

UDK 553.94.96.:551.763.78:551.243(497.12)=863

## Prispevek h geologiji premogišč zreškega okoliša in uvrstitev njegovih premogov po odsevnosti

### Contribution to the geology of coal deposits in the Zreče area and reflectance-based ranking of its coals

Milan Hamrla

Geološki zavod Ljubljana, Parmova 37, 61000 Ljubljana

#### Kratka vsebina

Skladovnica plasti zgornjekrednih gosavskih in terciarnih usedlin v okolišu Zreč na južnem obrobju Pohorja vključuje v nekaj nivojih tudi tanke sloje premoga. Ti so v spodnjem delu terciarnega zaporedja visokokakovostni črni premogi, po zrelosti precej blizu premogu v gosavski podlagi. V višjem delu so premogi bistveno mlajši. Premogišča so majhna in so jih izkoriščali v preteklosti, danes pa so gospodarsko brez pomena.

V prispevku so podrobno opisane premogonosne plasti pri Zrečah. Starostna pripadnost terciarnih usedlin je bila dolgo časa sporna, v zadnjem času pa je prevladalo mnenje, da so v celoti neogenske. Glede na zrelostno stopnjo premogov, določeno z meritvami optične odsevnosti vitrinita, je postavljena domneva o prisotnosti staroterciarnih fluvialno-limničnih usedlin v spodnjem delu zreške terciarne skladovnice. Prekrivajo jih neogenske, spodaj fluvialne in zgoraj morske plasti s helvetsko mikrofavno.

Poskus rekonstrukcije sedimentacije terciarnih usedlin med tedanjim dogajanjem v Jugovzhodnih Alpah nakazuje nizke paleogeotermične gradiente v paleogenu in termični vpliv rupelijskega, morda tudi karpatskega magmatizma pri oglenitvi premogov.

Izdanki paleogenskih kamenin in znatna razširjenost prodnikov eocenskih apnencev v klastičnih usedlinah po Koroški in delu severne Slovenije govore za tedaj dokaj veliko sedimentacijsko območje.

#### Abstract

The succession of sedimentary strata in the Zreče area, which is situated on the southern slopes of the Pohorje mountain in NW Yugoslavia, comprises also the Upper Cretaceous Gosau beds and their Tertiary cover. Several thin seams of high volatile bituminous coals are included within the Cretaceous as well as the lower part of the Tertiary sequence. Modest coalfields, exploited in the past, are now of no economic importance.

In this paper are described the Tertiary beds at the Zreče site. Their controversial age has recently been considered entirely as Neogene. The interpretation of vitrinite reflectance of the Zreče coals - supposedly chronostratigraphically significant - has been conducive to the hypothesis that freshwater beds of

Paleogene age might exist within the preserved Tertiary sequence. The overlying beds comprise coal of much lower rank and belong to the Neogene.

A reconstruction attempt of a probable sedimentation and burial history of the Zreče Tertiary succession, considering the alpine tectonic and magmatic events, suggests low paleogeothermal gradients during the Paleogene times and thermal influence of the Rupelian and possibly also Karpatian magmatism in coalification of coals.

Some outcrops of the Eocene beds and widespread pebbles of the Eocene rocks in Carynthia and northern Slovenia would conjecture quite an extensive sedimentation area of that time.

## Uvod

Ozemlje ob stiku Severnih in vzhodnega podaljška Južnih Karavank s Centralnimi Alpami vzdolž periadriatskega šiva in prečnega labotskega preloma je med geološko najzanimivejšimi v Sloveniji. Na njem je še vrsta problemov, med katerimi so nekatere načeli že avstrijski geologi. Mednje spada tudi starost premogovnih plasti zreškega okoliša.

Zreški okoliš s svojimi premogišči v zgodovini premogovništva na Slovenskem po količini premoga ni bil kdo ve kako pomemben. Rudarili so v prejšnjem stoletju in še v prvi polovici sedanjega vse do leta 1954, ko je prenehal obratovati premogovnik v Stranica. Premog so pridobivali na več mestih. Premogišča so bila majhna, zato njihov ekonomski pomen nikoli ni mogel biti kaj več kot obroben kljub izredno visoki kakovosti premoga, neznani drugod po Sloveniji. V zvezi s kakovostjo pa je že zgodaj postal zanimiv stratigrafski položaj premogovnih plasti, ki še danes ni dokončno dognan in potrjen.

Pričujoče delo je prispevek k tej problematiki. Temelji na podatkih raziskav iz obdobja 1956–1960, ko je avtor v okviru raziskovanja koksni premogov Slovenije obdeloval tudi predel med Pohorjem in Konjiško goro. Dopolnjujejo jih nekatere novejša terenske raziskave in vzorčevanja, kemične analize in predvsem mikroskopska merjenja odsevnosti premogov; na tej metodi je zasnovan poskus starostne opredelitve premogonosnih usedlin. V zvezi s tem so povzeti tudi starejši geološki podatki in novejša spoznanja o geološki evoluciji Jugovzhodnih Alp, katerim zreški okoliš tudi pripada.

## Kratek zgodovinski pregled geoloških raziskav

Ob podatkih sledenja in odkopavanja premogov v okolici Zreč, Stranic in Radane vasi iz sredine prejšnjega stoletja zasledimo tudi prve geološke opise in študije. Morlot, Unger, Reuss in Lipold (Teller, 1899) so že poznali gosavske premogonosne plasti s fosilnimi koralami in školjkami. Rolle (1857) je v okviru raziskav Štajerske nanizal vrsto podatkov za okoliš Vitanja in Zreč, kjer so v gosavskih plasteh kopali premog. Med drugim je opisoval kredne apnenice pri Starem trgu, vpeljal pa je tudi pojem socka plasti (1858). Zollikofer (1859) je prišteval premogonosne laporje in peščene skrilavce pod rudistnimi apnenici v dolini Ljubnice in pri Zrečah eocenu (v tedaj veljavnem pomenu) in jih vzporejal s premogonosnimi plastmi okrog Boča in Konjiške gore. Omenil je premogišča Gračič, Brezje, Letočno, Jamnik, Stranice in Ljubnica z debelinami premoga od enega čevlja do treh klafter. Prvi omenja nadaljevanje črnih laporjev v krovlini gosavskih plasti navzgor v peščenjake

in konglomerate. *Weinek* (1870) je v teh plasteh poznal tudi že »lignitni sloj«. *Stur* (1871) je vse plasti nad gosavskimi apnenci uvrščal v široko zasnovan paket spodnje-neogenskih »ivniških in socka plasti«, z ribjimi skrilavci v bazi. *Hoernes* (1893) v višjih lapornih plasteh nad rudistnimi apnenci fosilne favne ni našel, pač pa ob najvišjem (sedanjem radanskem) sloju nekaj »socka flore«. Obdelal jo je *Ettingshausen*. *Riedl* (1879) je opazoval premog tudi v bazi konglomeratov neposredno na rudistnem apnencu. Tako se je postopno jasnilo, da v okolici Zreč ni premog samo v krednih, ampak tudi v mlajših transgresivnih terciarnih plasteh.

Legi in pripadnost vseh teh plasti sta dolgo časa ostali nepojasnjeni. *Teller* (1898, 1899) je ob prelomu stoletja raziskoval predel Zreč in plasti nad rudistnimi apnenci prišel k oligocenu. Menil je, da enake plasti zapolnjujejo tudi ves prostor med Pohorjem in Velunjo.

Nejasne razmere glede položaja, števila in pripadnosti premogovih slojev je povzel *Redlich* (1900, 1904), ki je po fitopaleontoloških ugotovitvah *Ungerja* (1851) in *Engelhardta* (1902) uvrščal diskordantno serijo konglomeratov, vmesnih peščenjakov in laporjev med srednji in zgornji oligocen. *Unger* (1851) je namreč obdelal socka floro iz dobrnskega pasu (*Gutenek*, *Zavrh*, *Trnovlje*), osem let pozneje pa jo je dopolnil z zreškimi oblikami *Ettingshausen*. Oba sta ji pripisovala eocensko starost (v tedaj veljavnem pomenu), pri čemer je prvi nagibal k nižji, drugi pa višji starosti plasti. Pozneje je *Engelhardt* obdelal še floro *Stranic* in *Radane vasi* in jo skupno s floro obeh predhodnikov imel za oligocensko. Zreška premogišča je opisoval še *Schnetzler* (1909), obdelal pa jih je tudi *Granigg* (1910).

Po 1. svetovni vojni je rudarska dejavnost v zreškem okolišu dokaj zamrla, z njo pa tudi interes za geološko preučevanje. Večinoma starejše podatke je povzel *Petrascheck* (1926/29), po katerem vsebujejo socka plasti premogovnega pasu *Velunja–Dobrna–Poljčane* prave črne premoge, njih zrelost pa naj bi bila v zvezi s tektoniko.

Med obema vojnama ni bilo pomembnejših geoloških raziskav v zreškem okolišu razen nekaterih študij širše okolice kot npr. *Spitz* (1919), *Winkler* (1929, 1930, 1931) in *Kieslinger* (1928, 1931, 1935).

Pri starejših poskusih horizontiranja zreške skladovnice je občutne težave povzročalo tedaj še nepoznano dejstvo, da obe strani periadriatskega šiva v geološki zgradbi med seboj vse do neogena nista primerljivi.

Po 2. svetovni vojni v letih 1956 in 1959 je Geološki zavod Ljubljana raziskoval zreški premogovni okoliš. Poleg avtorja so tedaj pri geološkem kartiranju sodelovali še geologi *L. Žlebnik* ter *L. Rijavec* in *D. Delea*, ki sta obdelali mikrofavno. Izvrtanih je bilo pet globokih vrtin, razkopi in plitvi jaški pa so omogočili dostop do premogov, ki so bili tudi ustrezno preiskani. Raziskave so pokazale, da ni ekonomskih zalog premoga.

Zreški okoliš je bil geološko kartiran še pozneje v okviru regionalnih raziskav za list Slovenj Gradec v merilu 1:100 000, rezultati pa so zbrani v tolmaču (*Mioč & Žnidarčič*, 1978). Hidrogeološka raziskava ožjega okoliša Zreč iz zadnjih let pa je obsegala geoelektrično sondiranje nekaterih predelov in izvedbo vrtin B-1/82, B-2/85 in B-3/88, katerih podatki so prispevali k poznavanju globinske zgradbe ozemlja.

### Kratek oris pretekle rudarske dejavnosti

V zreškem prostoru so od prve polovice preteklega stoletja dalje najprej rudarili posamezniki, nato skupine in družbe, kot npr. Südsteirische Steinkohlengewerkschaft in Priv. Südbahngesellschaft (Mineralkohlen Österreich, 1903), ki je dominirala okrog leta 1900. Jamske mere so bile v Stranica, Zaburku pri Stranica, Sv. Križu, Brezjah, Radani vasi in Št. Florjanu pri Doliču, kopali pa so kovaški, dobro koksav črni premog (Weinek, 1870). Pošiljali so ga v plinarne na Dunaj, v Pešto in Gradec, uporabljali pa so ga tudi v graški valjarni. Zreški okoliš je dal tiste čase letno do 2000 t premoga (Petrascheck, 1926/29).

Rudarji so tedaj poznali naslednje premogove sloje: starejši spodnji sloj, mlajši glavni sloj in krovinski sloj (Mineralkohlen Österreichs, 1903). Najnižji sloj v bazi krednih plasti je sestavljalo več neenakomernih tanjših plasti. Imenovali so ga sloj »pucka« ter odkopavali z rovi in vpadniki okrog Brinjeve gore, na Brezju in Gračiču ter na več mestih v Dobravi, kjer so sledili tudi višje sloje. Na Brezju, 2 km vzhodno od Zreč, so rudarili še v letih 1921–1923. Manjši odkopi so bili tudi v dolini Ljubnice. Tanki, neenakomerni in tektonsko zelo porušeni sloji so dopuščali skromno rudarsko dejavnost.

Pomembnejša sta bila obrata v Radani vasi in v Stranica, ki sta po dimenzijah in po tehnični plati predstavljala večja rudarska objekta. Manj obsežna je bila pretežno sledilna rudarska dejavnost v območjih Osredka, Jamnika in Sv. Križa. Dokumentirana je v starejših virih.

V premogovniku Radana vas, okrog 2 km jugovzhodno od Zreč, so odkopavali premogov sloj v konglomeratno-laporastih plasteh. Odkopana je bila površina okrog 800 m po smeri in blizu 500 m po vpadu, ki je znašal med 30° in 80°. Za dostop in izvoz sta služila jaška Germania (70 m) in Novi jašek (200 m). Pri povprečni produktivnosti sloja okrog 0,5 t/m<sup>2</sup> je znašala letna proizvodnja rudnika med 5000 in 15 000 tonami. Debelina premoga je bila med 0,4 in 2 m, sloj pa je bil ponekod precej jalovinast. Premogovnik so zaradi težavnih razmer leta 1914 zaprli (Pistorius, 1914).

Premogovnik s Stranica je bil omejen na straniško kadunjo, veliko nekako 1,2 × 0,8 km. Dostopen je bil po Edvardovem rovu z ustjem ob cesti Stranice–Vitanje. Odkopna debelina premogovega sloja je bila med 0,6 in 0,8 m, izjemoma do 2 m. Njegova povprečna produktivnost je bila 0,6 t/m<sup>2</sup>, nakopali pa so nekaj nad 10 t/dan ali do 5000 ton letno. Premogišče je danes praktično izčrpano.

Na Osredku so v konglomeratnih plasteh iskali drugo krilo radanskega sloja in nadaljevanje straniškega zunaj ožje straniške kadunje. Izdelali so več rovvov v pobočje ter smerno in z vpadniki sledili tanek premogov sloj z vpadom 10° do 45° proti severovzhodu. Zaman je bil izdelan 101 m globok jašek Osredek, v katerem so našli le sledove osredkovega in straniškega sloja.

Po letu 1954 v zreškem prostoru ni bilo več organizirane rudarske dejavnosti. Geološka raziskovalna dela Geološkega zavoda Ljubljana v letu 1956/57 so obsegala le plitve površinske razkope in jaške na izdankih premogovih slojev. Pomembnejše so bile globoke raziskovalne vrtine: na območju Križevca vrtini 1/58 (120,65 m) in 2/58 (174,00 m), v predelu Radane vasi pa vrtine 3/58 (540,20 m), 4/59 (200,30 m) in 5/59 (346,50 m). Vse so potekale v konglomeratnih plasteh, pri čemer vrtini 3/58 in 5/59 nista dosegli kredne podlage.

Obe omenjeni hidrološki vrtini B-1/81 (506 m) in B-2/85 (800,50 m) z vidika premoga zreške skladovnice nista dali uporabnih podatkov. Isto velja tudi za vrtino B-3/88, ki je bila ob končanju tega članka zaključena.

