

UDK 551.782.791.794:56.02(497.12)=863

Paleontološke raziskave pliokvartarne skladovnice velenjske udorine

Paleontological investigations of the Plio-Quaternary beds of the Velenje depression

Aleksander Brezigar

Geološki zavod Ljubljana, Parmova 37, 61000 Ljubljana

Gorazd Kosi in Danijel Vrhovšek

Institut za biologijo Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani,
Aškerčeva 12, 61000 Ljubljana

France Velkovrh

VTO za biologijo, Biotehniška fakulteta, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani,
Aškerčeva 12, 61000 Ljubljana

Kratka vsebina

Paleontološke raziskave velenjske premogonosne skladovnice vključujejo palinološke analize, raziskave malakofavne in analize kremenovih alg. Palinološke analize so potrdile pliocensko starost premogonosnih plasti. Večji del premogove krovnine pripada zgornjemu pliocenu, najvišji del pa villafranckiju. V spodnjem delu skladovnice obstaja iglasta fosilna »Taxodium flora«, ki preide navzgor v oscilacijsko nihanje listavske faze. Malakofavno dobimo v dveh horizontih. Spodnji horizont se nahaja v premogovi plasti in tankem neposrednem krovninskem delu. Najpogostejše vrste so *Valvata (Cincinnati) interposita*, *Prososthenia ovata* in *Planorbis hians*. Zgornji horizont, ki je od spodnjega ločen z debelo skladovnico jezerskih usedlin, pa označujejo *Melanopsis spinicostatus*, *Bithynia* sp., *Pyrgula* sp., *Prososthenia* n. sp. in *Planorbis* n. sp. Pregled kremenastih alg v premogovih krovninskih plasteh je potrdil, da je tam razvit jezerski facies. Tik nad premogom prevladujejo perifitonske vrste, katerim sledijo euplanktonske. V villafranckijskih plasteh pri vrhu skladovnice diatomej nismo našli. Paleontološke preiskave so vključevale še pregled pojavov makroflоре, analize ostrakodov ter pregled ostankov sesalcev.

Pojasnilo: Prispevek »Paleontološke raziskave pliokvartarne skladovnice velenjske udorine« je bil podan na Simpoziju o geologiji Saleške kotline v Titovem Velenju leta 1983. V skrajšani obliki je pod istim naslovom izšel v Geološkem zborniku 3, 1983, Odsek za geologijo, Ljubljana, v celoti pa naj bi izšel v Geološkem zborniku 6. Ker ta zaradi denarnih težav ni izšel, objavljamo celoto šele sedaj. Prispevek podaja stanje raziskav v letu 1983 in ga kasneje nismo spreminjali.

Abstract

Paleontological research of the Velenje coal measure sequence includes the palynological examinations, the investigations of malacofauna and the analyses of diatoms. The pollen analyses confirmed the Pliocene age of the coal measures. The majority of the hanging wall strata belong to Upper Pliocene, its topmost part to Villafranchian. The coniferous type "Taxodium flora" in the lower part of the Pliocene sequence yields place upwards to the oscillatory presence of foliage plants. The analysis of malacofauna permitted the identification of lower horizon, encompassing the coal seam and a portion of succession just above it, marked by the association of *Valvata (Cincinnati) interposita*, *Prososthenia ovata* and *Planorbis hians*. An upper horizon, which is separated from the former by a thick succession of limnic sediments, is characterised by *Melanopsis spinicostatus*, *Bithynia* sp., *Pyrgula* sp., *Prososthenia* n. sp. and *Planorbis* n. sp. The study of diatoms proved the presence of aquatic (limnic) facies. The perifitonic species prevail just above the coal seam, followed up by an euplanctonic suite. No diatoms were detected just at the top of the sequence in Villafranchian. The paleontological investigations included also a short account of macroflora, the analyses of ostracods and a review of mammals' rests.

Uvod

V letih od 1980 do 1982 smo izvedli obširne raziskave velenjske premogonosne skladovnice, med njimi tudi paleontološke. Že raziskovalci iz prejšnjih obdobjev so dognali, da gre večinoma za sladkovodni močvirski in jezerski razvoj plasti s fluvialnimi vložki. Dalj časa že tudi uvrščajo plasti v pliocen, leta 1964 pa so z najdbo mastodontov v vrhnjem delu skladovnice dokazali villafranckij. Ni pa bil jasen prehod iz pliocena v villafranckij, pomanjkljivi so bili tudi kriteriji za povezovanje posameznih členov v skladovnici. Zato smo leta 1980 začeli s sedimentološkimi raziskavami, katerih osnova so bile paleontološke raziskave.

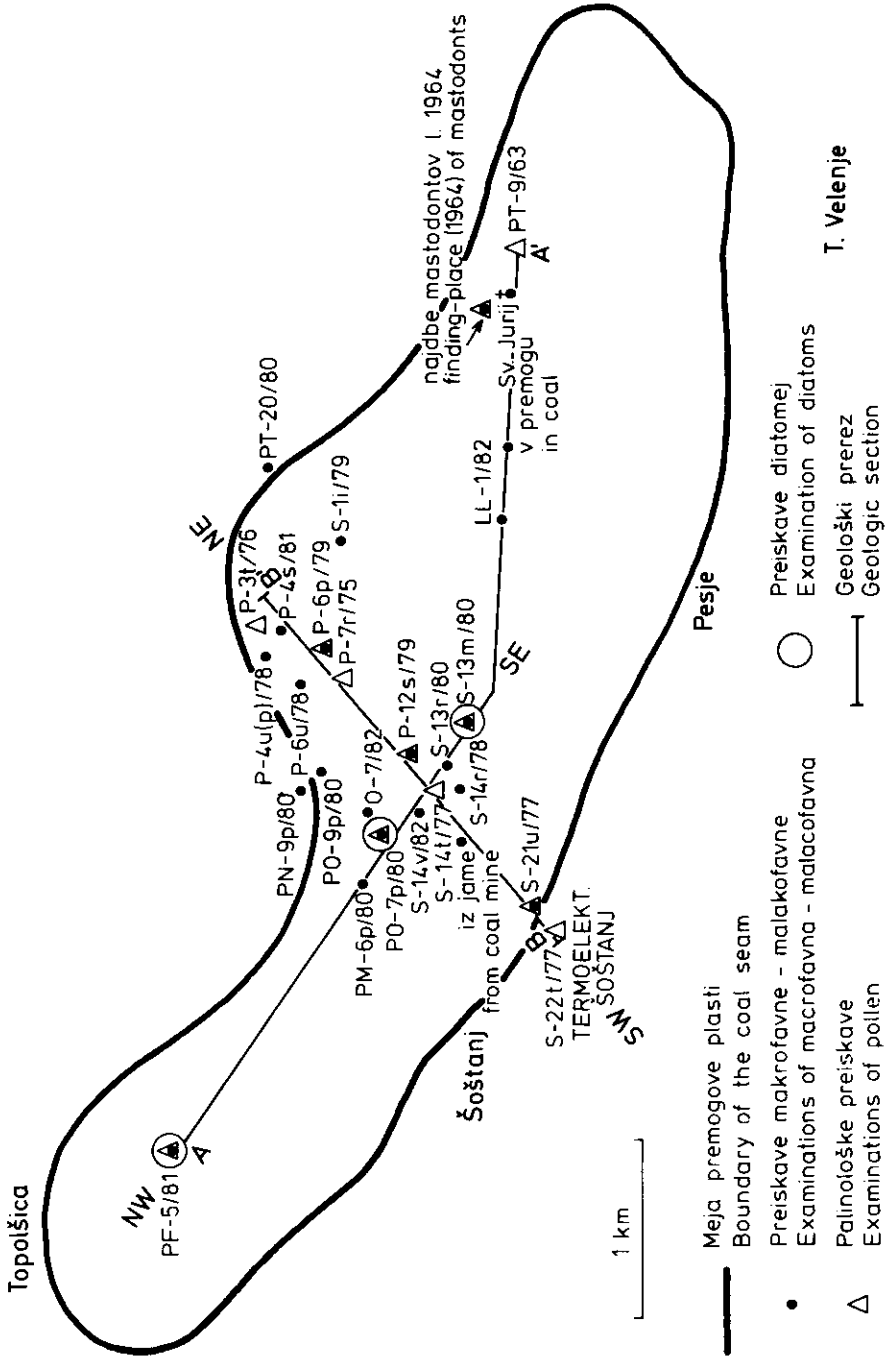
Paleontološke raziskave so zajele palinološke analize, malakofavno, analize kremenastih alg in druge fosilne ostanke. Raziskovali smo jedra vrtin. Položaji vrtin s posameznimi raziskavami so prikazani glede na lego premoga v Šaleški dolini na sliki 1. Palinološke analize vzorcev je opravil dr. A. Šercelj, ki podaja svojo razpravo posebej v tej številki Geologije.

Villafranckij postajamo v pleistocen. Ime pliokvartar uporabljajo v tolmču za list Slovenj Gradec (Mioč, 1978, 42) in s tem označujejo villafranckijske fluvialne peske in peščene gline pri vrhu velenjske skladovnice. Izraz pa je uporabljen tudi za starostno označbo neotektonskih udorin v obliki »Pliokvartarni bazeni« (Mioč, 1978, 50, 52). Zato že nekaj časa označujemo celotno velenjsko skladovnico kot pliokvartarno. V tej razpravi sta pod pliokvartarjem mišljena villafranckij in del pliocena skupaj.

Dosedanje raziskave

Aleksander Brezigar

Na poti od Sentvida do Šoštanja je nekje na področju današnjih Raven Studer (1829, 750) opisal nizke griče iz sive gline in jih domnevno uvrstil v diluvij. Boué je leta 1835 (Rolle, 1860, 4) omenjal laporje z lignitom in s polži ter školjkami iz skupin Planorbidae, Paludinae in Limnaeidae.



Sl. 1. Položajna karta raziskanih vzorcev
Fig. 1. Location map of examined samples

Rolle (1857, 448) je pisal o sladkovodnih plasteh z mehkužci, posebno s paludinami. Uvrstil jih je v starejši terciar s pripombo, da bi jih po zunanosti lahko dali tudi v mlajši terciar.

