Petrol.*, 6, 35—47, Tulsa.

Le Calvez, J. & Le Calvez, Y. 1951, Contribution à l'étude des Foraminifères des eaux saumâtres. I. Etangs de Canet et de Salses. Vie et milieu. *Bulletin du Laboratoire Arago, Université de Paris*, 2, 237—254, Paris.

Loeblich, A. R. & Tappan, H. 1964, Sarcodina, chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida. V: Treatise on Invertebrate Paleontology, R. C. Moore Ed., Part C, Geol. Soc. America and University of Kansas Press, 900 str., 653 sl., Lawrence/Kansas.

Margerel, J.-P. 1970, Aubignyna, nouveau genre de Foraminifères du Pliocène du Bosq d'Aubigny (Manche). *Revue de Micropaléontologie* 13, 55—64, Paris.

Müller, G. 1964, Methoden der Sedimentuntersuchung: Sediment-Petrologie, Teil I. Schweizerbart'sche Verl., Stuttgart, 303 s.

Müller, P. J. 1977, C/N ratios in Pacific deep-sea sediments: Effect of inorganic ammonium and organic nitrogen compounds sorbed by clays. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41, 765—776.

- Orožen-Adamič, M. 1980, Geografske značilnosti poplavnega sveta ob Dragonji in Drnici. Geografski zbornik, 19, leto 1979, SAZU, 159—212, Ljubljana.
- Pahor, M. & Poberaj, T. 1963, Stare piranske soline. Spomeniški vodniki 4, Mladinska knjiga, Ljubljana.
- Paul, J. & Meischner, D. 1976, Heavy Metal Analyses from Sediments of the Adriatic Sea. Senckenbergiana marit., 8, 1/3, 91—102, Frankfurt/M.
- Ranke, U. 1976, The Sediments of the Gulf of Piran (Northern Adriatic Sea). Senckenbergiana marit. 8, 1/3, Frankfurt/M, 23—60.
- Ravnik, V., Dermelj, M. & Kosta, L., 1974, A highly selective diethyldithion-carbamate extraction system in activation analysis of copper, indium, manganese and zinc. J. Radioanal. Chem., 20, 443.
- Ravnik, V., Dermelj, M. & Kosta, L., 1976 a, Determination of some trace elements Fe, Co, Cr, Zn, Mn and In in different series of standard reference samples by NAA. Microchim. Acta, 1, 153.
- Ravnik, V., Dermelj, M. & Kosta, L., 1976 b, A fast isolation and determination of Cd in some fungi, other biological materials, soil and Zn metal by NAA. Radiochem. Radioanal. Letters, 24, 91—102.
- Remane, A. & Schlieper, C. 1971, Biology of Brackish Water. 372 str. E. Schweizerbarth'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Rittenberg, S. C., Emery, K. O., Hülsemann, J., Degens, E. T., Fay, R. C., Reuter, J. H., Grady, J. R., Richardson, S. H. & Bray, E. E. 1963, Biogeochemistry of sediments in experimental Mohole. J. Sed. Petrol., 33, 140—172.
- Rosset-Moulinier, M. 1972, Étude des Foraminifères des côtes nord et ouest de Bretagne. Travaux du Laboratoire de Géologie, 6, École normale supérieure, 225 str., 30 tábel, Paris.
- Schneider, J. 1979, Stromatolitische Milieus in Salinen der Nord-Adria (Sečovelje, Portorož, Jugoslawien); v: Krumbein W. E. (edit.) — Cyanobakterien-Bakterien oder Algen?, Oldenburger Symposium über Cyanobakterien 1977, Universität Oldenburg, 93—106, Oldenburg.
- Silva, J. A. & Bremner, J. M. 1966, Determination of isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 5. Fixed ammonium. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 30, 587—594.
- Stanley, D. J. 1977, Post-miocene depositional patterns and structural displacement in the Mediterranean. V: Nairn A. E. M., Kanes W. H. & Stehli F. G. (eds.) — The ocean basins and margins, Vol. 4A, The Eastern Mediterranean; Plenum Press, New York, 77—150.
- Stegnar, P., Vukadin, I., Smodiš, B., Vakselj, A. & Prosenc, A. 1980, Trace Elements in Sediments and Organisms from Kaštela Bay. Ves Journées Etud. Pollutions, C. I. E. S. M., Cagliari, 595—600.
- Stevenson, F. J. & Cheng, C. N. 1972, Organic geochemistry of the Argentine Basin sediments: carbon-nitrogen relationship and Quaternary correlations. Geochim. Cosmochim. Acta, 36, 653—671.
- Sifrer, M. 1965, Nova geomorfološka dognanja v Koprskem primorju. Geografski zbornik, 9, Ljubljana.
- Trask, P. D. & Patnode, H. W. 1942, Source beds of petroleum: Tulsa, Oklahoma. Am. Assoc. Petroleum Geologists, 506 p.