## Geološka zgradba zreškega prostora

### *Zaporedje in opis plasti*

Geologija zreškega prostora je razvidna iz poenostavljene geološke karte (1. slika) in treh profilov (2. slika). Le-ta obsega skrajni zahodni del Konjiške udorine, kjer prevladujejo na površini mlajše terciarne in kvartarne usedline. Starejše plasti pod njimi leže na metamornih kameninah južnega pobočja Pohorja. Premogovno zanimivo ozemlje omejuje na zahodu in jugu labotska prelomnica, ki poteka vzdolž triasnega masiva Stenice in Konjiške gore ter seče strukturno cono periadriatskega lineamenta, v katero sodi tudi zreški okoliš. Zanj je značilna zlasti prisotnost zgornjekrednih usedlin v gosavskem faciesu. Te najdemo v severni Sloveniji še na zahodnem robu Pohorja in na Kobanskem, v sosednji Avstriji pa v Labotski dolini, v porečju avstrijske Krke in blizu Graza. Ostanke krednih sedimentov leže povsod na Krškem pokrovu (Gurktaler Decke), ki pripada najvišji narivni tektonski enoti, znani kot Oberostalpin (3. slika). Ta je bila narinjena proti severu na starejše metamorfne kamenine (Tollmann, 1977). Del te narivne zgradbe so tudi zelenkasti filitski skrilavci, ki jih najdemo na južnem Pohorju severovzhodno od Vitanja in ki pripadajo štalenskogorski seriji staropaleozojskih plasti. Pod njimi je Pohorska serija pretežno gnajsov in blestnikov z vložki marmorja in amfibolita.

Med filiti in krednimi usedlinami leži svetlo sivi triasni dolomit, ki je povsod močno milonitiziran. Kot kamenina Severnih Karavank je zgornjetriasne starosti, njegovo debelino pa cenimo na največ 350 m.

**Zgornjekredne usedline** pri Zrečah so predvsem grebenski rudistni apnenci, ki se pojavljajo v obliki posamičnih otokov, obdanih in prekritih s terciarnimi plastmi. V bazi apnencev je do 40 m debela plast sivih meljevcev in laporjev, ki jih najdemo v obliki tankih vložkov tudi v apnencih v višjih legah. Gre za ostanke tektonsko razkosanega pokrova zgornjekrednih kamenin, ki v erozijski diskordanci nalega na dolomit ali skrilavec. Plitvovodne usedline so po faciesu podobne gosavskim tvorbam Avstrije in enako vključujejo premog v bazi. Taki apnenci so ohranjeni na majhnih površinah, kot že rečeno, na zahodnem Pohorju in na nekaj mestih v sosednji Avstriji.




















Celotna debelina še ohranjenih krednih usedlin pri Zrečah ne preseže 150 m. Sivi apneni meljevci, glina in laporasti apnenci v bazi so tu in tam premogasti ter vključujejo tanke neenakomerne sloje in pole črnega premoga, lokalno poimenovane sloj »pucka«. Ponekod te bazalne premogovne plasti manjkajo. Rudistni apnenec je ponekod brečast in konglomeraten, pogosto nekoliko rdečkast, kar kaže na bližino kopnega ob njegovem nastajanju. Vsebuje številne rudiste, od mikrofavne pa predvsem miliolide.

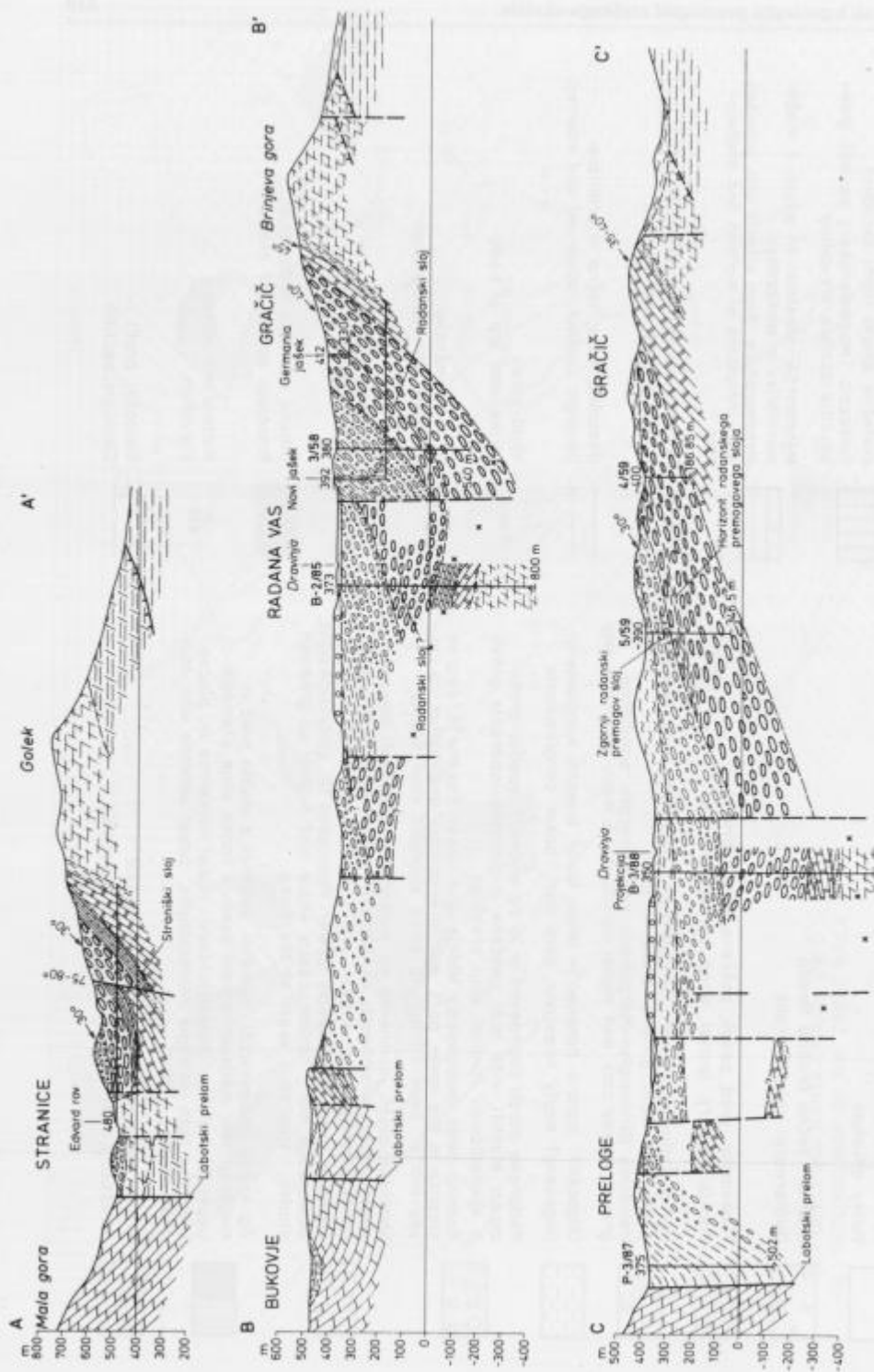
V bazalnem meljevcu so številne solitarne korale, gastropodi in fosilna flora, s čimer so se ukvarjali že avstrijski geologi, od novejših pa Pleničar (1971, 1974, 1979), Turnšek (1978), Mioč in Žnidarčič (1978) ter Pavšič in Pleničar (1981), ki prištevajo zgornjekredne usedline Zreč in Stranic campan-maastrichtu oziroma maastrichtu. Zgornjekredne usedline so bile pred sedimentacijo terciarnih plasti povsod bolj ali manj erodirane.

**Terciarnne usedline** v območju Zreč zastopajo v pretežni meri klastične kamenine različne zrnavosti, ponekod v spodnjem delu tudi apnenci. Predvsem v območju straniške kadunje pa tudi Dobrave leže na erodirani površini krednih apnencev najprej plitvovodne apnene, laporaste in višje tudi glinovite usedline, ki jih imenujemo straniške plasti. Skupaj s kredno podlago in klastiti v krovu oblikujejo





	Dolinski aluvij Valley alluvium		
	Kvartar: rečna prodna terasa Quaternary: river terrace		Paleozoik (štatskograrska serija): pretežno zeleni filitni skrilavci Paleozoic: (Magdalensberg series): green phyllitic schists prevailing
	Pliokvarter: prod, pesek, peščena glina, glina Plio-Quaternary: gravel, sand, sandy clay, clay		Metamorfiti; blestniki in gnojši z vložki marmorjev in amfibolitov Metamorphics: mica schists and gneisses with inclusions of marbles and amphibolites
	Helvet (altnang-karpat): konglomerat, peščenjak, prod, peščena glina, više lapor, glinovci pesek in glina Helvetian (Ottwangian-Karpatian): conglomerate, sandstone, gravel, sandy clay and higher up claystone, marl, sand and clay		Prelom; zanesljiv in približen Fault; proved and inferred
	Oligocen?: laporni apnenec in temni lapor, bazalni konglomerat Oligocene?: marly limestone, dark marl, basal conglomerate		Geološka meja; točna in približna Geologic contact; observed and inferred
	Radanske plasti (domnevno sr. in zg. eocen?): spodaj grobo- zrnati klastiti, više tudi peščene in glinasto-laporaste plasti s sporadičnimi tankimi sloji premoga Radana beds (supposedly Middle and Upper Eocene?): coarse clastics in the lower part with arenaceous and higher up cla- yey-marly beds containing some sporadic coal seams		Vpad plasti Strike and dip of beds
	Zg. kreda (maastricht): rudistni apnenec z vložki breč in meljevc, siv meljevec v bazi vsebuje tanke sloje premoga Upper Cretaceous (Maestrichtian): rudist limestone in places breccious with siltstone intercalations; basal siltstone with thin coal seams		Vrtina z oznako Drillhole with designation
	Straniške plasti (domnevno sp. paleogen?): ploščasti apnenec, apneni lapor, premogasti skrilavec in više zelenkasti skrilavec; tanek premogov sloj v bazi		Pomemben jašek in rov Important pit and adit
	Stranice beds (supposedly Lower Paleogene?): platy limestone, calcareous marl, carbonaceous shale and higher up greenish shales; thin coal seam at the base		Glavna območja rudarjenja Principal mined-out areas
			Nadmorska višina Elevation
			Geološki profil Geologic section
			632



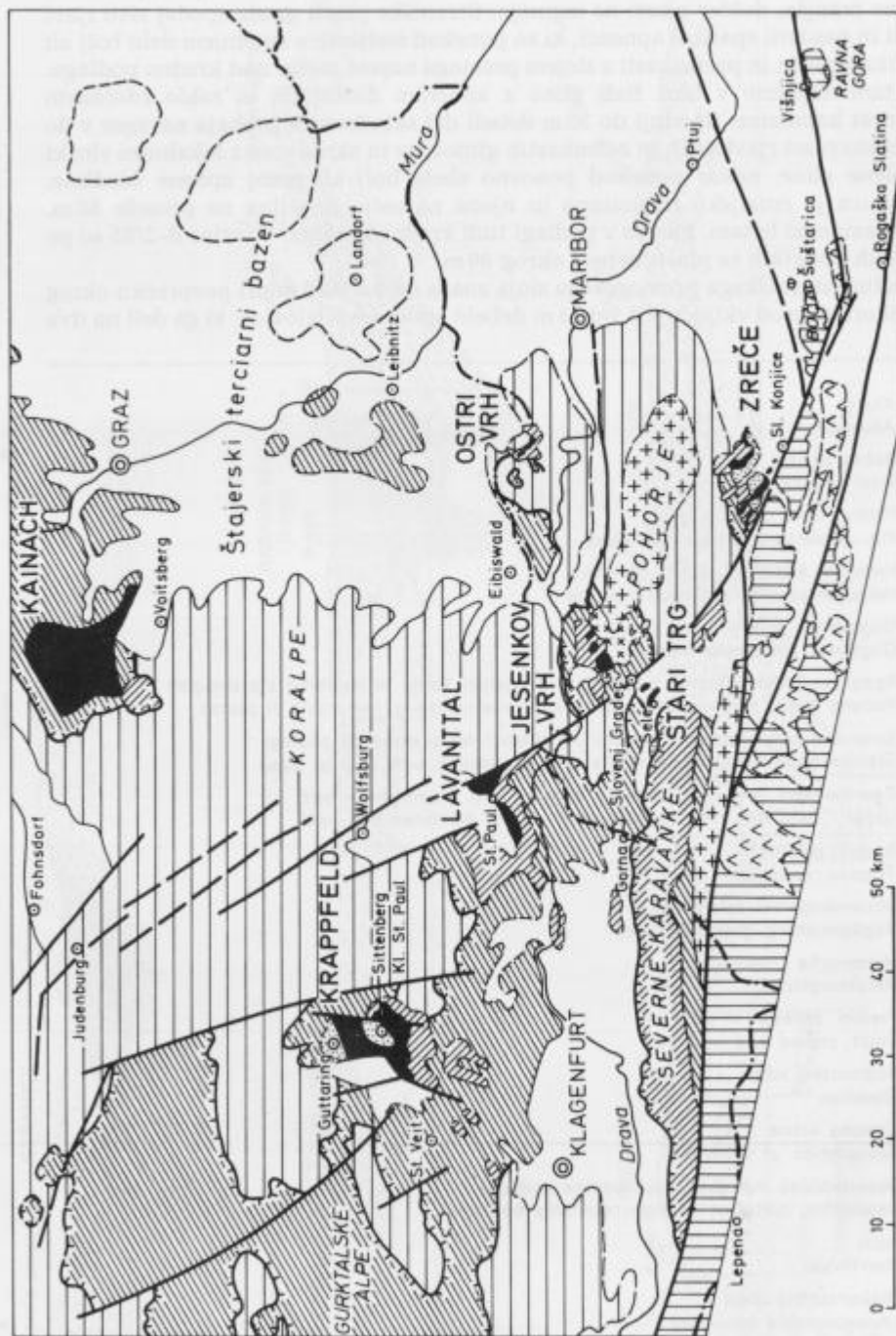
Sl. 2. Geološki profili preko območja Zreče  
Fig. 2. Geologic sections across the Zreče site



straniško kadunjo. Njih debelina znaša do nekaj deset metrov, se menja in periferno postopno manjša, dokler plasti ne izginejo. Straniške plasti grade spodaj sivo rjavi ploščati in pasoviti sparitni apnenci, ki so ponekod meljasti, v spodnjem delu bolj ali manj bituminozni in premogasti s slojem premoga največ meter nad kredno podlago. Tu in tam najdemo v bazi tudi glino z apnenim drobirjem in rahlo rdečkasto obarvanost kamenine. Spodnji do 30 m debeli del skladovnice prehaja navzgor v do 20 m debelo plast rjavkastih in zelenkastih glinovcev in skrilavcev z lokalnimi vložki sivo zelene glin, nakar ponekod ponovno slede bolj ali manj apnene usedline. Skladovnica je erozijsko reducirana in njena največja debelina ne preseže 50 m. Plasti opazujemo le tam, kjer so v podlagi tudi kredni apnenci. V vrtini B-2/85 so po karotažnih podatkih te plasti debele okrog 80 m.