Se danes je pomembna Rollejeva razprava iz leta 1860, kjer je opisal geološke razmere Šaleške doline in okolice ter obdelal mehkužce. Navaja tri nahajališča fosilnih mehkužcev. Prvo je bilo pri Šoštanjju, kjer je določil polže *Planorbis nitidus* Müller, *Planorbis umbilicatus* Müller, *Planorbis crista* Linne, *Planorbis hians* Rolle, *Paludina (Bithynia) ungeri* Rolle, *Paludina (Hydrobia) limnicola* Rolle in školjko *Anodonta limnicola* Rolle. Pri nekdanji cerkvi Sv. Jurij pri Škalah (»škalska cerkev«) je našel polža *Melanopsis spinicostatus* Rolle, pri Pesju pa polža *Planorbis hoernesii* Rolle in *Valvata stiriaca* Rolle. Skupaj je določil 10 vrst mehkužcev, omenja pa še ostanke rib. Sklepal je, da so »šoštanjске plasti« s premogom nastale pred poledenitvami v kvartarju in po mlajšem terciarju. Z izjemo diluvialnih usedlin jih je imel za najmlajše na tedanjem Štajerskem in naj bi bile celo mlajše od plasti v Dunajski kotlini, morda enako stare ali še mlajše kot plasti pri Moosbrunnu pri Dunaju. Plasti z melanopsidi pri škalski cerkvi ter laporje in gline z lignitom pri kmetu Lukežu (današnje Lazišče) ter pri Sv. Martinu (Smartin) je na strani 19 uvrstil v zgornji pliocen. V isti razpravi je dodana priloga Ungerja, ki je paleontološko obdelal makro in mikrofloro. Tako je pri Pesju določil algi *Chara esheri* Alex. Braun in *Chara stiriaca* Unger ter grm *Viburnum paradisiacum* Unger. Pri Škalah je določil drevo *Rhus meriani* Heer. Mikroskopske analize premoga so pokazale, da je le-ta nastal večinoma iz iglavcev. Med njimi omenja *Peuce acerosa*.

»Šoštanjsko lignitno nahajališče« so kasnejši raziskovalci primerjali s plastmi pri Moosbrunnu (Stur, 1871, 611; Hoernes, 1903, 1013), kar je Rakovec (1968 a, 325) ovrgel z utemeljitvijo, da so le-te spodnjepliocenske starosti.

Z najdbo ostankov *Tapirus hungaricus* H. v. Meyer je Teller (1889) potrdil pliocensko starost premogove krovnine. To vrsto imajo danes za sinonim vrste *Tapirus arvernensis* Croiz. et Job. (Rakovec, 1968 a, 303). Njegove ostanke so leta 1888 našli pri gradnji izvoznega jaška Franc Jožef (danes stari jašek Skale) na globini 60 metrov, to je 82 metrov nad premogovo plastjo.

Na odvalu istega jaška so okrog 1890 našli fragment zgornjega molarja, ki naj bi izviral iz iste krovnine kot tapir. Teller (1891) ga je pripisal vrsti *Mastodon arvernensis* Croiz. et Job., kar je danes *Bunolophodon arvernensis* Croiz. et Job. (Rakovec, 1968 a, 301). Vendar je zaradi slabe ohranjenosti določitev nezanesljiva.

Leta 1898 je izšel Tellerjev vodnik h geološkemu zemljevidu Mozirje. V njem je peščen in prodnat pokrov pri vrhu skladovnice opisan ločeno od »šoštanjskih plasti« s premogom. Ta pokrov je Teller označil kot »starejše fluvialne usedline porečja Savinje« pliocenske starosti ter navedel nahajališča pri škalski cerkvi, Škalskih Cirkovcah in drugod. Za področje pri škalski cerkvi je zapisal, da leži prodnat pokrov nad laporjem s polžem *Melanopsis spinicostatus* (Teller, 1898, 125). Enaki opisi so v njegovem vodniku iz leta 1896 (Teller, 1896).

Po Rakovcu (1951 b, 176) podajamo, da sta starost premogove krovnine določala še Schlesinger in Vettters. Prvi ji je pripisal srednjeplio-

censko starost, drugi (1947, 21) pa mladopliocensko. Rakovec (1968 a, 325, 301) pravi, da sta Bach in Schlesinger skladovnico postavila v levantin. Vendar je Schlesinger levantin postavljajal v srednji pliocen, Bach pa v spodnjega. Schlesinger tudi pravi, da je vrsta *Bithynia ungeri* iz velenjske krovnine enaka vrsti *B. ventricosa* Gray iz lignitov v Cluju v Romuniji in da so v obeh premogovih kotlinah skupne še vrste *Planorbis hians*, *P. crista* in *Chara esheri* (cf. Rakovec, 1968 a, 325).

Petrascheck (1926 29, 324) je celotno premogonosno skladovnico označil kot levantinsko.

Leta 1933 je Rakovec pisal o srednjepliocenski (levantinski) krovnini premoga, fluvialne usedline v pokrovu pa je primerjal z belvederskim prodrom pri Dunaju iz srednjega in zgornjega pliocena. O srednjepliocenskih premogonosnih plasteh govorita tudi Rijavec (1951, 61) in Pleničar (1956, 57).

Rakovec (1933, 174; 1951 a, 16) je po Rolleju (1860) povzel opis mehkužcev in pri nekaterih uporabljal drugačno nomenklaturu. Brez točnega položaja najdbe je navedel še prisotnost školjke *Unio batavus* Partsch, polža *Lymnaea* sp., ostanke ostrakodov in rib. Rolle (1860, 39) kot Rakovec (1951 a, 17) sta poudarila, da kažejo melanopsidi na tekočo vodo, *Bulimus* (*Bithynia*), *Planorbis* in *Valvata* pa na stoječo vodo.

Tudi Rijavec (1951, 60) je povzela seznam fosilnih ostankov po Rolleju (1860) in Tellerju (1889, 1891), določila pa je še školjko *Pisidium* sp. ter dva primerka polžev rodu *Nerithodonta*.

Kvalitativne palinološke analize so opravili Weyland in sodelavci (1958, 77). V temno sivem vzorcu z lignitom so določili pelod številnih iglavcev, listavcev in drugih rastlin.

Osnova za stratigrafsko določitev velenjske skladovnice sta deli Rakovca (1968 a) in Serclja (1968). Rakovec je paleontološko obdelal ostanke sesalcev, ki so jih leta 1964 našli pri razkrivanju površine (Drobne et al., 1964; Pohar, 1965). Ostanke so ležali v severovzhodnem delu Šaleške doline na pobočju, kjer je nekoč stala škalska cerkev (Sv. Jurij), točneje kakih 190 m severozahodno od te cerkve (sl. 1). Raztreseni so bili v različnih nadmorskih višinah od +387 do +410 m v peščenih in glinastopeščenih usedlinah rumenkaste in zeleno sive barve (Drobne, 1967, 311). Pod glavnim nahajališčem, to je od kote +387 do +394 metrov, je Serclj (1968, 388) omenil številne lupinice moluskov in ostankov apnenih alg, ki so ležali v sivi karbonatni glini. Tako smemo sklepati, da je nekdanji Rollejev horizont z melanopsidi pri škalski cerkvi (nadmorska višina +440 m) biostratigrafsko enak horizontu z zgoraj opisanimi moluski. Glavno mastodontovo nahajališče je torej ležalo tik nad plastjo z moluski in sicer na nadmorski višini +400 metrov.

Rakovec je določil mastodonta *Bunolophodon* (*Anancus*) *arvernensis* Croiz. et Job. in *Zygodolophodon borsoni* Hays, nahajališče pa uvrstil v spodnji villafrankij. S palinološkimi analizami je to starost potrdil tudi Serclj (1968). Ta je mastodontovo nahajališče ločil na tri dele. V spodnjem delu (+387 do +399 m) prevladujejo iglavci, posebno smreka (*Picea*) in bor (*Pinus*). Smreka je dosegla okrog 40 % vrednosti. Že na področju mastodontovega nahajališča na koti okrog +398 m njena vrednost pade na 25 %. Srednji odsek od 399 do 405 m višine je sterilan, v zgornjem odseku od +405 do +410 m pa prevladuje

jelša (*Alnus*). Različne vrste jelše dosežejo tudi nad 50 % skupne vrednosti drevesnih pelodov, medtem ko doseže smreka le še okrog 10 %.

Šercelj je palinološko preiskal tudi vrtino PT-9 63 okrog 450 metrov južnovzhodno od nahajališča mastodontov III, z ustjem na koti +392 m. Pričakovali so, da bodo dokazali zvezni prehod med pliocenom in pleistocenom, kar pa se ni zgodilo. 160 m dolg odsek od površine skozi premog do glinaste talnine premoga je bil uvrščen v zgornji pliocen (Šercelj, 1968, 379 in 393). Vrtina PT-9 63 je bila globoka 210,8 m, na 194,3 m je naletela na triadno podlagc. Premog v tej vrtini je ležal od globine 143,8 do 168,3 m. Stratigrafsko neuvrščeneh je torej ostalo 26 metrov talninske gline.

Zgornjepliocensko skladovnico v vrtini PT-9 63 je Šercelj razdelil na odseka A in B, odsek B pa še na pet pododsekov. Za odsek A (160 do 115 m) je navedel kot značilno iglasto termofilno fazo deloma še terciarnega značaja. Prevladujeta smreka (*Picea*) in bor (*Pinus*). Pojavljajo se še drugi iglavci, katerih vrednost ni velika, kažejo pa na vegetacijsko sestavo odmirajoče »*Taxodium* flore«. Za odsek B (115 do 7,7 m) so značilna oscilacijska nihanja listavske faze, v kateri je postajala vse pomembnejša bukev (*Fagus*). Od nekaj odstotkov je njena vrednost proti vrhu narasla na 30 % skupne vrednosti drevesnih pelodov. V vrtini PT-9 63 je Šercelj našel še zeleno algo *Botryococcus* sp., ki je najpogostejša v zgornjem delu njegovega odseka B.

O velenjskih mastodontih in pelodnih analizah so razpravljali še večkrat (Rakovec, 1968 b; 1970 in 1973; Marković-Marjanović, 1977).

Mikuž in Pavšič (1980) poročata o novi najdbi tapirja. Njegove ostanke so našli pri kopanju prezračevalnega jaška Šoštanj (blizu vrtine S-22t 77) na globini 125 m.

Paleontološke raziskave

Malakofavna

Aleksander Brezigar in France Velkovrh

Malakofavna nastopa v dveh odsekih, ki sta ločena z debelo sterilno skladovnico. V zgornjem odseku ležijo fosilni ostanki malakofavne v glini in melju, v spodnjem pa v trdnem laporju ali laporastem glinovcu. Zgornji odsek kamnin z malakofavno označujemo s črko E, spodnji pa z A. Ostanke lahko večinoma razločujemo že makroskopsko.

Vrste smo določevali po naslednji literaturi: Bukowski (1896), Brusina (1897, 1902), Fuchs (1877), Esu et Girotti (1974), Ložek (1964), Wenz (1923—30) in Rolle (1860).

Zgornji odsek z malakofavno E delimo na tri pododseke:

- E₃ V najmlajšem pododseku nastopajo izluščene hišice *Melanopsis spinicostatus*. Najdene so bile v vrtini P-6p 79 na globini 73 m (sl. 1) in pri Sv. Juriju v Skaluh (Rolle, 1860).
- E₂ Sledi pododsek, kjer so melanopsidi v združbi z drugimi polži. To opazujemo v vrtini PF-5 81 na globini 16 do 40 m. Združbo sestavljajo *Bithynia ungeri*, *Melanopsis spinicostatus*, *Prososthenia* sp., *Lymnaea* sp., *Planorbis hians*, *Planorbis* n. sp., *Valvata* sp., *Pyrgula* sp. in školjka *Pisidium* sp. Pri polžih *Bithynia ungeri* so bili najdeni večinoma pokrovčki, zelo redko hišice. Celotna združba nastopa le na obrobju nekdanjega jezera. Primerjamo jo lahko z Rollejevima najdiščema pri Šoštanju in Pesju.