Debelina straniškega premogovega sloja znaša od 0,6 do 2 m pri povprečku okrog 0,8 m. Skoro povsod vključuje 0,1 do 1 m debelo apnenčevo jalovico, ki ga deli na dva

- |   |   |
|---|---|
|    | Aluvij<br>Alluvium  |
|    | Rečna terasa<br>River terrace   |
|    | Pliokvartarni prodi in gline<br>Plio-quaternary gravels and clays   |
|    | Helvetski klastiti z laporji na vrhu<br>Helvetian clastics and marls on top   |
|    | Oligocenski apneni lapor<br>Oligocene calcareous marl   |
|    | Radanske plasti: klastiti z laporasto-glinastimi vložki in mestoma s premogom<br>Radana beds: clastics with argillaceous intercalations and coals in places |
|    | Straniške plasti: apnenci, laporji in glinovci ter premog ob podlagi<br>Stanice beds: limestones, marls and claystones with coal at base                    |
|  | Zgornjekredni grebenski apnenec z meljevci in premogom v bazi<br>Upper Cretaceous reef limestone with basal siltstones and coal                             |
|  | Triasni dolomit<br>Triassic dolomite  |
|  | Štalensko-gorski zeleni filiti<br>Magdalensberg green phyllites   |
|  | Metamorfik<br>Metamorphics  |
|  | Prelom, zanesljiv in približen<br>Fault; proved and inferred  |
|  | Nadmorska višina<br>Elevation   |
| 373   |   |
|  | Oznaka vrtine<br>Designation of drillhole   |
| B-2/85  |   |
|  | Geoelektrična indikacija visokouporne podlage<br>Geoelectric indication of high-resistivity bedrock   |
|  | Nariv<br>Overthrust   |
|  | Diskordantna meja<br>Unconformable boundary   |



Sl. 3. Geološka skica Jugovzhodnih Alp s Krškim pokrovom ter položaj zgornjekrednih in staroterciarnih sedimentov

Fig. 3. Geologic sketch-map of the Southeastern Alps region, showing the Gurktal nappe and location of Upper Cretaceous and old-Tertiary beds

dela; od tod podatek o dveh premogovih slojih. Neposredna krovina je trden ploščat bituminozen apnenec, talnina pa je laporasta ali celo glinasta.

Straniške plasti so bile pred odlaganjem naslednjih mlajših terciarnih klastičnih usedlin neenakomerno erodirane; o tem govore tudi rudarski podatki. Tako je bila v zahodnem delu straniške kadunje odnesena večina plasti s premogom vred in mlajši konglomerat nalega neposredno na rudistni apnenec ali celo na dolomit. Na območju Dobrave in Osredka so straniške plasti zelo tanke, premog pa neodkopen ali le v sledovih. Tudi na Gračiču straniških plasti ni opaziti.

Kakšna je bila celotna straniška skladovnica, ne vemo. Danes je ohranjen le sladkovodni bazalni del nekdanj debelih plasti, ki so utegnile preiti navzgor v brakični ali morski razvoj in tudi robno transgredirati neposredno na podlago. V tej zvezi omenimo Tellerjev (1899) podatek o velikih oglatih kosih temno sivega numulitnega apnenca med gruščem rudistnega apnenca na vzhodnem pobočju Goleka nad Dobravo.

Sladkovodna favna straniških plasti obsega primerke *Melania escheri* Brogn., *Unio eibiswaldensis* Stur in *Planorbis* sp. (Stur, 1871; Hoernes, 1893; Teller, 1899). Mikrofavne doslej niso našli, pač pa obilo fosilne flore (Engelhardt, 1902), po kateri je obveljalo, da gre za usedline starejšega terciarja. Tak sklep podpirajo tudi druge ugotovitve o straniških plasteh, ki so:

– plasti nalegajo na kredno podlago z erozijsko diskordanco, vendar brez izrazitih klastitov v bazi,



- prostorski položaj krednih in straniških plasti je dokaj podoben,
- plasti vsebujejo staroterciarno fosilno floro,
- pred odlaganjem mlajših terciarnih usedlin so bile neenakomerno erodirane, ponekod tudi v celoti, zato njih prvotnega obsega in vertikalnega razvoja ne poznamo,
- straniški premogov sloj je v primerjavi s krednim dokaj manj tektonsko porušen in deformiran.

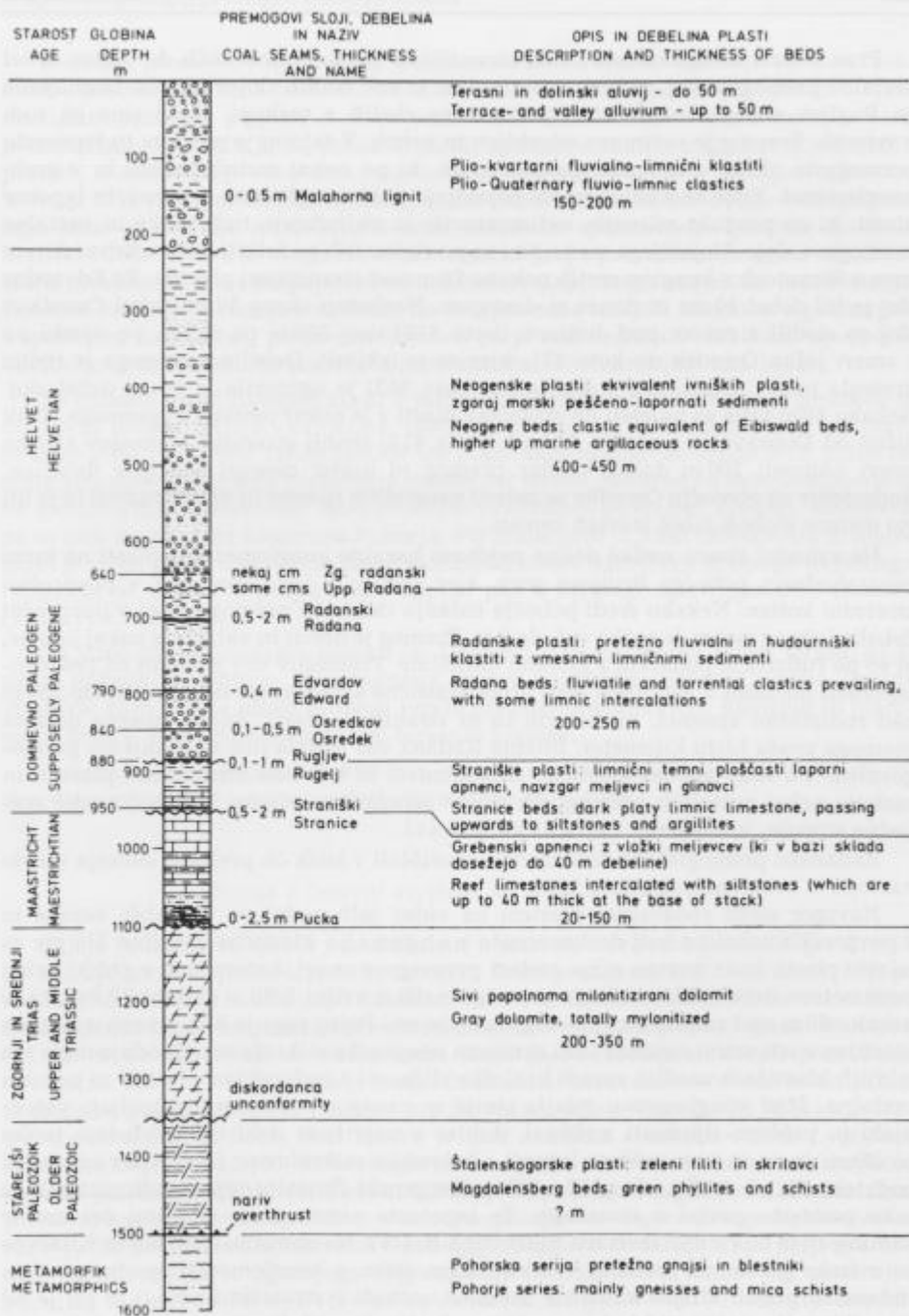
Sedimenti, ki z izrazito diskordanco slede straniškemu plastem, so najprej grobi, dobro vezani konglomerati, višje peščenjaki in drobnejši, slabo vezani konglomerati s prehodi v peščeno-glinaste in laporaste kamenine. V tej okrog 600 m debeli skladovnici gre za dva starostno različna ciklusa. Grobi klastiti nižjega dela skladovnice so hudourniškega in fluvialnega nastanka z limničnimi epizodami (radanske plasti). Fluvialna sedimentacija prevladuje tudi v naslednjem mlajšem (neogenskem) zaporedju, v katerem se postopno uveljavljajo mirnejše faze, dokler ne prevlada morski razvoj s helvetsko mikrofavno. Geološko najmlajše pliokvartarne plasti so zopet do 200 m debeli konglomerati, gline in prodovi. Zaporedje plasti vidimo na 4. sliki. Celotno debelino klastične skladovnice, ki v vzhodno smer raste, cenimo na 400 do 900 m.

Grobi, dobro vezani konglomerat najnižjega dela klastične skladovnice je debel 100–300 m in izpričuje hitro zasipavanje lokalnih depresij z nesortiranim materialom, ki tu in tam vključuje tudi do pol metra debele balvane. Slabo zaobljeni heterogeni prodniki so kredni apnenec, triadni dolomit in razni skrilavi metamorfni različki, ki jih je ponekod kar precej. Kremena je v splošnem malo, prav tako so redki tudi temno sivi apneni sljudnati skrilavec, permsko-triasni peščenjak in rdeč porfir. Med prodniki ni tonalita ali granita, pač pa najdemo do 40 cm velike prodnike rjavo sivega apnenca z do 2 cm velikimi numuliti in tu in tam tudi alveolinami. Večinoma so slabo zaobljeni. Grobo ocenjena procentualna sestava prodnikov je naslednja:

- 40–50 % kredni apnenec
- 30–40 % sivi triasni dolomit, večinoma rjavo preperel
- 10 % kremenovi različki
- 5–20 % zelene metamorfne kamenine
- 2–3 % numulitni apnenec in druga eksotika

Vezivo klastitov je drobnopeščeno apneno. Ponekod, zlasti v višjem delu, so kamenine slabše vezane z glinastim vezivom in z znatno udeležbo sljude, ki je obilna tudi v drobnozrnatih kameninah. Med konglomerate se vključujejo peščene in tudi glinasto-laporaste plasti, na katere so vezani tanki neenakomerni sloji premoga.

V zreških konglomeratih najdemo prodnike numulitnih apnencev na območju Stranic, Oberča, Križevca, Brinjeve gore in Gračiča. So sicer redki, vendar povsod prisotni. Prevladujeta sivo rjavi biomikrit z manjšimi numuliti in alveolinami pa tudi temnejše sivi različek z numuliti, velikimi do 2 cm. Enake prodnike najdemo tudi pri Starem trgu zahodno od Slovenj Gradca, znani pa so tudi drugod v koroškem terciarju (Kahler & Papp, 1968). Pripisujejo jim cuisijsko in spodnjelutecijsko starost, enako kot eocenskim usedlinam v porečju Krke (Drobne et al., 1977, 1979; Oberhauser, 1980) in apnencem na primarnem mestu severno od Uršlje gore (Štrucl, 1970; Drobne et al., 1977, 1985). Sklepati bi torej smeli, da je nekdanja eocenska morska sedimentacija zajela dokaj obširen prostor, mogoče ob koncu sedimentacije straniških plasti, katerim naj bi po Tellerju (1899) forminiferne kamenine tudi litološko odgovarjale.



Sl. 4. Geološki stolpec za območje Zreč z znanimi sloji premoga

Fig. 4. Geologic section from the Zreče site with the known coal seams

Prav v bazi konglomeratov nad straniškimi plastmi smo našli do meter debel nestalen premogov sloj, večinoma sestavljen iz več tankih slojev ali pol. Imenujemo ga Rugljev sloj po lokalnosti, kjer smo ga sledili z razkopi. Našli smo ga tudi v vrtinah. Premog je večinoma zdrobljen in prhek. V talnini je peščena in laporasta premogasta glina, v krovlini pa peščenjak, ki po nekaj metrih preide že v grobi konglomerat. Višje se v skladovnici pojavljajo peščene, glinasto-peščene, in laporne plasti, ki so produkt mirnejše sedimentacije in vključujejo tudi tanke in nestalne premogove sloje. Najnižjega med njimi so po rudarskih podatkih našli v Edvardovem rovu v Stranicah v konglomeratih nekako 70 m nad straniškimi plastmi. Ta Edvardov sloj je bil debel 40 cm in danes ni dostopen. Naslednji okrog 50 cm debel Osredkov sloj so sledili z rovom pod Jesihom (kota 418) vsaj 300 m po smeri, po vpadu pa v smeri jaška Osredek do kote 371, kjer se je izklinil. Debelina premoga je redko preseгла meter. Raziskava z dna jaška (kota 303) je ugotovila le 16 cm debel sloj. Nekako 40 m višje so naleteli na straniške plasti z le nekaj centimetri premoga. Tudi južno od Dobrave so z rovom Jamnik (kota 413) sledili straniški premogov sloj po smeri najmanj 200 m daleč, vendar premog ni nikjer dosegel odkopne debeline. Rudarjenje na območju Osredka se zaradi neugodnih razmer ni moglo razviti in je bil sto metrov globok jašek izdelan zaman.

Na vzhodni strani zreške doline najdemo bazalne konglomeratne plasti na vsem jugozahodnem pobočju Brinjeve gore, kjer padajo v isto smer pod v povprečju zmernim kotom. Nekako sredi pobočja izdanja radanski premogov sloj v povprečni debelini okrog meter, le redko več, do 2 m. Premog je nečist in vključuje nekaj jalovic, ki so po rudarskih podatkih z globino naraščale. Premogov sloj je vezan na peščeno-laporasti horizont v zgornjem delu groboklastične skladovnice nekako 200 do 250 m nad rudistnimi apnenci, na katerih tu ni straniških plasti. Znana smerna dolžina premoga znaša blizu kilometer. Bližnja Radana vas je dala ime nekdanjemu premogovniku. Pa tudi celotno klastično skladovnico, ki leži nad straniškimi plastmi in vsebuje nekaj nestalnih premogovih slojev sorazmerno visoke in dokaj enake zrelostne stopnje, imenujemo radanske plasti.

Radansko premogišče so intenzivno izkoriščali v letih ob prelomu stoletja vse do nastopa 1. svetovne vojne leta 1914.

Navzgor slede radanskim plastem na videz zelo podobne, le slabše vezane in v povprečju nekoliko bolj drobnozrnate neogenske klastične usedline. Da gre za mlajše plasti, kaže znatno nižja zrelost premogove snovi, katero smo v obliki nekaj centimetrov debele žile medlega premoga našli v vrtini 5/59 v globini 72,8 m, to je nekako 60 m nad radanskim premogovim slojem. Poleg tega je bila v vezivu mlajših klastitov v isti vrtini najdena tudi skromna neogenska mikrofavna. Spodnja meja teh mlajših klastičnih usedlin zaradi litološke sličnosti z radanskimi plastmi ni povsem različna. Med konglomerati mlajše serije se navzgor postopno uveljavljajo peščenjaki in peščeno-sljudnati meljevci, dokler v najvišjem delu ne prevladajo tanko ploščasti in tu in tam peščeni laporji s helvetsko mikrofavno (L. Rijavec, ustni podatek; Mioč & Žnidarčič, 1978). Neogenski fluvialni režim sedimentacije je tako postopno prešel v morskega. Te laporaste plasti grade osrednji del zreške kadunje in je bila v njih izvrtana tudi vrtina B-1/82. Na območju Osredka in Križevca so morske plasti ob prelomu v tektonskem stiku s konglomerati spodnjega dela radanskih plasti. Mlajše klastične usedline so tudi v straniški kadunji in jih je od starejših težko ločiti. Od tod se proti severozahodu nadaljujejo v vitanjski prostor, kjer ob vznožju triasne Stenice prekrivajo temno sive apnene in peščene oligocenske (?) laporje, kakršne najdemo tudi v območju Konjiške gore.



V sestavi prodnikov neogenskih konglomeratov so triasni dolomit, kremen, kremenov peščenjak, razne metamorfne kamenine, kredni apnenec pa tudi sivo rjavi numulitni apnenec, pogosto z alveolinami. Odstotna udeležba kremenca in zelenih metamorfnih kamenin je na račun krednih apnencev znatno višja kot v radanskih plasteh, značilna pa je odsotnost magmatskih kamenin. Vezivo je laporasto-glinasto. V vrtni 5/59 je v globini 58,6 m okrog 20 cm debela plast zeleno sivega srednjezrnatega tufa, ki vsebuje kloritizirana zrna amfibola, spremenjene glinence in obilo biotita. Tufski vložek bi mogli spravljati v sklad prej s presedimentiranimi smrekovskiimi piroklastiti kot s karpatskim vulkanizmom štajerskega bazena ali celo Pohorja. Omeniti velja še opažanja v vrtninah, da so kamenine mlajših klastitov v primerjavi s spodnjimi mnogo bolj prepelele, občutna pa je tudi razlika v električni upornosti, ugotovljena za hidrološke potrebe z geoelektričnim sondiranjem leta 1982.

Na opisane plasti nalegajo zlasti v južnem in vzhodnem delu zreškega prostora še do 200 m debele pliokvartarne usedline prodov in rumenkaste, bolj ali manj peščene glinice in ilovice. Tanek pokrov teh plasti sega nekako do vrtnice 3/58, južno od ceste Stranice-Konjice pa prekrivajo znaten del terena. Severno od Brinjeve gore leže na metamorfnih kameninah. Med prodniki prevladuje predvsem kremen, udeležene pa so tudi magmatske kamenine Pohorja. Pri Malahorni (2,5 km vzhodno od Brinjeve gore) je v teh plasteh do 50 cm debel sloj zemljastega lignitnega premoga najnižjega ranga, ki se uvršča v ptujski premogovni pas s premogi zgornjepontske starosti (Hamrla, 1985/86).

Od Zreč proti Konjicam poteka ob Dravinji starokvartarna rečna terasa, ki je poleg dolinskih naplavin in pobočnega grušča najmlajša geološka tvorba. Teraso grade do 20 m debele plasti grobega proda pretežno metamorfnih kamenin in marogaste ilovice. Bliže Konjicam je več terasnih nivojev.

Celotno zaporedje plasti v zreškem prostoru in sedem erozijsko-tektonskih diskordanc med njimi ponazarja geološki stolpec na 4. sliki.

#### *Mnenja o časovni uvrstitvi terciarnih sedimentov*

Sklepi in domneve raznih raziskovalcev o starosti terciarnih plasti, ki pri Zrečah prekrivajo kredne apnenec, so bili raznoliki. Tako je najprej Zollikofer (1859) po melaniji terciarnega habita in po splošnem videzu imel plasti nad kredno za »eocenske«. Diskordanco med rudistnimi apnenci in sledečimi plastmi je prvi opazil Weinek (1870). Stur (1871) se ob sladkovodni favni glede starosti ni mogel podrobneje opredeliti, Hoernes (1893) pa je menil, da so plasti eocenske in sorodne lakustralno-brakičnim premogonosnim plastem pri Šentbricu blizu Velenja. Po Ettingshausenovi določitvi flore, med katero je tudi značilna eocenska oblika *Lygodium kaulfussi* Herr., je sklepal, da bi mogle biti eocenske starosti in vsekakor starejše od »socka« plasti laškega zaliva. Teller (1899) je na podlagi Ungerjeve »socka« flore prišteval zreške terciarne usedline v celoti najmlajšemu oligocenu v groboklastičnem razvoju (Schichten von Sotzka und Gutenege). Engelhardt (1902) pa jih je postavil na mejo srednjega in zgornjega oligocena na podlagi flore, katero sta pred njim obdelala Unger (1850) in Ettingshausen (cf. Engelhardt, 1902), in jo uvrstila v eocen (v tedaj veljavnem pomenu). Število za posamezne epohe značilnih vrst fosilne flore iz Engelhardtove zbirke za Stranice, Radano vas in Šego pri Makolah je naslednje:

lokalnost	zg. kreda	eocen	oligocen	miocen	pliocen	skupaj
Stranice	1	4	39	32	9	85
Radana vas	—	—	3	3	3	9
Šega pri Makolah*	—	—	26	22	1	51

V začetku stoletja je med rudarji prevladovalo mnenje, da je straniški premog eocenske, premog na Osredku pa oligocenske starosti (Schnetzler, 1909). Grannigg (1910) je pripisoval vsem premogonosnim plastem pri Zrečah akvitanjsko starost, podobno kot vsem premogovnim plastem med Velenjem in Rogaško Slatino. Petrascheck (1926/29) pa jih je imel za »socka« plasti.

Iz novejšje dobe (1957) velja omeniti mnenje L. Žlebnika, da straniške plasti v ničemer niso podobne »socka« plastem. Ob raziskovanju zreškega prostora v letih 1956–57 je prevladovalo mnenje, da so straniške plasti lokalni limnični facies starejšega paleogena; spodnji del klastične skladovnice naj bi nastal v obdobju burdigal-torton, zgornji pa v tortonu.

Zreške premoge je tedaj mikropaleobotanično nekoliko preiskala A. Budnarjeva. V krednem premogu je ugotovila skromno vsebino peloda krednih in eocenskih oblik, v vseh drugih premogih pa pelodne oblike, značilne za paleogen in miocen. Preiskava je bila le preliminarina.

Novejših makro-florističnih podatkov za območje Zreč ni. Biostratigrafska obdelava novih in revizija starih podatkov bi bila zaželena naloga strokovnjakov paleobotanikov. Stari podatki za območje Stranic in Radane vasi podpirajo le splošen sklep, da je v plasteh spodnjega dela zreške terciarne skladovnice zastopana paleogenska flora poltavskega tipa z dominacijo tropskih in subtropskih florističnih elementov. Ti so zastopani tudi v sicer maloštevilni spodnjeeocenski asociaciji iz Sečovelj (Hamrla, 1959).

Domnevo, da bi utegnile biti straniške plasti danajske starosti, sta izrazila Pavšič in Pleničar (1981).

Tako je vprašanje starosti straniških in radanskih plasti ostalo odprto, saj nezadostna fosilna evidenca in nepojasnjene litološke in tektonske razmere niso dopuščale točnejših sklepov.

### Povzetek geološkega razvoja Jugovzhodnih Alp v alpidski orogenezi

Razmislek o nastanku zreške skladovnice plasti je ob domnevi, da utegne biti tisti njen del, ki neposredno leži na zgornjekrednih apnencih paleogenske starosti, potrebno postaviti v časovni in dogodkovni okvir obdobja alpidске orogeneze. Geotektonski razvoj Jugovzhodnih Alp različni avtorji niso enako tolmačili. Tu podajamo po literaturi kratek povzetek osnovnega dogajanja.

Mnogofazni proces alpidске orogeneze je obsegal obdobje med pozno spodnjo kredno in koncem neogena. Po Trümpyju (1973) je najstarejša (paleoalpina) faza v zgornji kredi obsegala vsaj dve deformacijski epizodi, od katerih je predgosavsko gubanje in narivanje med turonom in spodnjim paleocenom (90–75 mil. let) pogojevalo gosavsko ingresijo v današnjih Vzhodnih Alpah in nadaljevanje gosavske morske sedimentacije ponekod še v eocen. Najvažnejša (mesoalpina) faza je bila v obdobju med zgodnjim zgornjim eocenom in poznim spodnjim oligocenom (40–30 mil.

\* (Premogonosne plasti Šege so verjetno predrupelijske starosti; Hamrla, 1985/86).

let). Obsega pirenejsko fazo, ko je prišlo do paroksizma orogenije, burna premikanja pa so bila v prostoru Jugovzhodnih Alp še v savski in štajerski fazi. Najmlajša je bila mio-pliocenska (nealpina) faza, ko so pretežno vertikalna premikanja pogojevala nastanek neogenih bazenov, katere je preplavila Paratetida. Med temi fazami so bila obdobja mirovanja, dviganja in erozije. Prey (1976) meni, da je bil višek staroalpske faze v turonu, mladoalpske pa v egeriju. Po Oberhauserju (1980) se je subdukcija v Alpah pričela v srednji kredi, mirovala med campanom in maastrichtom ter se obnovila v paleocenu in eocenu, ko je prišlo do prvega palingenetskega vulkanizma (Euganei, Adamello, Karavanke, Pohorje, Madžarska). Narivna zgradba Alp je posledica subdukcije. Po današnjih predstavah velja, da predstavlja periadriatski lineament – v katerega območju je tudi zreški prostor – suturo, vzdolž katere je prišlo v mesoalpski fazi do konsumacije peninske oceanske skorje in nato do kolizije z diametralno usmerjenim narivanjem. Anatektični magmatizem je segal še do srede neogena (Štajerski bazen, Madžarska). Raziskovalci so soglasni, da so se največje kompresijske deformacije dogajale v srednjealpski fazi (Oberhauser, 1980). Dietrich (1976) meni, da se je južno usmerjena subdukcija pričela v zgornji kredi, po Tollmannu (1976) se je njena smer menjala, drugi zopet zagovarjajo severno smer (Channell & Horváth, 1976). Zaradi subdukcije je izginil del skorje, prostorsko skrajšanje vzdolž periadriatskega šiva pa naj bi znašalo celo več kot 300 km (Dietrich, 1976). Razmere zapleta še desni lateralni pomik reda velikosti do 150 km (Oberhauser, 1980; Exner, 1976; Tollmann, 1977). Periadriatski šiv, ki je star, alpidsko reaktiviran paleozojski lineament, predstavlja v severni Sloveniji mejo med Vzhodnimi Alpami in Dinaridi, proti vzhodu na območju panonskega bazena pa se verjetno nadaljuje v balatonski črti (Wein, 1969), mogoče tudi v raabski črti (Prey, 1976).

Krški pokrov, ki se na vzhodu povezuje z graškim paleozoikom, je del najmlajše alpske narivne zgradbe (Oberostalpin), katere koren naj bi bil v Dravskem pasu, ki je tektonska enota severno ob periadriatskem šivu (Tollmann, 1977). Narinjen je na kristalinik Centralnih Alp, s svojim najbolj južnim delom pa sega, že zelo zožen, na slovensko ozemlje. Stratigrafsko najmlajši del tega alohtonega pokrova so gosavske in terciarne usedline. Za starost narivanja velja, da je staroalpidna (Oberhauser, 1980) oziroma predgosavska (Tollmann, 1977).

V Vzhodnih Alpah je bila laramijska faza na prehodu krede v terciar sorazmerno blaga in se je gosavska sedimentacija nadaljevala v eocen. Paleocen je bila perioda emerzije in minimalnega tektonizma in je do lokalne sladkovodno-brakične sedimentacije utegnilo priti le v lokalnih, tektonsko nastalih bazenih (Channell & Horváth, 1976; Tollmann, 1976; Wein, 1969).

Občutnejše premikanje se je pričelo šele sredi eocena v ilirski fazi. Najprej je prišlo do molasne fluvialno-limnične sedimentacije, ko so se lokalni bazeni najprej zapolnjevali z alpskim materialom, nato pa je sledila morska sedimentacija, ki je zapustila sledove na obširnem ozemlju. Z nastopom pirenejske faze je prišlo do poplitvenja, emerzije in erozije, ob nadaljevanju subdukcije tudi do magmatizma. Narivni premiki so trajali najmanj do otnanga (Prey, 1976). V Vzhodnih in Južnih Alpah je v spodnjem oligocenu prevladovalo kopno. Šele v srednjem oligocenu se je v tektonsko nastalih bazenih obnovila molasna sedimentacija, ki se je nadaljevala v spodnji miocen vse do nastopa savske faze. Vpliv bolj ali manj intenzivne tangencialne tektonike je v Južnih Alpah opazen vse do rodanske post-panonske orogene faze. V helvetu je nastopila neogenska imerzija in je celotno območje današnjega Štajerskega bazena postopno prekrilo morje, ki je regrediralo šele z nastopom pliocena.

V mladoalpskem obdobju zgornjega neogena je prišlo do desnega premika tudi ob labotskem prelomu, ki seče periadriatski lineament in vanj na naših tleh dozdevno prehaja. Tedaj je bil del Krškega pokrova premaknjen proti jugovzhodu za približno 18 km v današnji zreški prostor (Spitz, 1919; Kieslinger, 1928, 1931; Winkler, 1931; Mioč & Žnidarčič, 1978). Sicer pa ima Lavanttalski prelomni sistem, katerega del je postpanonski labotski prelom, že variscično zasnovano (Tollmann, 1977; Oberhauser, 1980). Pozneje je bil reaktiviran in je aktiven še danes. Njegovo zahodno krilo je spuščeno za okrog 4 km.

Prve domneve o dogajanju med gosavsko in sledečo paleogensko periodo na ožjem prostoru današnje severne Slovenije najdemo pri Spitzu (1919). Po Premruju (1980) je bil ta prostor v paleocenu verjetno pretežno kopno, vendar je zaradi oscilacij podlage utegnilo priti do nastanka omejenih sedimentacijskih bazenov. Morska sedimentacija naj bi se uveljavila že v zgornjem cuijsiju in je bila obširnejša zlasti v post-ilirskem obdobju. Glavna narivanja naj bi zajela interval med srednjim eocenom in srednjim oligocenom (Premru, 1981, 1983), ko so med emerzijo mogle biti odstranjene morebitne v paleogenu odložene plasti.