*E*₁ V najstarejšem pododseku *E*₁ najdemo samo pokrovčke polžev. Ti so obstojnejši kot hišice in se zato lažje ohranijo. Natančnejša determinacija ni možna, vendar so si navidezno podobni. Pripisujemo jih vrsti *Bithynia ungeri*. Ta pododsek nastopa v mnogih vrtinah tako na sredini udorine kot na obrobju. Na sredini udorine je razvit samo pododsek *E*₁, torej brez pododseka *E*₂, na robovih pa kot nadaljevanje pododseka *E*₂. Možno je, da so bili pokrovčki pododseka *E*₁ prinešeni z obal v globlje dele nekdanjega jezera in da torej v tem primeru ne gre za fosile na primarnem mestu.

Tudi spodnji odsek A delimo na tri pododseke:

*A*₃ Za zgornji pododsek je značilna vrsta *Prososthenia oblonga* Bronn. Zaenkrat je bila najdena le v vrtinah PF-5 81 in PT-20 81, torej bolj na obrobju. Spremljata jo vrsti *Prososthenia ovata* Bronn in *Valvata (Cincinna) interposita* Stefani, katera je lahko velika do 6 mm. Ponekod nastopajo še *Planorbis hians*, *Limnaea* sp., *Gyraulus* sp., *Planorbis* sp. in Unionidae. Opisana združba leži nad premogom in v zgornjem delu premogove plasti (sl. 10, vrtina PF-5 81, vzorec iz globine 231,5 m).

*A*₂ V tem pododseku nastopajo vrste *Valvata (Cincinna) interposita* (osebki veliki okrog 2 mm), *Prososthenia ovata* in *Planorbis hians*. Ta biocona preide navzdol v biocono z enako sestavo, le da je zraven še katera starejša, sicer redka, vendar značilna vrsta. Določene so bile *?Tanousia* sp., *?Sandria* sp. in *Valvata cristata* O. F. Müller. Pododsek *A*₂ je bil ugotovljen v številnih vrtinah v osrednjem delu nekdanjega jezera predvsem tik nad premogom, v bolj cbrobnih legah pa tudi v zgornjem delu premogove plasti (npr. PM-6p 80, globina 480,4 m).

V zgornjem delu premogove plasti so v posameznih vrtinah nekatere posebnosti. V vrtini S-13r 80 na globini 459 m je najpogostejša *Valvata (Cincinna) interposita*, vendar spet velika oblika (do 4,5 mm), ki jo spremljata *Prososthenia ovata* in *Planorbis hians*. V vrtini PO-9p 80 so na globini 433,2 do 436,9 m le veliki osebki *Valvata (Cincinna) interposita*.

*A*₁ V trdnih lapornih vložkih med premogom najdemo več kot 1 cm velike polže iz družine Planorbidae. Zaradi močnih pritiskov so ponekod popolnoma sploščeni. Določili smo *Planorbarius* sp. in *Carinogyraulus* sp. Pogosti so tudi ostanki školjk.

Na slikah 2 in 3 sta prikazani *Valvata (Cincinna) interposita* in *Prososthenia ovata* kot najpogostejši vrsti v premogovi krovlini. Mehkužce je fotografiral F. Velkovrh.

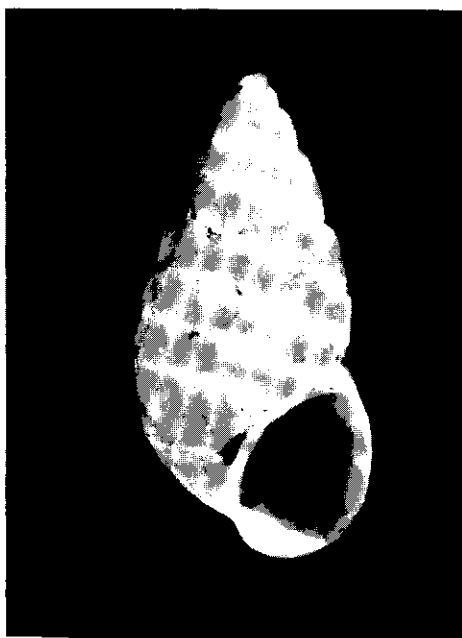
Kremenaste alge

Danijel Vrhovšek in Gorazd Kosi

Pri oceni paleoekoloških pogojev pogosto uporabljajo podatke o fosilnih in subfosilnih kremenastih algah oz. diatomejah (Stockner, 1972). Poleg nekaterih drugih skupin alg so kremenaste alge v sedimentih jezer najbolj ohranjene in so zato tudi najpomembnejše za paleolimnološke raziskave (Bradbury, 1975). Njihova prisotnost v nekaterih sedimentih omogoča ob poznavanju njihove ekologije vpogled v tedanje življenjske, podnebne in druge razmere (Palmer, 1969). Delno spoznamo tudi ontogenetsko stanje vodnega biotopa.



Sl. 2 — Fig. 2
Valvata (Cincinna) interposita Stefani, $\times 15$
Vrtina P-4up/78, globina 272 m
Borehole P-4up/78, depth 272 m



Sl. 3 — Fig. 3
Prososthenia ovata Bronn, $\times 15$
Vrtina P-4u/78, globina 274 m
Borehole P-4u/78, depth 274 m

Z našimi raziskavami smo želeli ugotoviti vrstno sestavo, število in zaporedje pojavljanja posameznih vrst v treh vrtinah. Zasledovali smo spreminjanje ontogeneze tedanjega vodnega biotopa. Zaradi težav pri taksonomski obdelavi kremenskih alg smo podrobneje pregledali le vrste, ki so se pojavljale v večjem številu.

Metodika

Pod vodstvom dr. Bogomirja Jelena, dipl. ing. geol., je vzorce za mikroskopsko obdelavo pripravila Marija Horvat, geol. teh. Vzorce smo nato razredčili z destilirano vodo do 100 ml. Na objektno stekelce smo kanili 0,2 ml homogenega vzorca, ga posušili in dodali euparal. V tako pripravljenih trajnih preparatih smo kremenaste alge določevali in šteli pod svetlobnim mikroskopom. Število alg smo preračunali na 100 ml vzorca. Za determinacijo in slikanje vrst smo uporabili vrstični elektronski mikroskop z Instituta za biologijo v Ljubljani. Nekaj primerov teh alg je prikazanih na slikah 4, 5 in 6, fotografirala jih je Olga Urbanc-Berčič. Slika 7 prikazuje diatomeje v zbrusku iz trdnega laporja.

Kremenaste alge smo določevali po naslednji literaturi: Lowe (1974), Hawthorth (1976) in Marciniak (1969). Ekološke značilnosti pa smo primerjali s podatki, ki jih navajajo Crabtree (1969), Davidova (1969), Przybyłowska-Lange (1978) in Rehakova (1983).

Opazovanja

V spodnjih plasteh vrtine S-13m 80 (sl. 8 a) od 453,0 do 413,5 m prevladujejo *Fragilaria* sp., *Epithemia* sp. in *Cymbella* sp. To so alkalofilne in perifitonske alge, značilne za močvirja ali nizka jezera, kjer jim svetloba omogoča rast po dnu. *Epithemia* sp. in *Cymbella* sp. so številčno močno zastopane samo v najnižji plasti (453,0 m), v višjih plasteh pa v neznatnih količinah ali jih ni. Planktonske diatomeje, ki so značilne za globlja jezera, se začno pojavljati množično v plasti, kjer se zniža množina perifitonskih vrst (394,0 m). Od tu navzgor so številčnejše samo planktonske vrste. Najprej se pojavi *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz, ki je neodvisna od pH in je značilna za oligotrofna jezera zmernega pasu. Prisotna je v celotnem profilu, največ pa je med 394,0 in 288,0 m. Skupaj z njo nastopa diatomeja *Melosira granulata* Ralfs, ki je tudi neodvisna od pH in je značilna za eutrofna jezera. Veliko je je pri 385,0, 369,0 in 361,7 m, v neznatnih količinah pa do 288,0 m. Od 277,6 m navzgor je *Cyclotella comta* redkejša, vrste *Melosira granulata* ni več, pač pa se razvije *Cyclotella kützingiana* Twait. Ta se potem pojavlja do 227,0 m, še višje pa jo zamenja *Cyclotella ocellata* Pant. Zadnji dve sta značilni planktonski vrsti eutrofnih jezer neodvisni od pH.

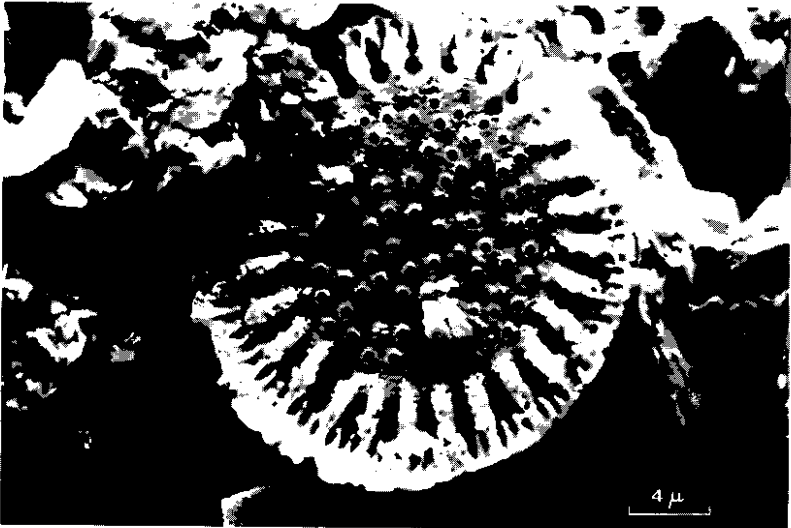
V vrtini PO-7p 80 (sl. 8 b) dobimo podobno zaporedje. V najnižjih plasteh (465,8 m) je največ ostankov rodov *Fragilaria* sp. in *Epithemia* sp. Na 446,0 m jim sledi *Melosira granulata*. Višji vzorci do globine 296,8 m vsebujejo vrsto *Cyclotella comta*, ki je najpogostejša pri 338,0 m. Pri 296,8 m jo zamenja *Cyclotella kützingiana*.

V vrtini PF-5 81 (sl. 8 c) je spet podobno zaporedje vrst kot pri prejšnjih dveh vrtinah, vendar ne v istih globinah. Pri 228,0 m opazimo masovno nastopanje alg *Fragilaria* sp., *Epithemia* sp. in *Cymbella* sp. Nekoliko višje pri 225,0 m prevlada *Melosira granulata*, še višje pa vrste iz rodu *Cyclotella*.