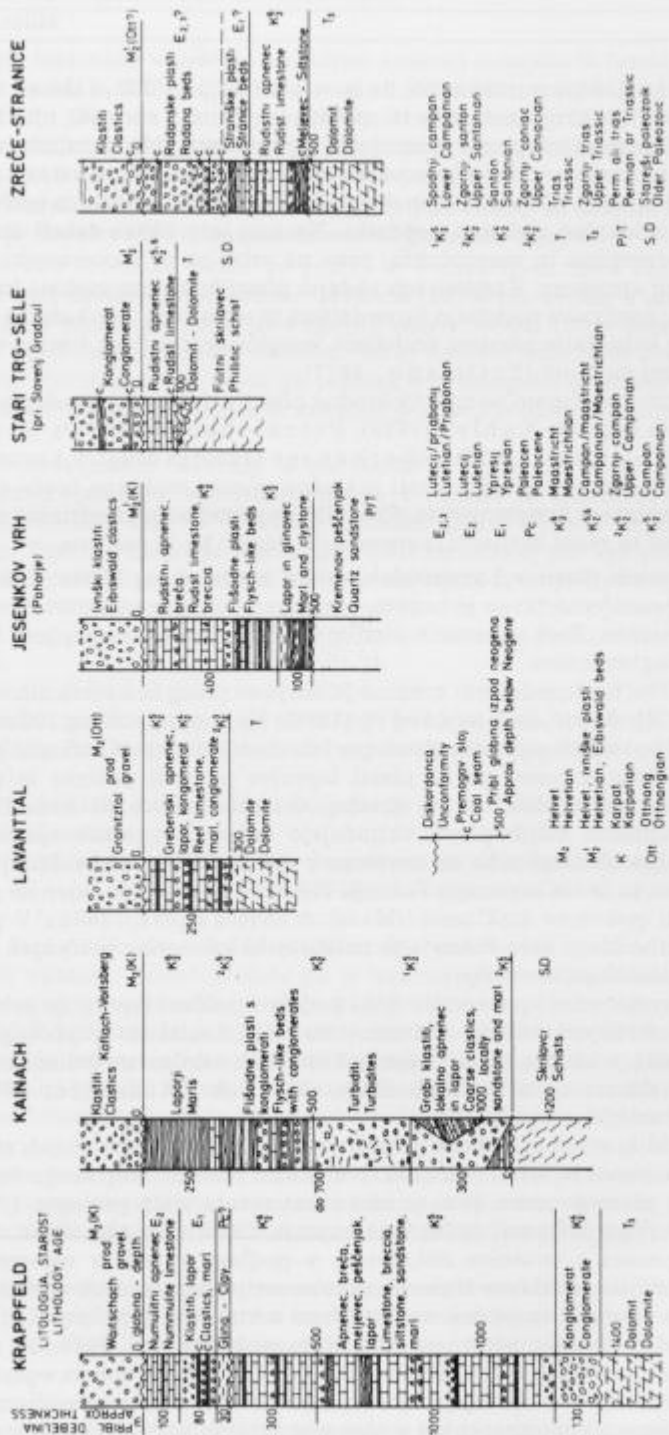
### Gosavski in staroterciarni sedimenti

Sodeč po ostankih zgornjekrednih gosavskih plasti v Vzhodnih Alpah je tedanja sedimentacija zajela sicer obširna območja, vendar po prevladujočem mnenju morske in druge vodne površine najbrž niso bile strnjene. Premogovi vključki v teh plasteh so pogostni. Ekonomska premožišča je opisal že Petrascheck (1926/29), najbolj znane lokalnosti pa so Gosau, Grünbach in Gams v Avstriji in Ajka na Madžarskem. Gosavska sedimentacija se je s prekinitvijo nadaljevala v paleogensko, kot na primer v porečju avstrijske Krke pri Krappfeldu. V naslednjem povzemamo značilnosti gosavskih usedlin v območju Krškega pokrova zaradi primerjave s sedimenti zreškega prostora. Geološke stolpce pokažemo tudi grafično na 5. sliki.

Območje Krappfeld v Avstriji so opisali Kahler (1928), Petrascheck (1926/29), Van Hinte (1963), Tollmann (1977), Oberhauser (1963, 1980) in drugi. Po Van Hinteju znaša debelina zgornje krede več kot 2000 m, po Oberhauserju 500 do 700 m. Litološko pestro skladovnico grade spodaj 130 m debeli bazalni santonski konglomerati. Sledi 1000 m brečastega in detritičnega apnenca z vložki meljevca, laporjev in peščenjakov campanske starosti, najvišjih 300 m pa pripada že spodnjemu maastrichtu. Osrednji del krednih usedlin ima flišni značaj.

Diskordantne terciarne plasti se pričenjajo s 30 m debelo rdečo glino (s prodniki kremena brez fosilov), katero so prvotno imeli za terestrični paleocen. Naslednja Höhenwirt-Sittenberg serija je 80 m debelo zaporedje peščenjakov, konglomeratov, laporjev, glin in s fosili bogatih apnencev, ki je uvrščeno v ypresij. Vključuje tudi dva meter do poldrug meter debela sloja skrilavega premoga v medsebojni razdalji okrog 30 m; odkopavali so ju vse do leta 1960. Najvišje je okrog 100 m debela plast numulitnih apnencev z vključki peščenih laporjev, zgoraj že lutecijske starosti. Celotna debelina ohranjenih eocenskih usedlin znaša nekaj nad 200 m. Kahler (1928) sklepa, da je kredna transgresija napredovala z južne oziroma jugovzhodne smeri. Krappfeld je edina gosavska lokalnost, kjer so še ohranjene paleogenske usedline.

Do 1200 m debela skladovnica zgornjekrednih usedlin pri Kainachu zahodno od Graza je facielno manj podobna ostalim gosavskim tvorbam. Po Tollmannu (1977)



Sl. 5. Geološki stolpci za gosavske lokalnosti v predelu Jugovzhodnih Alp z litologijo, debelinami in stratigrafijo plasti. Prirjeno po virih, ki so navedeni v tekstu

Fig. 5. Geologic sections from Gosau localities in the region of Southeastern Alps, showing lithology, thickness and stratigraphy. After sources cited in text



in Oberhauserju (1980) povzemamo, da so v bazi najprej 300 m debeli bazalni konglomerati in breče zgornjesantonske in spodnjecampanske starosti; njih facielni različki so temni laporasti in apneni peščenjaki. V obrobem delu bazalnih plasti so do 200 m debeli bituminozni laporji z vključki premoga (Oberhauser, 1980; Petrascheck, 1926/29). Sledi do 700 m debela campanska skladovnica peščenoglinastih turbiditov z lokalno obilnimi prodniki. Na njej leže 250 m debeli cementni laporji zgornjega campana in maastrichta, prav na vrhu pa so inoceramski laporji z vključki rudistnih apnencev. Z izjemo teh zadnjih plasti je fosilna vsebina kainaške skladovnice revna; predvsem manjkajo foraminifere in ostrakodi, kar kaže na osladiitev voda. Ostanke kainaškim plastem podobnih konglomeratov brez fosilov so našli tudi pri Frohnleitnu na Muri (Tollmann, 1977).

Najbližje zreškim usedlinam so zgornjekredne plasti pri Slovenj Gradcu in v Labotski dolini. O njih so pisali Kahler (1928), Petrascheck (1926/29), Kieslinger (1928, 1935), Tollmann (1977), Oberhauser (1980) in drugi. V Lavanttalski dolini pri St. Paulu grade gosavske plasti pretežno apnene rudistne breče z vložki laporja in drobnozrnatega konglomerata. Prodniki so pretežno permotriasni apnenci in dolomiti, kremen in razni skrilavci, rumenkasto vezivo pa je peščeno.

Debelina gosavskih plasti v Lavanttalski dolini znaša okrog 250 m (Oberhauser, 1980). Foraminiferna favna je bogata, stratigrafsko pa so plasti uvrščene med spodnji coniac in santon. Prek gosavskih usedlin transgredirajo debele plasti fluvialnih karpatskih konglomeratov.

Gosavske usedline na Jesenkovem vrhu na Pohorju so poleg že navedenih obdelali še Pleničar (1971), Mioč in Žnidarčič (1978). Na spodnji, okrog 100 m debeli skladovnici pretežno trdih lapornatih glinovcev leži do 400 m debeli horizont grebenskikh apnencev s hipuriti, vmes pa so plasti laporjev pa tudi peščeni in glinasti vključki. Grobih bazalnih klastitov ni, spodnji del skladovnice pa kaže flišoidni značaj. Brečasti apnenci višjih plasti vključujejo odlomke triasnih apnencev in dolomitov. Plasti Jesenkovega vrha so uvrščene v campan-maastricht. Manjše krpe podobnih apnencev so še na severnem Pohorju zahodno od Ribnice, kjer jih prekrivajo ivniške plasti pohorske sinklinale (Mioč & Žnidarčič, 1978). V podlagi krednih usedlin zahodnega dela Pohorja je paleozojski kremenov peščenjak, ki leži na kameninah štalenskogorske serije.

Svetlo sivi zgornjekredni apnencev ter flišu podobni peščeni laporji in peščenjaki so v majhni krpi ohranjeni tudi na Ostrem vrhu na Kobanskem. V podlagi imajo zgornjetriasne plasti, v bližini pa so ostanki filitoidnih skrilavcev štalenskogorske serije v narivnem stiku z metamorfnu podlago (Mioč & Žnidarčič, 1978). Na kredne sedimente nalegajo ivniške plasti.

Skromni ostanki krednih apnencev so tudi pri Starem trgu in pri Selah zahodno od Slovenj Gradca, znani že Rolleju (1857). V okviru raziskav koroškega terciarja, ki je v več nivojih premogonosena, je ta predel obravnavala vrsta geologov (Petrascheck, 1926/29; Van Husen, 1976; Tollmann, 1985; Oberhauser, 1980 in drugi). Kredni apnenci s triasnim dolomitom v podlagi so bili v severni smeri narinjani na paleozojske skrilavce štalenskogorske serije, nanje pa ob severnokaravanskem narivu še zgornjetriasni dolomit. Narivno tektoniko, tu in tam tudi luskanje, je mogoče slediti ob vsem severnem robu Karavank (Spitz, 1919; Kieslinger, 1931; Štručl, 1970; Mioč & Žnidarčič, 1978). Kredne apnenice prekrivajo polimiktne konglomerati, ki vključujejo tudi laporno glinaste plasti s premogom. Med prodniki so enaki numulitni apnenci kot v območju Stranic. Okrog 5 km zahodno od Sel so pri kmetijah Ivartnik in Kogovnik na območju Homa pod narivom glavnega



dolomita tektonsko vkleščeni numulitni apnenci cuisijске in lutecijske strosti (Mioč & Žnidarčič, 1980; Drobne et al., 1977, 1985), torej iste kamenine, kot so pri Krappfeldu (Kahler & Papp, 1968; Oberhauser, 1980). Ti ostanki pričajo za avtohtonost eocenskih usedlin v prostoru, katerega geološka zgodovina je za razumevanje razmer v zreškem prostoru še kako pomembna.

Pri Gorni, zahodno od Mežice na avstrijski strani, so ostanki konglomeratov, za katere je Bauer (1970) domneval možno gosavsko starost.

Izolirane eocenske plasti so znane še v zahodnem delu Južnih Karavank pri Lepeni nad Javorniškim rovtom. Mikuž (1979) jih uvršča v spodnji del lutecija, Drobne s sodelavci (1979) pa v zgornji eocen. V bazi 190 m debele skladovnice sta apneni peščenjak in lapor v debelini nekaj metrov, nato sledi peščeni apneni lapor z bogato cirensko favno, le-ta pa prehaja v premogasti skrilavec z dvema tankima slojema premoga. Značilna za te usedline je popolna odsotnost mikrofavne in mikroflore.

V severovzhodni Sloveniji je na Šuštarici južno od Makol izdanek eocenskih numulitnih apnencev, katerih starost so Drobne in sodelavci (1979) določili kot zgornjeeocensko. Gre za erozijske ostanke plasti, ki leže neposredno na triasni podlagi. Tudi na območju Ravne gore (NR Hrvatska) pri Višnjici so našli zgornjeeocenske apnenice, na katere so s severa narinjeni zgornjetriasni apnenci in dolomiti (Šikič, 1976). Drug izdanek enakih sedimentov je 3,5 km južneje ob donački prelomnici. Bogata mikrofavna kaže na plitvo in mirno morsko sedimentacijo zgornjega eocena.

Omeniti velja še temne masivne apnenice z drobnimi, do 6 mm velikimi numuliti neposredno na triasni podlagi severnega pobočja Boča, o katerih poroča Zollikofer (1859). Enaki apnenci so tudi na južnem pobočju Plešivca (A. Nosan, ustno sporočilo).

Vsi ti podatki kažejo, da je bil zgornji eocen odložen tudi na območju severovzhodne Slovenije.

Glede paleogenega dogajanja in razvoja na Madžarskem ugotavljajo Trunkó (1969), Wein (1969) in Gidai (1978), da se je zvrstilo več transgresijskih ciklov. Debelina še ohranjenega eocena znaša do 500 m. Tudi tu je med okopnitvijo v laramijskih fazi prišlo do lokalne sladkovodne sedimentacije le v manjših tektonsko nastalih bazenih, kopne predele pa je izravnavala erozija. Šele srednjeeocenska in predvsem zgornjeeocenska imerzija, ki je prišla z zahodne in jugozahodne smeri, to je z območja današnje Istre in Dalmacije, je bila obsežnejša (Gidai, 1978). Spodnji paleogen je terestrično-limničen in vsebuje, zlasti na območju Bakony, premogove sloje bazalnega tipa. Tako so premogonosne plasti Doroga uvrščene v ilerdij. Transgresivna lutecijska brakična in morska sedimentacija je zajela bistveno večji prostor kot v spodnjem eocenu, na njen bazalni del z brečami, laporji, glinovci in skrilavci pa so vezana tudi premogišča, med njimi Tatabanya. Višje eocenske plasti vsebujejo bogato favno numulitov, alveolin, koral in moluskov, imerzija pa je v zgornjem luteciju zajela celoten predel Bakony. Eocensko sedimentacijo je prekinila pirenejska orogenija.

Najvišji eocen je ohranjen severno in severovzhodno od Budimpešte v Buda laporjih. Ti prehajajo navzgor v tardske gline spodnjega oligocena, ki so neposredna talnina rupelijskih kiscelskih glin (Baldi, 1984). Te gline (sivica) pri nas že vključujejo andezitne tufe (Kuščer, 1967). Spodnjeoligocenska emerzija je na območju Bakony oligocenske sedimente skoraj v celoti odstranila (Trunkó, 1969), pač pa so na obeh straneh Blatnega jezera kontinentalne oziroma epikontinentalne



ekvivalenti pa so tako v Štajerskem bazenu kot v Posavskih gubah. Teller (1898) je konglomerate uvrščal v zgornji miocen. V teh, pa tudi v nižjih sarmatskih plasteh so prisotni prodniki eocenskega numulitnega apnenca, ki facialno in starostno odgovarjajo numulitnim apnencem Krappfelda (Kahler & Papp, 1968).