Sl. 4. Planktonska diatomeja *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz.

Fig. 4. Planctonic diatom *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz.



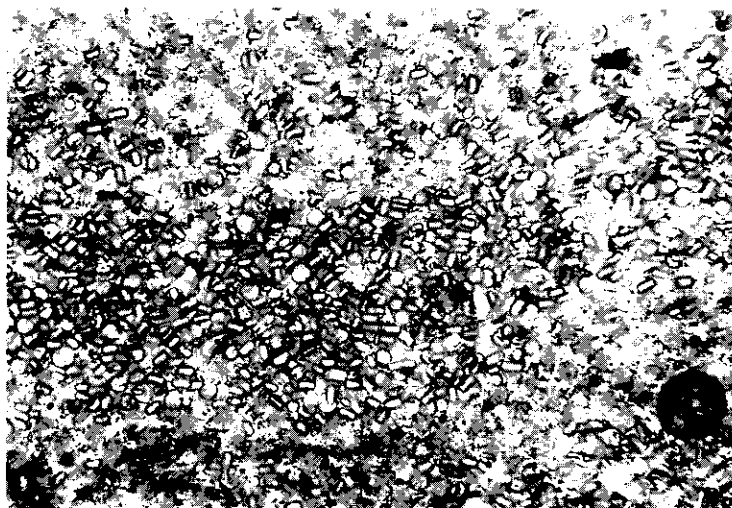
Sl. 5. Planktonska diatomeja *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz.

Fig. 5. Planctonic diatom *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz.



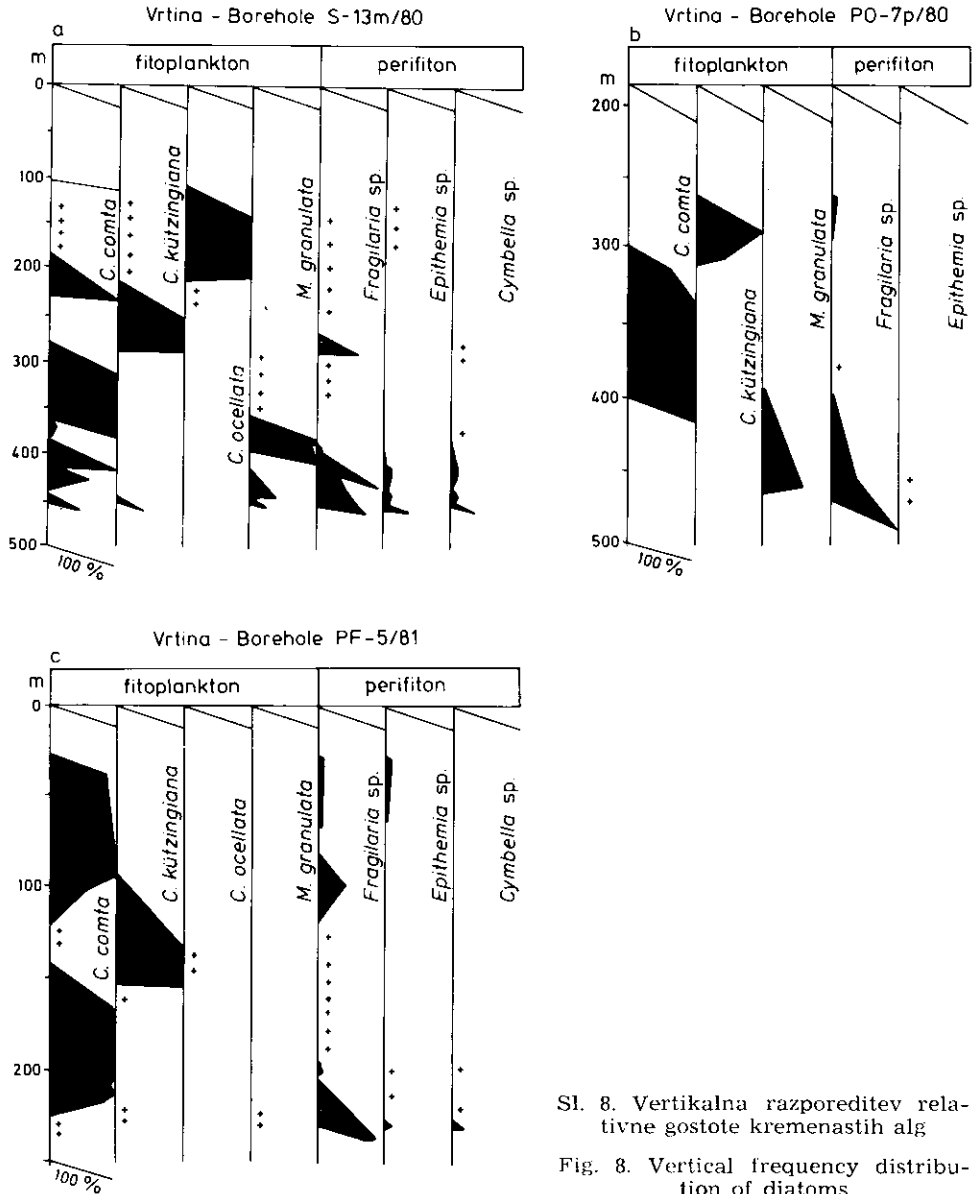
Sl. 6. Planktonski algi *Melosira granulata* Ralfs in *Cyclotella ocellata* Pant

Fig. 6. Planctonic algae *Melosira granulata* Ralfs and *Cyclotella ocellata* Pant



Sl. 7. Diatomeje in piritna sferula v trdnem laporju, $\times 65$
Vrtina S-13m/80, globina 346,6 m

Fig. 7. Diatoms and spherule of pyrite in firm marl, $\times 65$
Borehole S-13m/80, depth 346.6 m



Sl. 8. Vertikalna razporeditev relativne gostote kremenastih alg

Fig. 8. Vertical frequency distribution of diatoms

Zaključek

V vseh treh vrtnah je enako zaporedje pojavljanja alg. V spodnjih plasteh so vselej alkalofilne perifitonske vrste značilne za začetno fazo jezerskega razvoja ali za močvirja in nizka jezera. To so *Fragilaria* sp., *Epithemia* sp. in *Cymbella* sp. Sledijo značilne planktonske alge globljih oligotrofnih (*Cyclotella comta*) in eutrofnih jezer (*Melosira granulata*). Proti vrhu se jim pridružita *Cyclotella kützingiana* in *Cyclotella ocellata*, ki sta predstavnici eutrofnih jezer. Spodnja plast s perifitonskimi algami je pri vrtini S-13m 80 med 453,0 in 413,0 m, pri vrtini PO-7p 80 med 465,0 in 446,0 m, pri vrtini PF-5 81 pa med 228,0 in 225,0 m.

Ostali fosilni ostanki

Aleksander Brezigar

Iz krovnine premoga smo preiskali tudi ostrakode. Vzorce je preiskala Živadina Škerlj, dipl. ing. geol. Ostrakodi so slabo ohranjeni in jih ni bilo mogoče natančneje določiti. Ugotovljen je bil le rod *Candona*. Večina lupin je od juvenilnih oblik. Rakci so se plazili po vodnih rastlinah ali so kopali po melju. Živel so na peščenem ali meljastem jezerskem dnu v relativno hladni in plitvi obalni vodi.

V glincvih in meljevcih z masivno teksturo se pojavljajo ostanki listov, ki so poogleneli ali ohranjeni kot odtisi. Z izjemo Rollejevega prispevka (1860) paleontološko še niso obdelani. Skupaj z listi najdemo ostanke semen, redkeje vejic, iglic in podobno. Zanimivo je, da so iglice redke, čeprav so v okolici tedaj prevladovali iglavci.

V talnini in pleistocenskem delu krovnine (sl. 9) najdemo subvertikalne ostanke tankih rastlinskih stebelc. V talnini so navadno obdani s sideritno oblogo. Globlje v talnini in visoko v pleistocenski krovlini pa nastopajo le debele pooglenele veje.

V paleontoloških izpirkih so ribje koščice, luske, zobje in vretenca. Najdemo jih v celotnem jezerskem razvoju krovnine. V odsekih z mehkužci redno nastopajo še alge *Chara* sp. Posamezne morda presedimentirane primerke najdemo tudi drugod. Prevleke alg so ponekod vidne že makroskopsko.

V pliocenskih vzorcih iz južnega dela udorine (npr. S-21u 77) so pogoste presedimentirane in poškodovane foraminifere oligomiocenske (egerijske) starosti. Izredno redke so kosti sesalcev. Večino so jih našli v krovlini, zelo redko so tudi v premogu.

Fosili v velenjski skladovnici

Aleksander Brezigar

Tu povzemamo izsledke iz predhodnih poglavij in iz literaturnih virov. Rezultate starejših raziskav smo rekonstruirali in jih uporabili pri raziskavah v velenjski skladovnici. Paleontološkim podatkom smo dodali kratke litološke opise prikamnin. Razvrstitev fosilov in litološki opis kamnin v velenjski skladovnici prikazuje slika 9.

V velenjski skladovnici so posamezni členi označeni z rimskimi številkami in velikimi črkami. Prehodi so postopni. Oster prehod je le med premogom

BAZALNE PLASTI BASAL BEDS	NEPOSREDNA TALNINA FOOT WALL	PREMORGOV HORIZONT COAL HORIZON	PLIOCENSKA KROVNINA PLIOCENE HANGING WALL				PLEISTOCENSKA KROVNINA PLEISTOCENE HANGING WALL	RECENT							
debeloklastične meljaste usedline silty sediments with coarse clastics	zeleni peščeni melj green sandy silt	jalovinski premog mineral rich matter	glinovec claystone	masiven glinovec, pesek massive and laminar massive clay- stone and sand	melj in pesek silt and sand	zeleni in rumeni peščeni green and yellow sandy silt, coal		Litološki opis Lithologic description							
I	II	III	A	B	C	D	E	F	G	H					
150	250	56	160	30	120	100	100	100	50	40	15	5			
kopno terrestrial		močvirsko marshy "Taxodium flora"			jezersko lacustrine	ZGORNJI PIOCEN UPPER PIOCENE	VILLAFRANCIAN VILLAFRAN- CHIAN		HOLO- CENE						
														Sedimentaciji, okolje Depositional environment	
														Floristični razvoj Pollen	
														Ostanki listov Remains of leaves	
														Pokrobná rastl. stebelca Small vertical plant stems	
														Chara sp.	
														Kremenaste alge Diatoms	
														Betryococcus sp.	
															Sesalci Mammals
															Zyglophadon sp., Bunelaphadon sp.
															Ribe Pisces
															Malakofavna Malacofavna
															Ostrakodi Ostracoda

Sl. 9. Geološki stolpec s fosili
Fig. 9. Geologic column with fossil remains

in krvnino. Med podlago in premogonosno skladovnico je tektonsko erozijska diskordanca.

Nad predpliocensko podlago leže bazalne plasti oz. bazalni odsek, ki ga označujemo z rimsko številko I. V njem so zelenkasti peščeni melj, meljasti peščeni prod in meljasti pesek, v najnižjem delu pa dobimo skalnate samice in odlomke iz okoliških predpliocenskih kamnin. Debelino odseka cenimo okoli 150 m. Od makroskopskih fosilnih ostankov najdemo v tem odseku le posamezne pooglenele veje, kamnine so pelodno sterilne. Plasti bazalnega odseka so nastale na kopnem.

V neposredni talnini z oznako II se povprečna zrnatost usedlin zmanjša. Se vedno nastopajo zeleni peščeni melji in zelene peščene glin, poleg njih pa še sive glin in posamezne pole premogove glin. V melju in glini so peščena zrna razvrščena brez reda. Te plasti so na sredini udorine debele okrog 250 m. Tudi v neposredni talnini je malo fosilov. Pogosti so le poogleneli odlomki vej. V meljih in glinah so ponekod okrog 1 mm debela subvertikalna rastlinska stebelca. Preizkušanci tega odseka iz vrtine P-7r 75 so bili pelodno sterilni. Na južnem obrobju so bile najdene v teh plasteh presedimentirane foraminifere in drugi fosilni ostanki. Le-ti so tudi v krovninskih plasteh, ker pa predstavljajo alohtone fosile, jih ne bomo več omenjali. Plasti neposredne talnine tvorijo prehod iz kopnega v močvirje.

Premogov horizont delimo na spodnji jalovinasti del (III), debel do 50 m in zgornji kvaliteten oz. čisti odsek (0), debel do 160 m. V jalovinskem delu se izmenjujejo premog, premogova glina in siva glina z vložki zelenega peščenega melja. V kvalitetnem odseku je premog brez jalovinastih vložkov. Poredka izjema je trden lapor sive ali rumeno oranžne barve. V premogu smo našli nedoločljive kosti sesalcev, v tankih lapornih vložkih pa velike polže iz družine Planorbidae ter lupine školjk. V zgornjem delu premogove plasti so ostanki *Planorbis* sp. in *Valvata interposita*. Pri vrhu premoga v robnih severnih delih kadunje se pojavljajo laporji z biocenozo, ki je enaka oni v neposredni krovnini. V njih ležijo torej ostanki rib, makrofavne, kremenastih alg in alge *Chara* sp. Palinološke analize kažejo, da je premog nastal v subtropskem močvirju »*Taxodium flore*«, jalovinasti laporni vložki pa v plitvih sladkovodnih mlakah.

Nad premogom leži do 5 m debela plast rumenooranžnega dokaj trdnega laporja z makrofavno (A), ki se ponekod pojavlja tudi kot laporasti glinovec. Med polži so značilne vrste *Valvata (Cincinna) interposita*, *Prososthenia ovata* in *Planorbis hians*. Spremljajo jih še druge vrste polžev ter školjke iz družine Unionidae, dalje ostrakodi, *Chara stiriaca* in *Chara esheri* ter ribji zobje in koščice. Množično nastopajo perifitonske vrste kremenastih alg *Fragilaria* sp., *Epithemia* sp. in *Cymbella* sp. Ugotovljena je bila tudi zelena alga *Botryococcus* sp. Ker živijo polži in školjke današnjih jezer pretežno v litoralu, to je do globine okrog 10 m (K u k a l, 1971), smemo sklepati, da je nastala plast A v plitvem sladkovodnem jezeru. Tudi perifitonske kremenaste alge kažejo na enako okolje.

Navzgor sledi debela skladovnica iz sivega glinovca z masivno tekturno (B in D), z ostanki listov ter školjkastim ali nepravilnim lomom. V sredini te skladovnice je debel odsek glinovca z laminirano plastovitostjo (C). Posebno v zgornji polovici te debele skladovnice so številni vložki peska in peščenega proda.

Del B je debel okrog 30 m, odsek z laminiranimi vložki C okrog 120 m, zgornji masivni del D pa okrog 100 m.

Za odseka z masivno teksturo B in D so značilni ostanki listov in semen. V laminiranih delih odseka C listov ni. V odsekih B, C in D so še kremenaste alge in ribje koščice. Alga *Botryococcus* sp. je najbrž najpogostejša v odseku D (vrtini PT-9 63, S-13m 80), ostrakodi pa nastopajo v B in D. *Tapirus arvensis* je bil najden v zgornji polovici odseka C, številne kosti sesalcev pa v neposredni krovnini premoga, torej v B. Izjemoma se ponekod na severnem obrobju pojavljajo posamezne školjke iz družine Unionidae (sl. 10).

Med polovico in drugo tretjino odseka C je floristična meja. Termofilna »Taxodium flora« preide v oscilacijska nihanja listavske (bukove) faze (vrtine PF-5 81, PO-7p 80, S-14t 77, S-13m 80, PT-9 63; sl. 13). Za odsek D so značilne relativno visoke vrednosti *Pinus* in *Picea* (bor in smreka).

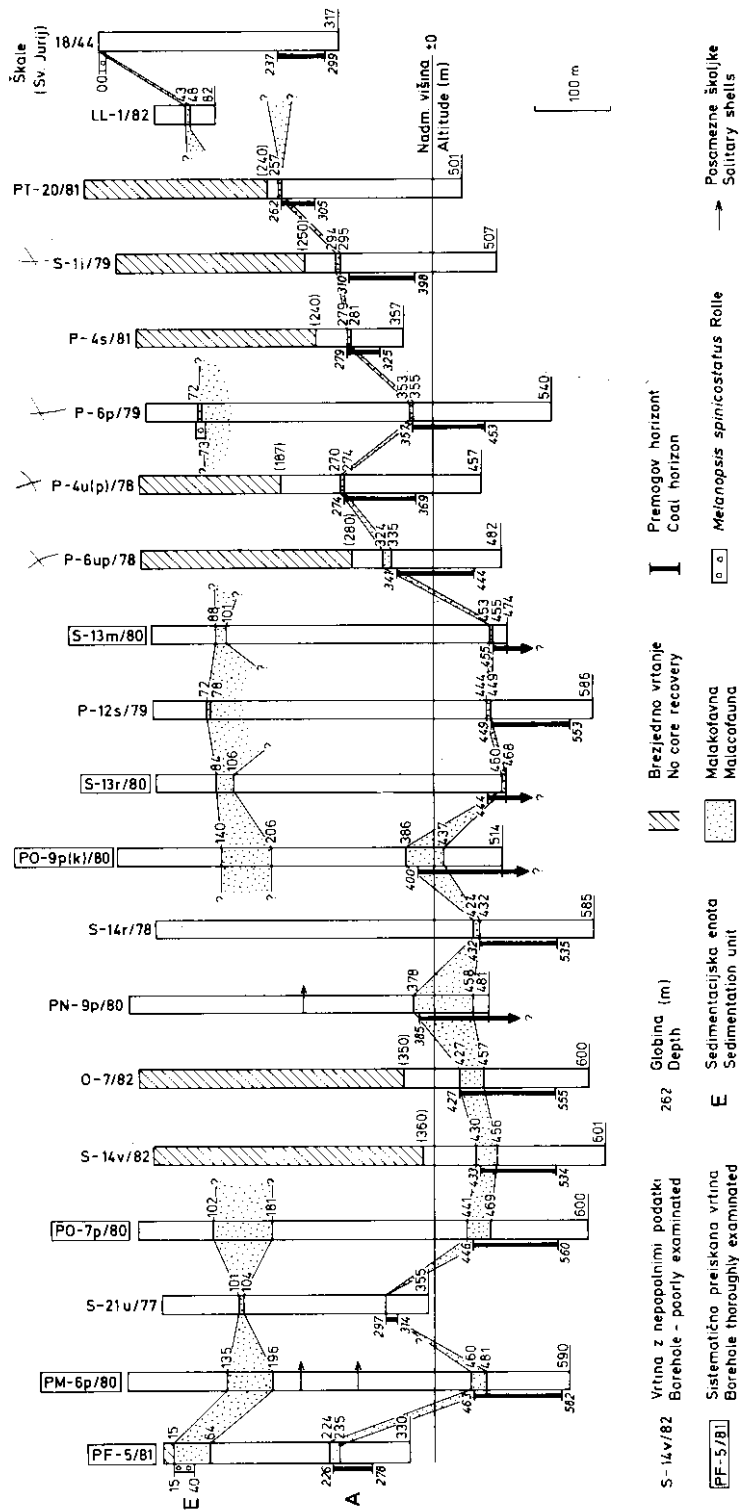
V odsekih B, C in D masovno nastopajo euplanktonske vrste kremenastih alg (sl. 11). Njihove vrednosti še posebno narastejo v odseku C, to je v odseku z laminiti. Tu sta *Cyclotella comta* in *Melosira granulata* v vrtini S-13m 80 številčno v stotinah $\times 10^3$ osebkov (v 1 cm³ usedline), v PF-5 81 pa *Cyclotella* sp. kar v tisočih $\times 10^3$ osebkov. Veliko manj je diatomej v tretji vrtini (PO-7p 80), ki leži v bližini izvora debeloklastičnih usedlin. Skoraj vsi pozitivni vzorci v tej vrtini pripadajo odseku C. Množina diatomej v odseku C je razumljiva. Diatomeje se v jezerih eksplozivno razmnožijo (zacvetijo), če nastopijo najboljše življenjski pogoji. Navadno je to pozno pomladi. Po odmrtnju se vsedajo v tankih, manj kot milimeter do nekaj milimetrov debelih pasovih, tako imenovanih neglacialnih laminah (varvah). Zimsko-poletna lamina je po Lermanu (1978, 309) sestavljena iz več pasov (sl. 12). Makroskopsko lahko ločimo spodnji temen do črn pas bogat z organskimi snovmi, na njem leži pas z diatomejami, zgoraj pa imamo svetel do bel pas bogat s kalcitom.

Odseki B, C in D so torej nastali v profundalu ali v globokem jezeru. V zgornjem delu jezera je bila voda alkalna, kar dokazujejo diatomeje in alga *Botryococcus* sp.

V zgornjem odseku z makrofavno (E) leži sivo zelen in siv laporast melj z vložki peska, redko peščenega proda. Na sredini udorine doseže debelino okrog 100 m. V spodnjem delu odseka E najdemo pokrovčke polža *Bithynia ungeri* s. lat. V zgornjem delu in v bolj obrobni legah pa nastopa združba *Melanopsis spinicostatus*, *Bithynia ungeri*, *Prososthenia* sp. in *Planorbis* n. sp. Najdemo še *Chara esheri*, *Chara stiriaca*, ostrakode, maloštevilne diatomeje, ribje ostanke in algo *Botryococcus* sp. V drobnozrnatih peskih so ponekod poogleneli ostanki vej, v spodnjem delu E pa izjemoma neizraziti in zelo slabo ohranjeni ostanki listov. Debelina odseka E in globine usedlin z mehkužci se od vrtine do vrtine zelo spreminjajo (sl. 10).