Koroška premogišča ob severnem vznožju Karavank med Beljakom in Prevaljami kažejo občutne razlike v kakovosti premogov in pripadajo različnim nivojem limničnih in višjih brakičnih sarmatskih plasti (Tollmann, 1985). Prekriva jih panonski bärentalski konglomerat, ki ga je težko ločiti od še višjih pliocensko-pleistocenskih satniških konglomeratov. Po Van Husenu (1976) gre za mirno rečno sedimentacijo na zreli podlagi in za grobi, pretežno karbonatni zasip.

Konglomerate na rudistnih apnencih pri Selah in Starem trgu zahodno od Slovenj Gradca je prišteval Teller (1898) ivniškim plastem zgornjega miocena. Ti klastiti so – kot že rečeno – identični z onimi v straniški kadunji pri Zrečah in naj bi po Sturu (1871) vsebovali enako neznačilno sladkovodno favno. Dobro zaobljeni prodniki so veliki do 10 cm, v sestavi pa močno prevladujejo kredni apnenci nad metamorfnimi filiti in blestniki. Kremenja je malo, še manj rdečkastih kremenovih peščenjakov, prisotni pa so tudi prodniki svetlo rjavega apnenca z numuliti in alveolinami. Vezivo je drobnopeščeno apneno ali glinasto, kamenina pa je ponekod dobro vezana. V glinasto-laporasti plasti konglomeratov je do 3 m debel premogov sloj, s skrilavimi jalovicami razdeljen v dve ali tri pole. Rudarili so v preteklosti pri Tratniku blizu Starega trga, kjer meri odkopana površina približno  $250 \times 100$  m. Podobne so razmere pri Selah, okrog 1,5 km zahodno, kjer leži premogov sloj bliže podlagi terciarnih plasti.

Klastite ribniške sinklinale na Pohorju prištevajo ivniškim plastem (Mioč & Žnidarčič, 1978). Med prodniki je tudi tonalit. Usedline predira pohorski dacit, o čemer so pisali številni geologi (Žurga, 1926; Winkler, 1929; Kieslinger, 1935; Faninger, 1970, 1973, 1982). Ker je ta vulkanizem identičen z onim v štajerskem terciarju, so tudi klastiti ribniške sinklinale uvrščeni v karpatski baden (Oberhauser, 1980).

Tektonsko pogojeni fluvialni karpatski premogovni bazeni so nastali še drugod v Vzhodnih Alpah (npr. Fohnsdorf).

Tudi za konglomerate, ki v zreškem prostoru leže na krednih apnencih oziroma na straniških plasteh, so sprva menili, da so neogenske starosti. Dvom pa je zbudila visoka, za neogenski premog anomalna zrelost premogove snovi, ki je spodbudila tudi pričujočo raziskavo.

### Magmatizem

Pri tolmačenju geoloških razmer nekega ozemlja je pomembna tudi njegova termična zgodovina tako z vidika termometamorfizma anorganskih kamenin kot tudi evolucije organske snovi v sedimentih. Zato po obstoječih podatkih kratko povzemimo sedanje vedenje o alpidnem magmatizmu severne Slovenije. Tu dominirajo karavanške in pohorske tonalitne globočnine in njihovi diferenciaciati, katere je v novjšem času obdeloval zlasti Faninger (1970, 1973, 1976, 1982, 1986). Karavanški tonalit je rupelijski, datiran  $28 \pm 4$  in  $29 \pm 9$  mil. let (Scharbert, 1975), sosednji porfirski granit ( $s 244 \pm 9$  oz.  $252 \pm 9$  mil. let) pa je poznovariscičen (Oberhauser, 1980). Iste starosti kot karavanški tonalit je tudi granodiorit-tonalit Vedrette di Ries v Italiji (Faninger, 1986).

Ozko povezan s karavanškim tonalitom je andezitni vulkanizem severne Slovenije ter sta magmi smrekovškega andezita in karavanškega tonalita identični (Drovenik et al., 1980). Andezitne erupcije so bile vezane na globoke prelomnice periadriatskega prelomnega sistema in verjetno niso bile sinhrono s tonalitno intruzijo. Buser (1979) meni, da je bil andezitni vulkanizem najbolj intenziven v rupelijski stopnji, enako tudi Hinterlechner in Pleničar (1967). Drovenik in sodelavca (1980) menijo, da se je nadaljeval iz oligocena v miocen, Premru (1983) pa dopušča celo zgornjeeocensko starost. Kje je bilo težišče tega vulkanizma, je vprašljivo. Andezita in primarnih piroklastitov ne najdemo severno od smrekovškega preloma pa tudi ne severno od črte Kraberg-Slemene in donačke prelomnice. Istemu vulkanizmu pripadajo piroklastiti in z vrtnami dokazani andeziti pri Rogaški Slatini. Detajlna magnetometrija je tu razkrila dobrih 10 km dolgo anomalijo s štirimi izrazitimi centri vzdolž podaljška šoštanjске prelomnice.

Podoben vulkanski center je mogoče domnevati tudi vzhodno od Laškega, kjer je vrtina Td-1/84 v Trobnem dolu pokazala 125 m debelo plast andezitnega tufa na spodnjeegerijsku (rupelijsku) oligocensku sivici. Vulkanske andezitne erupcije verjetno niso bile istočasne.

Tudi pohorski tonalit je periadriatska globočina, vendar drugačnega izvora kot karavanški; prebija ga po kemizmu identičen srednjemiocenski dacit, ki je s pohorskim tonalitom palingenega izvora (Fanning, 1973, 1982). Edina radiometrična določitev njegove starosti  $19 \pm 5$  mil. let (DeLeon, 1969) utegne biti netočna. Drovenik in sodelavca (1980) menijo, da bi mogel biti tudi pohorski tonalit oligocenski. Sicer govori Drovenik (1984) tudi o miocenskem tonalitu. Subdukcijsko pogojen magmatizem se je končal na Pohorju z ekstruzijo dacita v helvetu.

O starosti pohorske intruzije še nimamo zanesljivega točnega podatka. Ker jo prebija daciti štajerskega vulkanizma (Tollmann, 1985), je njena starost predkarpatska, potemtakem najverjetneje oligocenska.

Skleniti torej moremo, da so alpske globočnine in predornine severne Slovenije genetsko identične ter pogojene s procesi palingeneze in anatekse v srednjealpidski subdukciji. Magmatizem v glavnem sovпада s paroksizmi orogenetskih premikanj. V vzhodnoalpski regiji sta bili dve večji magmatski epizodi vzročno povezani s potekom subdukcije in tektonizmom; starejša eocensko-oligocenska v severni Italiji, Sloveniji in na Madžarskem ter mlajša neogenska na zahodnem panonskem obrobju in znotraj karpatskega loka (Tollmann, 1985). Tudi ta miocenski vulkanizem ni bil povsod istočasen (Horváth & Stegena, 1977).

## Premogi

### *Kemizem zreških in primerjalnih premogov*

Za kemično karakterizacijo zreških premogov so služile predvsem elementarne kemične analize Kemijskega inštituta SAZU Boris Kidrič v Ljubljani iz leta 1957, k temu še analiza Inštituta za ugalj v Beogradu (1957), dve novejši analizi iz laboratorija Zasavskih premogovnikov (1983, 1987) in dve starejši analizi iz leta 1924; skupaj torej 17 elementarnih kemičnih analiz. Vzorci premogov iz leta 1957 so bili tedaj zbrani v razkopih, vrtnah ali še dostopnih rudniških rovih. Dve novi analizi se nanašata na vzorec krednega premoga iz vrtine V-7/83 in vzorec Osredkovega premoga z izdanka (1987). Sveži vzorci premoga so danes dosegljivi kvečjemu še v vrtnah.

V 1. tabeli so podane povprečne vrednosti kemičnih zrelostnih parametrov za posamezne premogove sloje. Vrednosti se nanašajo na čisto premogovo snov. Podatke v preglednici dopolnjujejo zrelostni kazalci nekaterih prostorsko bližnjih, časovno analognih ali drugače zanimivih primerjalnih premogov. Podatki za premoge zunaj Slovenije so pretežno iz starejše literature in so bili ustrezno preračunani. Viri so navedeni na koncu tabele. Podatki različnih avtorjev iz raznih časov so tu in tam pomanjkljivi ali drugače nezanesljivi pa tudi kakovost in reprezentančnost vzorcev nista bili enaki. Zato predstavljajo parametri 1. tabele le približne vrednosti in služijo za približno medsebojno primerjavo premogov.

Navedeni kemični parametri karakterizirajo zreške premoge kot dokaj enotno skupino kljub odstopanjem npr. Osredkovega sloja, ki kaže najvišje zrelostne parametre (pogojene morda s sestavo vzorca premoga ali pa celo z napako v analizi iz leta 1924). Vsebnosti ogljika in hlapnih snovi pa tudi atomsko razmerje H/C kažejo precej enoten rang. Vsi imajo tudi dokaj visoko sposobnost koksanja, ki s stratigrafsko višino pada. Zgornjekredni premog se kemično ne razlikuje od premogov terciarnih radanskih plasti. Zrelostno podobni so primerjalni gosavski premogi pa tudi lutecijski premog Majevice.

Edvardov in zgornji radanski sloj nista bila analizirana, ker premog ni več dostopen. Eocenski premogi Krappfelda in Tatabanye pa tudi premog Sečovelj so znatno nižjega ranga in po kemizmu odgovarjajo karpatskim premogom Avstrije pa tudi Starega trga. Oboji so kemično podobni oligocenskim premogom Häringa in Laškega. Premog Seže pa je termično oplemeniten (Hamrla, 1985/86).

Položaj premogov ponazorimo v poenostavljenem Seylerjevem diagramu (Francis, 1954), v katerem zreški in analogni premogi obsežajo spodnji del območja črnih premogov (6. slika). Vrisan položaj teh premogov je le približen, saj parametri v diagramu niso povsem skladni.

Rangiranje in vzporejanje premogov po kemizmu celotnega premoga je nezanesljivo ali celo neprimerno tudi pri neoporečnih analiznih podatkih, kajti razlike v petrografski sestavi lahko močno vplivajo na vrednosti parametrov. Presoja in primerjava po kemizmu je zato uporabna le, če analiziramo samo vitritno maceralijo. Tako zrelostno rangiranje omogoča optična metoda merjenja odsevnosti vitritnita, ki jo obravnavamo v naslednjem poglavju. Razmerje med srednjo povprečno optično odsevnostjo  $R_m$  (iz 2. tabele) in atomskim razmerjem H/C, ki kot zrelostni parameter odraža stopnjo »aromatizacije« premogov, kaže 7. slika. Iz nje je razvidna dokaj ozka lokaliziranost zreških premogov.

### *Optična odsevnost zreških in primerjalnih premogov*

Zrelostno stopnjo premoga, tudi stopnjo ogleinitve ali kratko rang imenovano, določamo tudi s fizikalnimi parametri, med katerimi v zadnjem času izstopa optična odsevnost premoga. Ta je odvisna od notranje zgradbe premoga oziroma njegovih sestavin ali maceralij. Odločilna je odsevnost vitritnita oziroma huminita pri premogih nižjega ranga, to je maceralije, ki izhaja iz lignina in celuloze višjih rastlin in se kaže v obliki gelov in gelificiranega tkiva. Določamo jo na polirani površini premoga z mikroskopskim fotometrom. Oglenitev je nepovraten proces v smeri postopnega poenotenja premogove snovi. Pri tem se spreminja kemizem v smeri naraščanja vsebnosti ogljika in zmanjševanja kisika, vode in hlapnih snovi; paralelno s tem pa se ureja notranja struktura premoga.



Tabela 1. Povprečni kemični indikatorji ranga zreših in sorodnih primerjalnih premogov  
 Table 1. Average chemical rank indicators of Zreče coals and of some related comparative coals

Št. No.	Premogov sloj ali lo- kalnost in simbol Coal seam or locality and symbol	St. analiz No. of analyses	Parametri na vpp osnovi Parameters on <i>daf</i> basis		Indeks na- buhnjenja Swelling index	Starost Age			
			C %	H %			Hl %	H/C(at)	
			Vol. %						
A) Zreški premogi - Zreče coals									
1	Pucka sloj (P)	3	79,8	5,25	43,5	31,2	0,78	8	Maastricht
2	Straniški sloj (S)	4	82,3	5,6	40,8	32,6	0,82	7	Sp. eocen (?)
3	Rugljev sloj (Ru)	4	80,2	5,45	41,2	34	0,80	6 $\frac{1}{2}$	
4	Osvredkov sloj (O)	2	84,6	4,2	32,6	32,5	0,6	?	Sp. eocen (?)
5	Edvardov sloj (E)	-	NI podatkov ne vzorcev No data and no samples						
6	Radanski sloj (R)	4	80,6	5,25	40	32	0,78	4 $\frac{1}{2}$	Helvet (Ottmang)
7	Zg. radanski sloj (ZgR)	-	NI podatkov ne vzorcev No data and no samples						
B) Primerjalni premogi - Comparative coals									
8	Grahovo (Srbija) (G)		76	5	38	33,9	0,77	*	Camp.-maastr.
9	Vremski Britof (VB)	6	85,7	4,7	23,5	35,5	0,66	7-8 $\frac{1}{2}$	Zg. kreda
10	Cosovski premogi Avstrije (GA)	3	76	5,2	42	33,4	0,79	?	Zg. kreda
11	Majevica (Bosna) (M)		80	5,5	45	33,5	0,82	+	Sr. eocen
12	Krappfeld (Avstrija) (K)	2	72,8	5,7	55,5	30,3	0,96	?	Sp. eocen
13	Paša (Istra) (Pš)		81,9	6,05	52,1	34,3	0,88	0-8	Sp. eocen
14	Sečovlje (Istra) (Sč)	6	75,5	6,3	53,7	32,6	1,0	2 $\frac{1}{2}$ -3	Sp.(sr.) eocen
15	Tatabanya (Madžarska) (T)	2	74,2	5,6	50	30	0,91	?	Sr. eocen
16	Häring (Tirolska) (Hä)	2	71	5,1	50	27,6	0,87		Sp. oligocen
17	Laško (Lš)		71,5	5,5	53	29,1	0,92		Sr. oligocen
18	Srednjemiočenski premogi Avstrije: Eibiswald, Fohnsdorf, Lavanttal (A)	4	72,9	5,3	50	27,5	0,88		Karpat
19	Stari trg pri Slovenj Gradcu (Tratnik) (Str)	1	73,9	5,45	48	29,9	0,88		Ottmang
20	Leše (Le)	2	69,8	5,4	56,5	25,7	0,93		Sarmat
21	Šega-Hrastovec (Š)	6	88,1	4,95	23,7	36,4	0,67	9	Sp. oligocen? (termično ople- meniten premog)