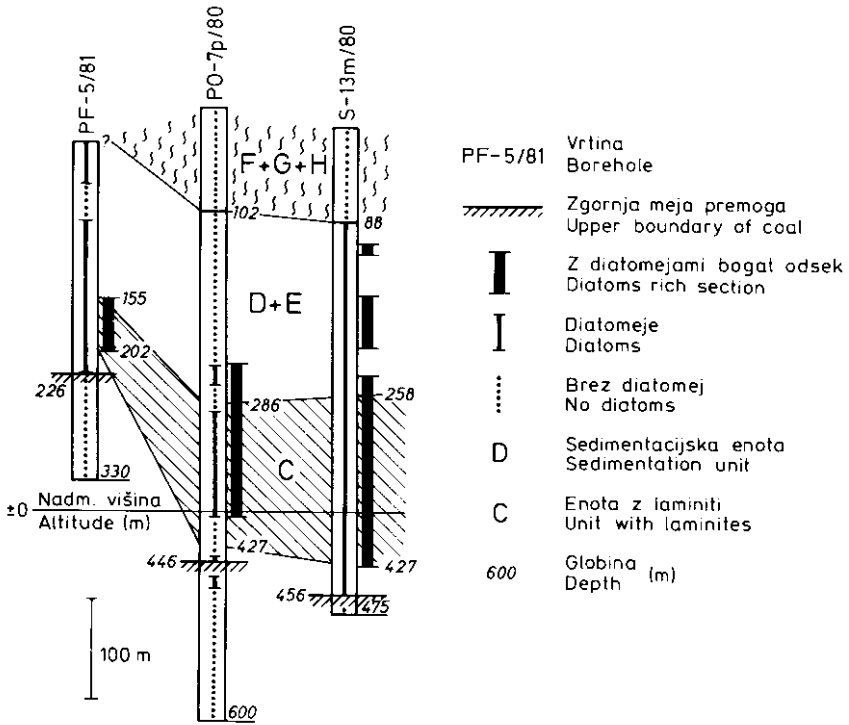
Po palinoloških analizah sklepamo, da iz odseka D ostajajo relativno visoki odstotni deleži *Picea* in *Pinus*. V nekaterih vrtinah so bile ugotovljene najvišje vrednosti teh prav pri vrhu E (PO-7p 80, PF-5 81, P-7r 75). Ob koncu odseka D in v E doseže višek bukev—*Fagus* (PT-9 63, PO-7p 80, P-4t 78, S-21u 77), le v vrtini P-7r 75 je nastopil njen višek nekoliko prej.

Odsek E je nastal v plitvem jezeru, pokrovčki polžev pa so bili prinešeni verjetno tudi v nekoliko globlje jezero. Polž *Melanopsis spinicostatus*, ki ga



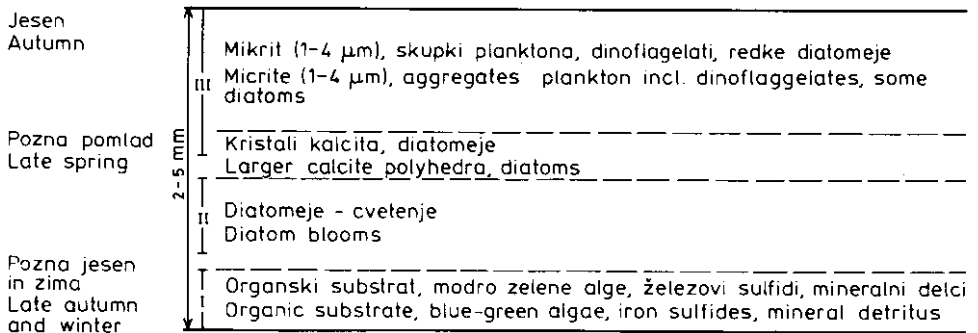
Sl. 10. Položaj malakofavne v vrtinah

Fig. 10. Position of malacofauna in boreholes



Sl. 11. Položaj diatomej v vrtinah

Fig. 11. Position of diatoms in boreholes



Sl. 12. Sestava jezerske nonglacialne varve (prirejeno po Lermanu, 1978, 309). I—III faze sedimentacije v enem ciklu

Fig. 12. Structure of limnic nonglacial varve (modified after Lerman, 1978, 309). I—III zones of sedimentation in one cycle

najdemo le v najvišjem delu E, pa že kaže na tekočo ali priobalno nemirno vodo.

Odseka F in G gradi svetlo zeleni peščeni melj s peščenimi vložki. Ponekod in v prekinjenih pasovih nastopata še premogova glina in premog. Za odsek F je značilen živo moder železov fosfat vivianit. V odsekih F in G so peščena zrna v melju ostroroba in razvrščena neenakomerno. Skupaj sta debela največ 90 m. V F in G najdemo nekaj milimetrov debela subvertikalna rastlinska stebelca in posamezne pooglenele dele vej. Pelod smo našli le na jugu in vzhodu udorine, drugod so bili preizkušanci sterilni. Primerjamo lahko podatke S-21u 77 do globine 96 m, S-22t 77 do globine 32 m ter spodnji del odseka mastodontovega nahajališča, kjer so po Šerceljju (1968) prevladovali iglavci. Še naprej se nadaljuje relativno visoka udeležba peloda *Pinus* in *Picea*. F in G se od E razlikujeta po tem, da imata bistveno povišane vsebnosti *Alnus* (jelša), bukev (*Fagus*) pa praktično izgine.

Primerjava podatkov mastodontovega nahajališča (Šercelj, 1968) in novejših spoznanj kaže, da lahko polž *Melanopsis spinicostatus* izjemoma seže še v spodnji del F + G. Osamljeni melanopsidi v glini pri škalski cerkvi (Rollé, 1860) in sivo zelenem melju ter pesku v vrtini P-6p 79 na globini 73 m tvorijo sloj, ki je ekvivalenten sloju z moluski iz talnine mastodontovega nahajališča.

Odseka F in G sta nastala v prehodnem obdobju med jezersko in kopno fazo. Navadno ju uvrščamo kar v kopno obdobje, pri čemer so bila ponekod razvita plitva vejnata barja jelše (*Alnus*). Podnebje je postajalo hladnejše.

Razvoj velenjske premogovne skladovnice zaključuje rumeni peščeni melj (H) z rdečimi prevlekami iz železovih oksidov in hidrokisidov. Na sredini Šaleške doline je erodiran, na severu doline pa debel le okrog 15 m. Na skrajnem severnem obrobju postopoma prehaja v 100 ali več metrov debeli zasip. Pri paleontoloških raziskavah v letih 1980 do 1982 v odseku H nismo našli fosilov. V spodnjem delu tega odseka pa leži mastodontovo nahajališče iz leta 1964. Raziskovalci navajajo namreč rumeno in zeleno sivo barvo plasti nahajališča (Drobne et al., 1964 — rokopis; Drobne, 1967), ki jo je možno uvrstiti le v najnižji del odseka H.

Palinološke analize iz mastodontovega nahajališča kažejo relativno bogato razvito jelšo (*Alnus*). Pri vrhu nahajališča je bila določena alpska drežica (*Selaginella selaginoides*), ki je mrzlotobna arktična rastlina (Šercelj, 1986, 392).

Plasti H so nastale na kopnem. V njihovem spodnjem delu so bila razvita redka plitva močvirja, kar dokazujejo tanki vložki glin z organskimi snovmi, če vzorci niso pelodno sterilni, pa tudi pelod jelš.

Velenjska skladovnica je prekrita s preperinsko prstjo ali s tankimi recentnimi aluvialnimi nanosi, kar označujemo s črko I.

Na osrednjem delu udorine je celotna skladovnica debela okrog 1000 m, s severnimi fluvialnimi podaljški vred pa okrog 1200 m. Od tega zavzemajo villafrankijske plasti okrog 100 m, s fluvialnim pokrovom na severu pa 300 m.

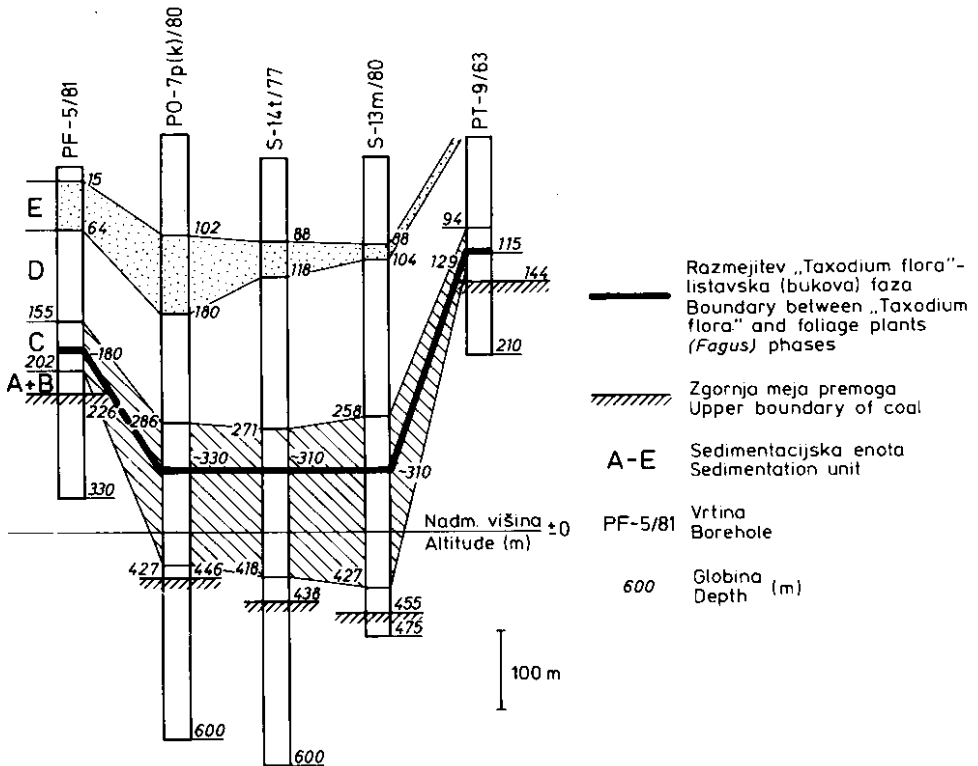
Starost plasti

Aleksander Brezigar

V letih 1980 do 1982 smo določevali starost plasti s pomočjo palinoloških analiz. Preiskali smo celoten premogov horizont, krovino in del neposredne talnine. Bazalna odseka v tem času raziskave niso zajele.

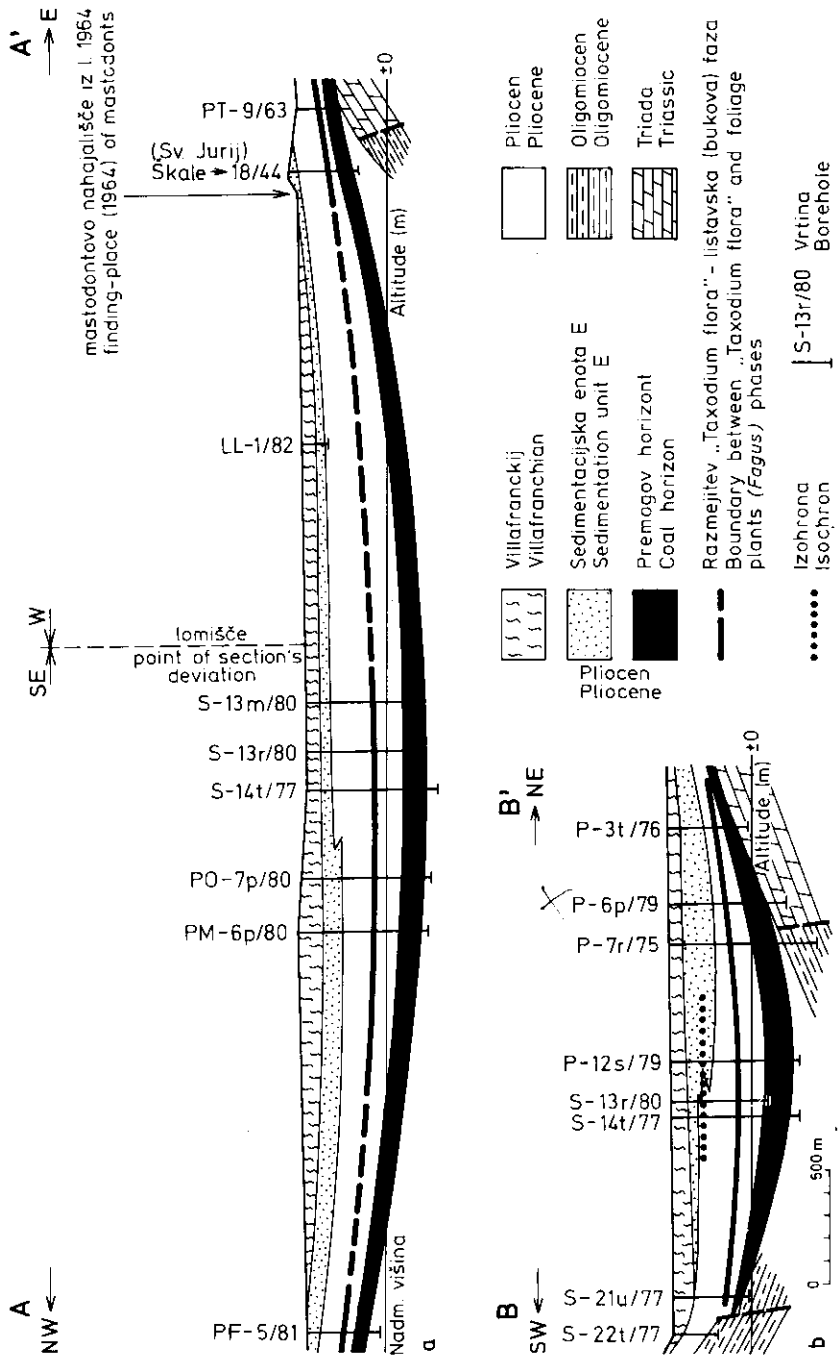
Velenjska skladovnica predstavlja kontinentalen sedimentacijski razvoj s postopnim prehodom iz pliocena v villafranckij. V pliocen uvrščamo premogov horizont in manjši del krovnine do floristične meje »Taxodium flora« — listavska (bukova) flora. Pod pliocenom mislimo zgornji pliocen in morda del srednjega pliocena. Večino krovnine, to je del odseka C od floristične meje navzgor ter odseka D in E uvrščamo v zgornji pliocen, odseka F in G v prehod pliocen — villafranckij, odsek H pa je villafranckijske starosti. Fluvialni nanosi na severnem obrobju, po Tellerju (1898, 124) imenovani »starejše fluvialne usedline porečja Savinje«, predstavljajo nadaljevanje odseka H in so villafranckijske starosti.

Ostro postavljena stratigrafska meja bi bila v velenjski skladovnici umetna. Zato celotno skladovnico označujemo kot plioleistocensko oziroma pliokvartarno. Na sliki 9 smo odseka F + G uvrstili v villafranckij. Uvrstitvev sloni predvsem na litoško-facielnih značilnostih, saj pri dnu F + G favnistično floristične značilnosti še nimajo jasnega stratigrafskega značaja. Med G in H v višini mastodontovega nahajališča postane starost villafranckijska, kar je potrjeno tudi z najdbami mastodontov.



Sl. 13. Razmejitev med »Taxodium flora« in listavsko (bukovo) fazo

Fig. 13. Boundary between "Taxodium flora" and foliage plants (*Fagus*) phases



Sl. 14. Geološka prereza

Fig. 14. Geologic sections

Povezovanje plasti *Aleksander Brezigar*

V celotni skladovnici sta določeni dve kronostratigrafski meji oziroma mejna odseka. To sta floristična meja »*Taxodium flora*« — listavska faza ter meja pliocen — villafranckij. Raziskave velenjske krovnine zahtevajo podrobnejšo delitev, zato smo kamnine ločili po facielnih (litoloških) odsekih. Povprečne kamninske lastnosti namreč sledijo tem odsekom. Ker je sedimentacijske odseke mogoče spoznati makroskopsko, je korelacija tako dokaj enostavna in dopušča tudi povezovanje rezultatov starejših raziskav z novejšimi.

Na slikah 10, 11, 13 in 14 prikazujemo korelacijo med vrtnami. Položaja pre-rezov s slike 14 sta prikazana na sliki 1. Iz slik 13 in 14 vidimo, da je floristična meja »*Taxodium flora*« — listavska faza enakomerna krivulja, pač pa se posamezni sedimentacijski odseki po debelini in globini spreminjajo glede na lego v prostoru. Na obrobju pa tudi izginjajo. Floristična meja nam predstavlja izohrono. Če to umetno pomaknemo navzgor, kot je prikazano na sliki 14 b, preide izohrona iz ene sedimentacijske enote v drugo, na sliki 14 b iz sedimentacijske enote D v E. Vse to kaže, da so v različnih delih nekdanjega jezera nastajale različne vrste usedlin istočasno.

Zaradi opisanih značilnosti povezujemo odseke velenjske skladovnice le litofacierno. Za vsakdanjo rabo razločujemo odseke kar na podlagi terenskih pregledov jeder.

Paleontological investigations of the Plio-Quaternary beds of the Velenje depression

Introduction

Paleontological investigations carried out in the Velenje area include the palynological examinations, diatom analysis, determination of macrofauna and other fossil remains. A great deal of the material examined was recovered from borehole cores. The position of boreholes, in which particular investigations were carried out, is shown in Figure 1. Stratigraphic positioning of strata, and conclusions about sedimentary environment, could be done on the basis of gathered data.

Previous investigations

Aleksander Brezigar

Early geological investigations already ranged the Velenje beds as belonging to Pliocene. The finding of fossil mammals in 1968 (*Bunolophodon arvernensis*, *Zygodon borsoni*), supported by pollen analyses, gave evidence of Villafranchian. Macrofauna was studied already by Rolle (1860), the rests of mastodons and tapir by Teller (1889; 1891) and Rakovec (1968 a). Palynological research was done by Šercelj (1968).

Paleontological investigations Macrofauna

Aleksander Brezigar and France Velkovrh

The study of macrofauna revealed the existence of two Pliocene faunal horizons. The lower horizon (A) starts just above the Velenje coal stratum, but somewhere on the periphery already in coal and is several metres thick. The fossil association in coal includes *Valvata* sp. and *Planorbis* sp. Immediately above it, there are *Valvata (Cincinna) interposita*, *Prososthenia ovata* and *Planorbis hians*.

The upper horizon (E) is situated (in the middle of the Šalék valley), its depth from 100 to 200 m under the earth's surface. It is marked by operculums of *Bithynia* sp., and continues upwards with the association of *Melanopsis spinicostatus*, *Bithynia ungeri*, *Prososthenia* sp., *Planorbis hians* and *Planorbis* n. sp. The horizon comes to an end with snails of *Melanopsis spinicostatus*. It does, locally extend also into the base of Villafranchian.

The association of the gastropods points out to a stagnant, relatively shallow water environment, except for melanopsides, which lived in running waters. Figures 2 and 3 present two most frequent species, occurring immediately above the coal stratum.

Diatoms

Danijel Vrhovšek and Gorazd Kosi

In order to determine the past environmental changes in the water body, sediment cores from the Velenje basin were studied by means of diatom analysis. Two phases can be distinguished in the succession. The first has an alkaliphilus character due to high frequencies of periphytic *Fragilaria*, *Epithemia* and *Cymbella* species, while in the upper part of the second, the sediments show a significant change in the composition of diatom communities. The diatom communities of these parts are characterized by dominance of planktonic *Melosira* and *Cyclotella* species, which are typical for eutrophic water bodies.

The results of diatom analysis are presented in Figures 4, 5, 6, 7 and 8.

Other fossil remains

Aleksander Brezigar

The sediments were systematically examined for ostracods. Unfortunately, they are not preserved, and genus *Candona* could be defined only. The Velenje formation harbors also macroflora, especially fossil leaves, fish bones and teeth, remains of *Chara* sp., allochthonous foraminiferas from older geologic times, etc. The bones of mammals can rarely be found as well.

Discussion of fossil remains

Aleksander Brezigar

The Velenje succession can be conveniently divided into several sedimentary units, which have been marked by roman number and capital letters, as shown in Figure 9. The distribution of fossil remains is given here, together with lithological characteristics of the strata.

The basal beds (marked I), overlying the basis, consist of sandy clay and silt, and silty gravel with boulders. Coalified wood remnants can be found here and there. Immediately below the coal (II) there are green sandy silts and sandy clays, containing rests of coalified branches and locally subvertical plant stems, incrustated probably with siderite. The coal stratum is divided into a lower portion, which is rich in clayey mineral matter (III), and an upper one of relatively clean coal (0). From the palynological evidence can be concluded that the coal originated in a subtropical swamp from a "Taxodium type" flora. Rare marly intercalations within the coal contain shells of molluscs, fish bones, microfauna and microflora.

Overlying the coal stratum, there is a thin layer of orange marl or marly claystone (A), containing microfauna, periphytonic diatoms, fish bones and other fossil remains. Follows a thick succession of massive claystone (B and D), in the middle of which there are laminated layers (C). Schematic representation of a typical limnic nonglacial varve is given on the fig. 12. Intercalations of sand and gravel appear in its upper part.