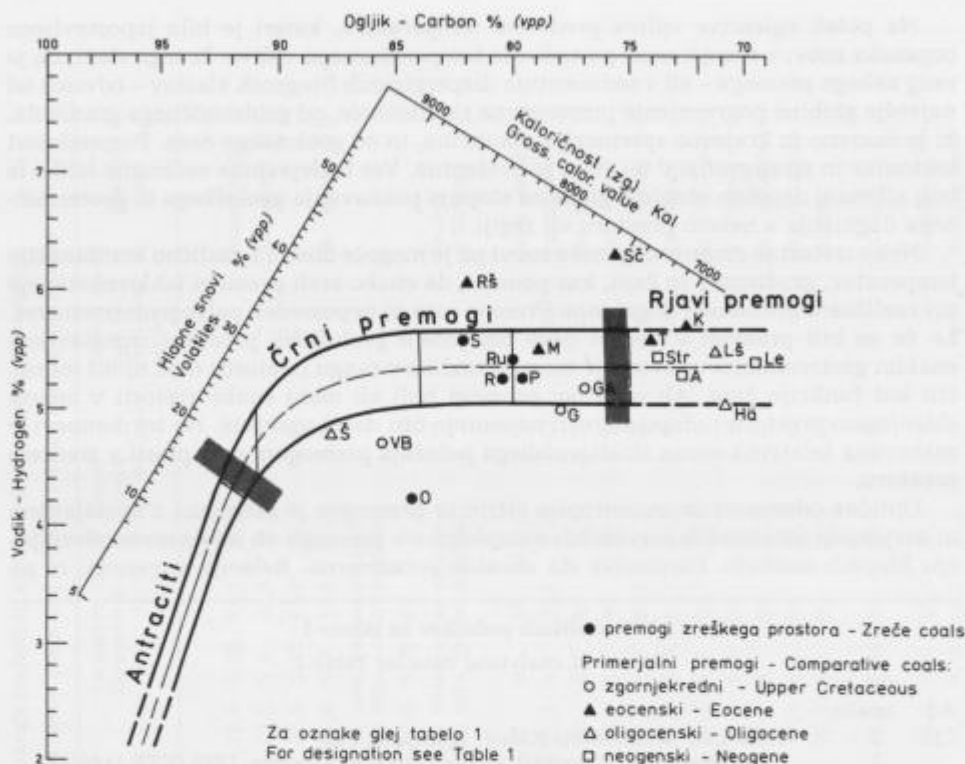
Na potek ogletnitve vpliva predvsem temperatura, kateri je bila izpostavljena organska snov, v manjši meri pa tudi čas temperaturnega vpliva. Iz tega sledi, da je rang nekega premoga – ali v sedimentnih dispergiranih fitogenih klastov – odvisen od največje globine pogreznjenja premogovne skladovnice, od geotermičnega gradienta, ki je časovno in krajevno spremenljiva količina, in od geološkega časa. Pomembnost tektonike in stratigrafije v tej zvezi je evidentna. Vse te dejavnike večinoma lahko le bolj ali manj uspešno ocenimo glede na stopnjo poznavanja geološkega in geotermičnega dogajanja v nekem prostoru ali regiji.

Neko zrelostno stopnjo organske snovi pa je mogoče doseči z različno kombinacijo temperatur, gradientov in časa, kar pomeni, da enako zreli premogi lahko nastanejo pri različnem geološkem dogajanju. Premog zato ni neposreden paleogeotermometer. Le če so bili premogi v nekem ozko omejenem geološkem prostoru izpostavljeni enakim geotermičnim vplivom, je mogoče razlike v rangu (zrelosti) med njimi tolmačiti kot funkcijo časa. Ali obratno: premogi bolj ali manj enake zrelosti v nekem sklenjenem prostoru tudi po starosti ne morejo biti daleč vsaksebi. Na tej domnevi je zasnovana relativna ocena stratigrafskega položaja premogonosnih plasti v zreškem prostoru.

Optična odsevnost in anizotropija vitrinita premogov je povezana z nastajanjem in urejanjem aromatskih huminskih kompleksov v premogu ob istočasnem odcepljanju hlapnih sestavin. Parametra sta obratno sorazmerna. Relacija je zvezna, ni pa

Viri analiznih podatkov za tabelo 1  
Source of analytical data for Table 1

Ad	Število analiz	
1	2	Kem. inšt. SAZU Boris Kidrič, Ljubljana, 1957
	1	Kem. laboratorij Zasavskih premogovnikov, Trbovlje, 1983 (KTS 1469/83)
2	3	Kem. inšt. SAZU Boris Kidrič, Ljubljana, 1957
	1	Institut za ugalj, Beograd, 1957
3	4	Kem. inšt. SAZU Boris Kidrič, Ljubljana, 1957
4	1	Samec & Majdel, 1924
	1	Kem. laboratorij Zasavskih premogovnikov, Trbovlje, 1987, (MP 1449/87)
6	3	Kem. inšt. SAZU Boris Kidrič, Ljubljana, 1957
	1	Mineralkohlen Österreichs, 1903; Petrascheck, 1926/29, II
8	več	Jovanović, 1925, 1931, (glej Hamrla, 1953)
9	6	Arhiv GZL, Ljubljana (glej Hamrla, 1959)
10	3	Petrascheck, 1925/29, II
11	2	Jovanović, 1931; Nikolić & Dimitrijević, 1981
12	1	Petrascheck, 1922/25, I
	1	Mineralkohlen Österreichs, 1903
13	več	Arhiv GZL, Ljubljana (glej Hamrla, 1959)
14	6	Arhiv GZL, Ljubljana (glej Hamrla, 1959, 1985/86)
15	2	John & Eichleiter, 1901
16	1	Petrascheck 1922/25, I
	1	Mineralkohlen Österreichs, 1903
17	več	Arhiv GZL, Ljubljana
18	2	Petrascheck, 1922/25, I
	1	Grosspietsch, 1914
	1	Mineralkohlen Österreichs, 1903
19	1	Mineralkohlen Österreichs, 1903; Petrascheck, 1922/25, I
20	1	Petrascheck, 1922/25, I; Mineralkohlen Österreichs, 1903
	1	John & Eichleiter, 1901
	1	Kem. laboratorij Zasavskih premogovnikov, Trbovlje, 1984 (KTS 33/84)
21	3	Kem. inšt. SAZU Boris Kidrič, Ljubljana, 1957
	3	Institut za ugalj, Beograd, 1957



Sl. 6. Položaj zreških in nekaterih primerjalnih premogov v poenostavljenem Seylerjevem diagramu

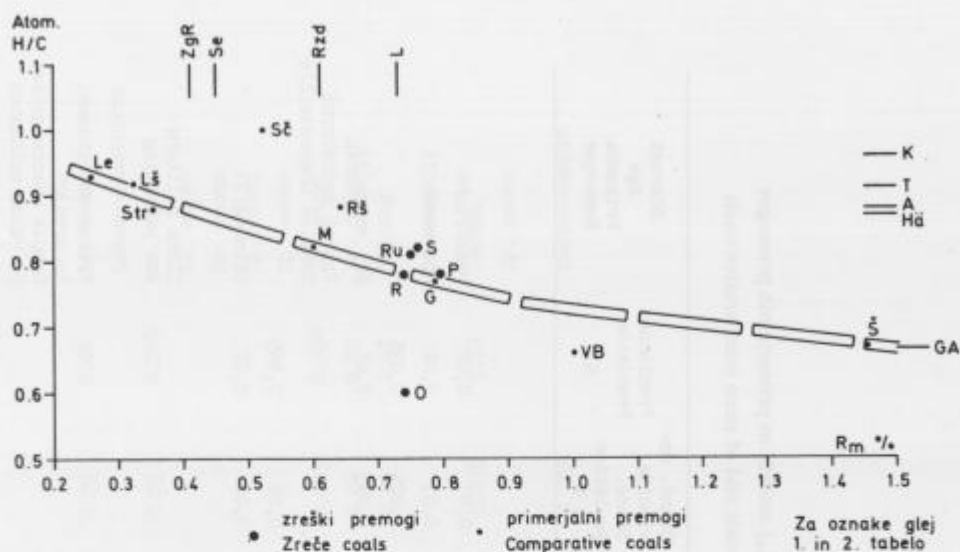
Fig. 6. Plots of Zreče coals and of some comparative coals on simplified Seyler's chart

čisto premočrtna (M. Teichmüller, 1971). Gradient ogletnitve ali ranga (grad  $r = \frac{\Delta R}{\Delta H}$ ) je najmanjši pri zrelih premogih (do nekako 45 % hl oz. 0,5 %  $R_m$ ), nato premo raste (do približno 5 % hl oz. 2,5 %  $R_m$ ), največji pa je pri antracitih (nad 2,5 %  $R_m$ ).

Metodo ugotavljanja zrelostne stopnje organske snovi s pomočjo optične odsevnosti so v zadnjih letih razvili predvsem nemški in francoski geologi. Uporabna je pri preučevanju termalne zgodovine geoloških okolij, pri naftnem raziskovanju, v strukturni geologiji in geotermiji. Najpogostnejše je ugotavljanje zrelostne stopnje organske snovi v globokih vrtinah, kjer odsevnost (R) z globino (H) narašča v odvisnosti od sedanjega ali nekdanjega geotermičnega gradienta; sprememba gradienta ( $\frac{\Delta R}{\Delta H} = \text{tg}\alpha$ ) se odraža v različnem nagibu spojnice merjenih vrednosti. Prednost metode je v preprosti, hitrosti in uporabnosti tudi pri zmerno oksidiranih vzorcih.

### Vzorci premogov in meritve

Vzorci zreških premogov za mikroskopske preparate izhajajo pretežno iz raziskovalnih del, izvedenih v letih 1956 do 1960. Manjkata nedostopna vzorca Edvardovega sloja in lignitnega sloja iz Malahorne. Primerjalni premogi so večinoma iz zbirk,



Sl. 7. Diagram atomskega razmerja vodika in ogljika ter optične odsevnosti ( $R_m$ ) za zreške in primerjalne premoge

Fig. 7. Relation of atomic hydrogen/carbon ratio versus reflectance ( $R_m$ ) of Zreče coals and of comparative coals

nekaj vzorcev pa je bilo dodatno zbranih z izdankov ali iz novejših vrtin. Žal nismo razpolagali z vzorci premogov iz avstrijskih nahajališč. Polirane kosovne ali zrnaste preparate je izdelal Ciril Gantar na Odseku za geologijo FNT Univerze v Ljubljani. Skupaj je bilo za 6 premogovih horizontov zreškega prostora pripravljenih 16 preparatov, za 13 primerjalnih premogov pa 19 preparatov. Orientirani so večji del poljubno.

Petrografska sestava premogov radanskih plasti je dokaj podobna. Vsi so normalni humusni premogi, kar velja tudi za kredni premog (sloj »pucka«).

Prevladujoče okolje nastanka večine premogišč je bilo lakustralno ali fluvialno, pri krednem premogu tudi lagunalno. V petrografskem pogledu med premogi ni pomembnih razlik. Prevladujoča litotipa sta vitrit in klarit, slednji količinsko zelo podrejen. Liptinitne maceralije zastopajo spore, smolna zrna in kutikule. Prevladuje telokolinit z vmesnimi pasovi kolinita. Lesna struktura je lepo razpoznavna in je rezinit ponekod pogost. Inertinit je zastopan z redkimi sklerociji, fragmenti fuzinita in različki semifuzinita, ki so tu in tam količinsko obilnejši. Anorganska snov je večinoma v pasovih zelo drobno porazdeljena glina, povsod prisoten pa je pirit v obliki okroglastih skupkov. Anizotropije pri zreških premogih ni opaziti. Mikroskopska slika zgornjega radanskega sloja pa je nekoliko drugačna. V njem prevladuje poenoteno, vendar še porozno tkivo humotelinita z rjavkasto-rdečimi refleksi in obilnimi zrni rezinita. Tekstoulminit oziroma telogelinit v tankih pasovih pa tudi okroglasta zrna porigelinita so služili za merjenje odsevnosti. Podobna, vendar svetlejša zrna verjetno izhajajo od flobafenov (celične ekskrecije tanina) in smo jih našli tudi v premogu Starega trga.

Odsevnost sem meril v glavnem z Berekovim mikrofotometrom na mikroskopu Leitz KPM, z objektivom  $25\times/0,65$  v oljni imerziji in z uporabo Leitzovega zelenega

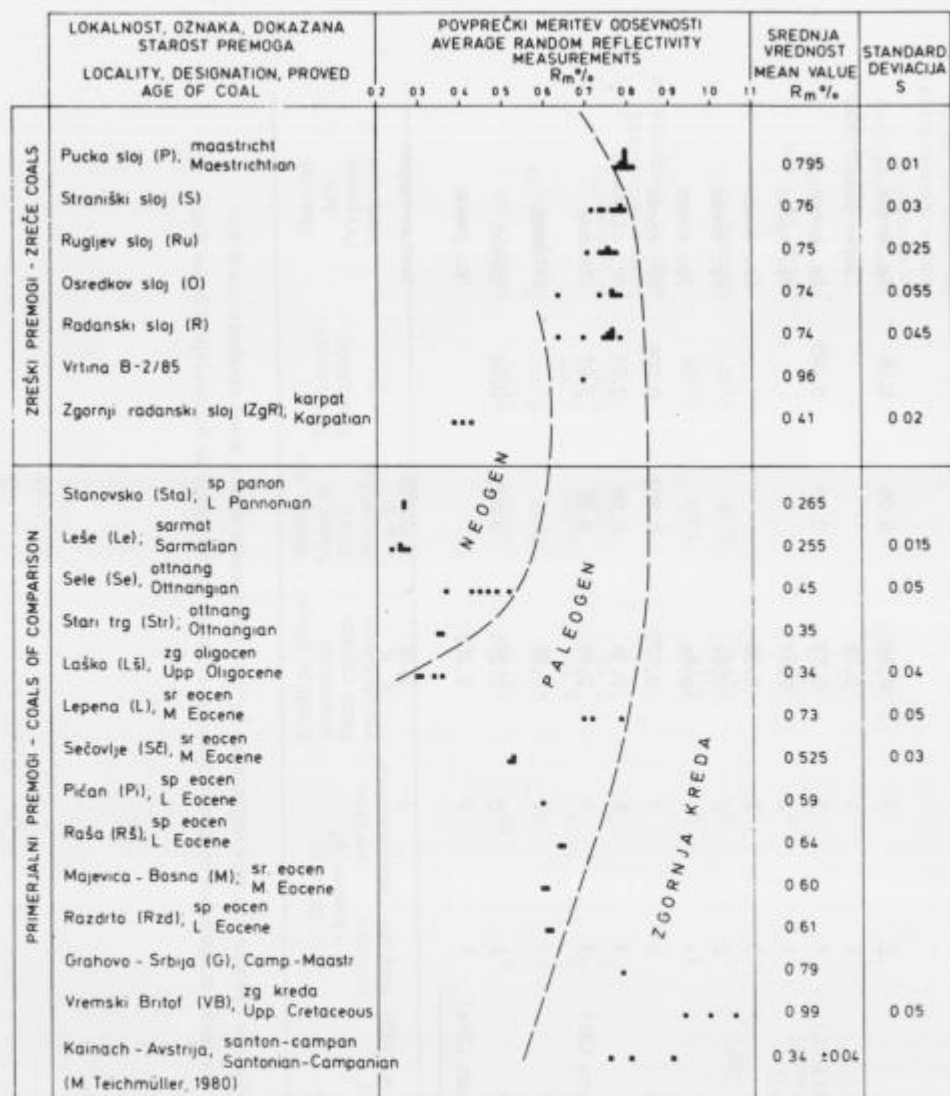
Tabela 2. Merjene vrednosti srednje povprečne odsevnosti vitritita ( $R_m$ ) zreških in primerjalnih premogov  
 Table 2. Measured mean random vitritite reflectance ( $R_m$ ) of Zreče coals and of some comparative coals