Characteristic feature of sections B and D are fossil leaves. Moreover, all three sections contain euplanctonic forms of diatoms and fish bones. Remains of tapirs (*Tapirus arvernensis*) were found in sections B and C. The palynologic evidence and the sedimentary development point to a floristic boundary somewhere between the middle and the second third in section C. Above this boundary the thermophilic "Taxodium flora" passes over, by oscillatory change, into the *Fagus* phase.

The section, which follows upwards (E), consists of greenish gray and gray marly silt with intercalations of sand. It contains remains of snails prevalingly, microflora, microfauna, fish bones.

Section F and G are built up of light green siltstones and clays with intercalations of sand. Black bituminous clay and argillaceous coal occur in places. Fossil remains are scarce, the palynological content here and there hardly of interest.

The sedimentary sequence terminates by yellow reddish — mottled sandy silt (H). Remains of mastodons (*Bunolophodon arvernensis* and *Zygodolophodon borsoni*) were found in the lower part of this section in 1964. Near the top of mastodons' finding place, rests of *Selaginella* sp., an arctic plant, were found.

The Velenje succession is topped by weathered soil, talus and recent alluvium (I).

From lithological and paleontological evidence can be concluded, that the basal section I is of terrestrial origin. The section II is a transitional swamp-stage deposition, which culminated in the formation of coal stratum (III and 0). The overlying beds A originated in a shallow freshwater lake, whereas the sections B, C, D accumulated in a deeper lake, which become shallower again as reflected in section E.

Sections F and G originated in a terrestrial and swampy environment, with the section H of purely terrestrial origin.

Stratigraphy

Aleksander Brezigar

The Velenje succession was laid down in a continental basin, the formation of which was conditioned by tectonic displacement at the time of transition from Pliocene to Villafranchian. The strata sequence, including coal and part of superimposed beds till the floristic *Taxodium-Fagus* boundary, belongs to Pliocene. The overlying beds, represented by part of section C and sections D and E, belongs to Upper Pliocene. Sections F and G are transitional to Villafranchian, with section H of Villafranchian age.

Since the transition is gradual the succession's age could be conveniently designated as Plio-Pleistocene or Plio-Quaternary.

Correlation

Aleksander Brezigar

In the entire succession there are two chronostratigraphic boundaries: the floristic *Taxodium-Fagus* boundary and that separating Pliocene from Villafranchian. The division is meaningless from the point of view of technical investigations of strata in the coal field. For this purpose facial and lithological characterisation, and respective division of strata is relevant. The research hitherto carried out proved facial and lithological dependences of physical properties of strata.

The correlation of strata is shown in Figures 10, 11, 13 and 14. Positions of sections in Figure 13 are presented in Figure 1. In Figure 14 can be seen isochrons, passing from one sedimentary unit to another.

Literatura

Bradbury, J. P. 1975. Diatom stratigraphy and human settlement in Minnesota. Geol. Soc. Am. spec. Pap., 171, 74.

Brusina, S. 1897. Građa za neogensku malakološku faunu Dalmacije, Hrvatske i Slavonije. Jug. Akad. znan. um., 18, 1—21, 1—43, tab. 1—21, Zagreb.

Brusina, S. 1902. Iconographia molluscorum fossilium in tellure terciaria. 1—10. tab. 1—30, Zagreb.

Bukowski, G. 1896. Die Levantinische Molluskenfauna der Insel Rhodos. Denkschr. Akad. Wiss. math.-nat. Cl. 63, 64—69, tab. 7—11, Wien.

Crabtree, K. 1969. Post-glacial diatom zonation of limnic deposits in North Wales. Symp. on Paleolimnology., Mitt. Internat. Ver. Limnol., 17, 165—171.

Davidova, N. N. 1969. Postglacial history of lakes Ladoga and Onega according to Diatom analysis of bottom sediments. Symp. on Paleolimnology, Mitt. Internat. Ver. Limnol., 17, 371—378.

Drobne, K. 1967. Izkopavanje mastodonta v Škalah pri Velenju. Geologija, 10, 305—312, Ljubljana.

Esu, D. & Girotti, O. 1974. La Malacofauna Continentale del Plio-Pleistocene dell'Italia Centrale. I. Paleontologia, Geol. Romana, 11, 203—293, 136 figs, Roma.

Fuchs, Th. 1877. Studien über die Jüngeren Tertiärbildungen Griechenland. Denkschr. Akad. Wiss. math.-nat. Cl. 37, 1—42, tab. 5, Wien.

Haworth, E. 1976. Two late-glacial (late devensian) diatom assemblage profiles from Northern Scotland, New Phytol., 77, 227—256.

- Hoernes, R. 1903, Bau und Bild der Ebenen Österreichs, 4, Verlag Tempsky, Verlag Freytag, Wien, Leipzig.
- Kukal, Z. 1971, Geology of recent Sediments. Acad. Publish. House Czechoslov. Acad. Sc., Acad. Press, London, New York, Prague.
- Lerman, A. 1978, Lakes chemistry, geology, physics. Springer Verlag, New York, Heidelberg, Berlin.
- Lowe, R. L. 1974, Environmental requirements and pollution tolerance of fresh-water diatoms. U. S. Depart. Comm. Nat. Tech. Inform. Serv.
- Ložek, V. 1964, Quartärmollusken der Tschechoslowakei. Raszpr. Ustred. Ust. Geol., Praha.
- Marciniak, B. 1969, Die ersten Ergebnisse der Diatomeenanalyse der spät-glazialen Sedimente des Mikolaykisees (NO-Polen). Symp. on Paleolimnology, Mitt. Internat. Ver. Limnol., 17, 344—350.
- Marković-Marjanović, J. 1977, On the limit Upper Pliocene-Lower Pleistocene in Yugoslavia. Giornale geol., 41 1, 2, 179—185, Bologna.
- Mikuž, V. & Pavšič, J. 1980, Nova najdba fosilnega tapirja pri Velenju. Proteus, 42 6, 222—224, Ljubljana.
- Mioč, P. 1978, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tolmač za list Slovenj Gradec. Zvezni geol. zavod, Beograd.
- Palmer, C. M. 1969, A composite rating of algae tolerating organic pollution. J. Phycol., 5, 78—82.
- Petrascheck, W. 1926 29, Kohlengeologie der Österreichischen Teilstaaten, I, II. Kattow. Buchdruck. Verlags, Katowice.
- Pleničar, M. 1956, Razvoj pliocena v Sloveniji. Prvi jug. geol. kongr., 55—58, Ljubljana.
- Pohar, V. 1965, Najdba mastodonta v pliocenskih plasteh v Škalah pri Velenju. Varstvo narave, 2—3, 211—214, Ljubljana.
- Przybyłowska-Lange, W. 1978, The late and postglacial diatom succession in the Druzno lake sediments. Pol. Arch. Hydrobiol., 25 1, 2, 337—340.
- Rakovec, I. 1933, Geološko-paleontološki oddelek. Vodnik narod. muz., prirod. del. 119—185, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1951 a, Naši kraji v pliocenski dobi. Proteus, 14 1—2, 10—18, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1951 b, O najdbi mastodonta (*Mastodon arvernensis* Croiz. et Job.) na Stajerskem, Razprave Slov. akad. znan. umet., 4. razred, 171—202, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1968 a, O mastodontih Šaleške doline. Razprave Slov. akad. znan. umet., 4. razred, 11 8, 299—350, tab. 1—5, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1968 b, Über das älteste Pleistozän Yugoslawiens. Anz. Österr. Akad. Wiss. Math. — nat. Kl., 105 8, 169—176, Wien.
- Rakovec, I. 1970, O osteološkim razlikama između vrsta *Bunolophodon* (*Anancus*) *arvernensis* (Croiz. et Job.) i *Zygalophodon borsoni* (Hays). Spomenica članova Srpske akad. nauka umet., 44, 241—247, tab. 1—4, Beograd.
- Rakovec, I. 1973, Razvoj kvartarne sesalske favne Slovenije. Arheol. vestnik, Slov. akad. znan. umet., 1. razred. 24, 225—270, tab. 1—3, Ljubljana.
- Rehákova, 1983, Diatom succession in the postglacial sediments of the Komorany Lake, North—West Bohemia, Czechoslovakia. Hydrobiologia, 103, 236—241.
- Rijavec, L. 1951, Pliocen v Šaleški dolini. Arhiv Odseka geol. FNT. Ljubljana (dipl. delo v rokopisu), Ljubljana.
- Rolle, F. 1857, Geologische Untersuchungen in der Gegend zwischen Weitenstein, Windisch—Gratz, Cilli und Oberburg in Unter—Steiermark. Jb. Geol. R. A., 8 3, 403—465, Wien.
- Rolle, F. 1860, Die Lignit Ablagerung des Beckens von Schönstein in Unter-Steiermark und ihre Fossilien. Nebst einem Anhang der Pflanzenreste der Lignit-Ablagerung von Schönstein von F. Unger. Sitzungsber. Akad. Wiss. math.-naturw., 41, 7—55, tab. 1—5, Wien.
- Stockner, J. G. 1972, Paleolimnology as a means of assessing eutrophication. Verh. int. Verein. Limnol., 13, 1018—1030.
- Studer, B. 1829, Ueber die Gebirgs-Verhältnisse am südöstlichen Rande der Alpen-Kette. Leonard's Zeitsch. Min., 23 2, 730—778, Heidelberg.

Stur, D. 1871, Geologie der Steiermark. Verlag Geogn.-mont. Ver. Steiermark. Graz.

Serčelj, A. 1968, Pelodna stratigrafija velenjske krovne plasti z ostanki mastodontov. Razprave Slov. akad. znan. umet., 4. razred, 118, 377—397, Ljubljana.

Teller, F. 1889, Ein pliocäner Tapir aus Südsteiermark. Jb. Geol. R. A., 38, 729—772, tab. 14—15, Wien.

Teller, F. 1891, *Mastodon arvernensis* Croiz. et Job. aus den Hangendtegel der Lignite des Schallthales in Südsteiermark. Verh. Geol. R. A., 15, 295—297, Wien.

Teller, F. 1896, Erläuterungen zur Geologischen Karte der östlichen Ausläufer der Karnischen und Julischen Alpen (Ostkarawanken und Steiner Alpen). Verlag Geol. R. A., Wien.

Teller, F. 1898, Erläuterungen zur Geologischen Karte Prassberg a. d. Sann. Verlag Geol. R. A., Wien.

Vetters, H. 1947, Erläuterungen zur Geologischen Karte von Österreich und seinen Nachbargebieten. Geol., B. A., Wien.

Weyland, H., Pflug, H. D. & Pantić, N. 1958, Untersuchungen über die Sporen — und Pollen-Flora einiger jugoslawischer und griechischer Braunkohlen. Palaeontographica, 105, B., 1—4, 75—99, Stuttgart.

Wenz, W. 1923—30, Gastropoda extramarina terciaria. Foss. Catalogus, I., Animalia, 1—4, Berlin.