St. No.	Premogov sloj ali lokalnost in simbol Coal seam or locality and symbol	vzorcev samples	Število meritvev Number of samples measurements	Srednja povpr. odsevnost Mean random reflectance $R_m$ %	Stand. deviacija Stand. deviation %	Preciznost Precision %	Starost Age Pripomba Remark
<b>Zreški premogi:</b> Zreče coals							
1	Pucka sloj (P)	4	10	0,795	0,01	0,02	Maastricht
2	Straniški sloj (S)	2	8	0,76	0,03	0,04	Sp. eocen(?)
3	Rugljev sloj (Ru)	3	7	0,75	0,025	0,035	
4	Osredkov sloj (O)	2	6	0,74	0,055	0,07	Sr. eocen(?)
5	Edvardov sloj (E)						Vzorci nedostopni Samples unaccessible
6	Radanski sloj (R)	3	9	0,74	0,04	0,065	
7	Zgornji radanski sloj (ZgR)	1	4	0,41	0,02	0,02	Ottwang(?)
	Drobci iz vratine B-2/85; (domnevno straniške plasti) Cuttings from hole B-2/85; (Stranice beds presumably)	1	1	0,69			Slaba politura Bad polishing
8	Malahorna lignit (Mh)			(0,2-0,25)			Vzorec nedostopen; Rm ocenjen Sample unaccessible; Rm value estimated

Primerjalni premogi:  
Comparative coals

Vremski Britof (VB)	2	3	0.99	0.05	0.06	Zg. kreda
Grahovo (Srbija) (G)	1	1	0.79			Campan-maastricht
Lepena (nad Jesenicami) (L)	1	3	0.73	0.05	0.045	Sr. eocen
Razdrto - fliš (Rzd)	1	2	0.61			Sp. eocen
Majevica (Bosna) (M)	1	2	0.60			Sr. eocen
Raša (Istra) (RŠ)	2	2	0.64			Sp. eocen
Pičan (Istra) (Pi)	1	1	0.59			Sp. eocen
Sečovlje (Istra) (Sč)	2	3	0.525	0.003	0.004	Sr. eocen
Laško (Lš)	1	4	0.34	0.04	0.03	Sr. oligocen
Sele pri Slovenj Gradcu (Se)	3	6	0.45	0.05	0.07	Ottang
Stari trg pri Slovenj Gradcu (Str)	1	2	0.35			Ottang
Leše na Korčakem (Le)	2	5	0.255	0.015	0.02	Sarmat
Stanovsko pri Poljčanah (Sta)	1	2	0.265			Sp. panon
Kainach (Avstrija)		3	0.82	0.078		Santon-campan

po: Teichmüller, M. 1980  
 After:

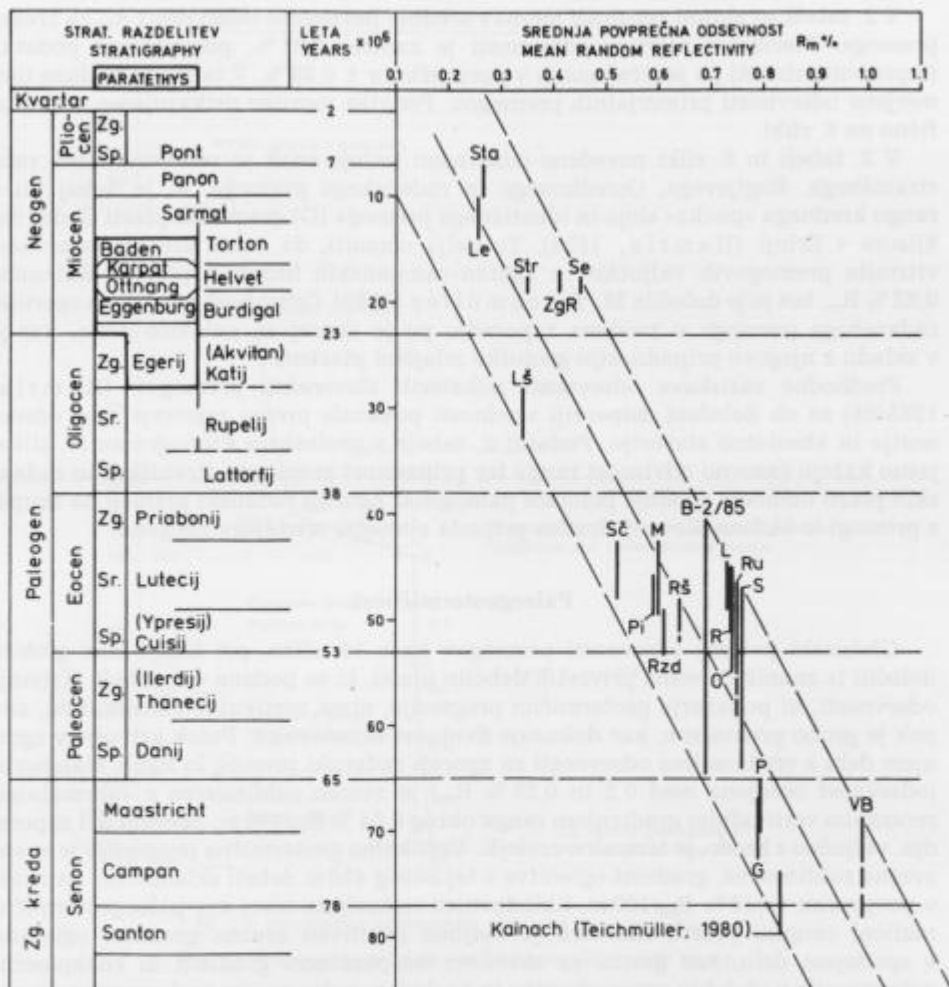


Sl. 8. Vrednosti merjenj povprečne optične odsevnosti vitrinita zreških in primerjalnih premogov

Fig. 8. Random vitrinite reflectance measurements of Zreče coals and of comparative coals

filtra 53 ( $\lambda = 527$  nm), pri čemer so vrednosti preračunane na standardno valovno dolžino 546 nm. Nekaj meritev je bilo opravljenih tudi na fotometrični aparaturi Odseka za geologijo FNT Univerze v Ljubljani (Hamrla, 1985/86). Skupaj je bilo izvedenih 45 meritev na zreških premogih in okrog 35 meritev na primerjalnih premogih. Povprečno število odčitkov za meritev na Berekovem mikrofotometru je bilo 15, na instrumentu Odseka FNT pa 27. Vrednost povprečne odsevnosti je bila izračunana kot aritmetična sredina odčitkov in meritev.





Sl. 9. Razmerje optične odsevnosti ( $R_m$ ) in geološke starosti zreških in primerjalnih premogov  
 Fig. 9. Relationship between reflectance values ( $R_m$ ) and geologic age of the Zreče coals and of comparative coals

Natančnost merjenja z Berekovim fotometrom je sicer visoka in znašna po Stachu (1955) 1 %, po Huntjens in Van Krevelenu (1953) pa 3 % merjene odsevnosti. Vendar je pri določevanju odsevnosti nekega premoga treba računati z možno disperzijo merjenih vrednosti zaradi razlik med vitriti istega premoga. Te so lahko pogojene z neenakim rastlinskim izvorom, različnim potekom in stopnjo lokalnega razkroja pa tudi z neenakomerno kakovostjo politure, z oksidacijo vzorcev in podobnim, kar vse lahko vpliva na merjeno vrednost odsevnosti. Razlike v odsevnosti so največje pri huminitih malo zrelih premogov (<0,4 %  $R_m$ ), kjer lahko dosežejo celo do  $\pm 0,15$  % (Künstner et al., 1980). Za zadovoljiv povpreček je torej potrebno primerno število odčitkov (ICCP, 1957).

V 2. tabeli so zbrani rezultati meritev srednje povprečne odsevnosti  $R_m$  za zreške premoge. Preciznost meritev odsevnosti je znotraj 0,07 %, ponovljivost podatka (reprezentančnost) pa je izračunana v povprečju z  $\pm 0,08$  %. V tabeli so podane tudi merjene odsevnosti primerjalnih premogov. Podatke meritev prikazujemo tudi grafično na 8. sliki.

V 2. tabeli in 8. sliki navedene odsevnosti kažejo enak in relativno visok rang straniškega, Rugljevega, Osredkovega in radanskega premoga, ki je dokaj blizu rangu krednega »pucka« sloja in identičnega premoga (G) gosavskih plasti Grdeličke klisure v Srbiji (Hamrla, 1953). Tu velja omeniti, da znaša srednja odsevnost vitrinita premogovih vključkov v santon-campanskih bazalnih plasteh Kainacha 0,82 %  $R_m$ , kot jo je določila M. Teichmüller (1980). Odsevnost najvišjega zgornje-radanskega premoga v zreškem zaporedju pa je skoraj za polovico nižja, kar je v skladu z njegovo pripadnostjo geološko mlajšim plastem.

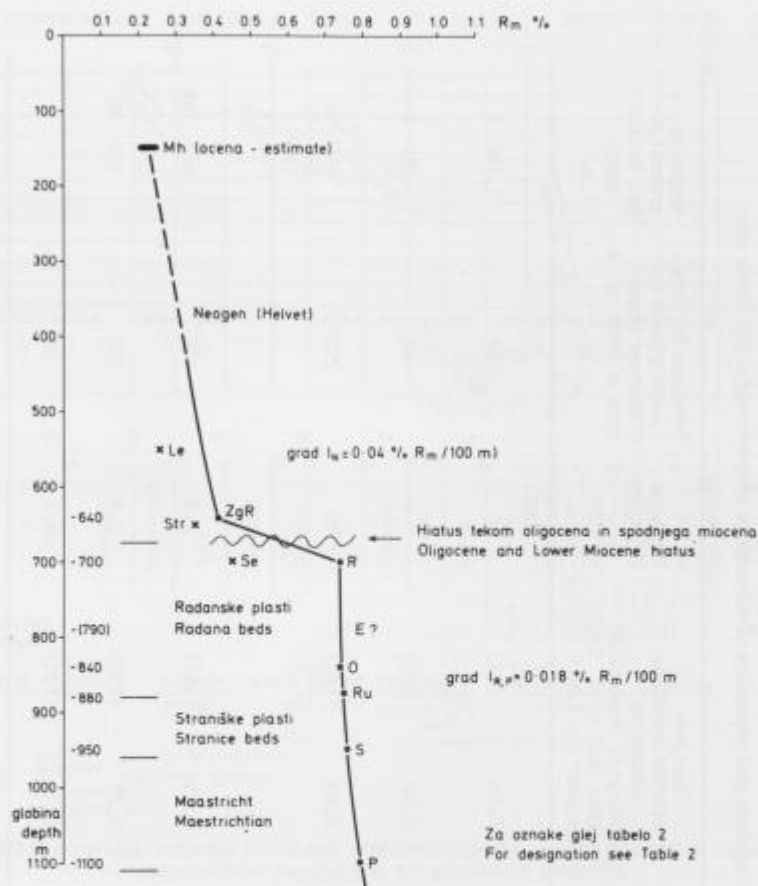
Predhodne raziskave odsevnosti nekaterih slovenskih premogov (Hamrla, 1985/86) so ob določeni disperziji vrednosti pokazale premo razmerje med odsevnostjo in absolutno starostjo. Podatki 2. tabele v geološkem kronogramu (9. slika) jasno kažejo časovno odvisnost ranga ter pripadnost premogov straniških in radanskih plasti območju spodnje polovice paleogena. Zgornji radanski premog pa skupaj s premogi iz bližine Slovenj Gradca pripada območju srednjega neogena.

### Paleogeotermičnost

Globinski položaj odsevnosti premogov kaže 10. slika, pri čemer smo globine določili iz znanih oziroma privzetih debelin plasti, ki so podane v 3. tabeli. Krivulja odsevnosti, ki ponazarja geotermično progresijo, nima vertikalne kontinuitete, ampak je grobo prekinjena, kar dokazuje dvojnost skladovnice. Potek krivulje v zgornjem delu z vrednostima odsevnosti za zgornji radanski premog in lignit Malahorne (odsevnost ocenjena med 0,2 in 0,25 %  $R_m$ ) je zvezen sublinearen z »normalnim« recentnim vertikalnim gradientom ranga okrog 0,04 %  $R_m/100$  m. Spodnji del zaporedja, vključno s kredno, je termalno zrelejši. Vertikalna geotermična progresija je enako zvezna sublinearna, gradient ogletnitve v tej okrog 450 m debeli skladovnici pa znaša v povprečju 0,018 %  $R_m/100$  m. Skladovnico sestavljata torej dve paleogeotermično različni skupini plasti. Značilen je majhen pozitiven zvezen gradient ogletnitve v spodnjem delu, kar govori za skromen temperaturni gradient in enakomerno paleotermijo v obdobju zgornjekredne in naslednje paleogenske (paleocenske-eocenske?) sedimentacije oziroma dobe, kateri bi potemtakem straniške in radanske plasti tudi pripadale.

Današnji temperaturni gradient v zreškem prostoru je skromen. Doslej je bil merjen dvakrat: v vrtini B-1/82 je znašal 28 °C/km, v vrtini B-2/85 pa le 15 °C/km (Ravník et al., 1982; ustni podatek, 1985). Je torej pod regionalnim povprečkom ter v skladu z geotermičnimi gradienti v Alpah, Apeninih in tudi Karpatih, ki znašajo danes zaradi debele subduktivno nastale skorje le med 19 in 23 °C/km (R. Teichmüller & M. Teichmüller, 1986; Čermak & Rybach, 1979).

Poskusimo oceniti nekdanje temperaturne gradiente še iz ranga, starosti in globin premogov. Neka splošna razmerja med globino pogreznitve, temperaturo, časom in zrelostjo organske snovi, katero definiramo s povprečno odsevnostjo vitrinita, so danes znana. S tolmačenjem razmerja med ogletnitvijo in geotermičnostjo so se ukvarjali Francis (1954), Karweil (1956), Buntebarth (1978/79, 1979), M. in R. Teichmüller (1979), Bostik (1973) in Bostik s sodelavci (1979) in drugi.



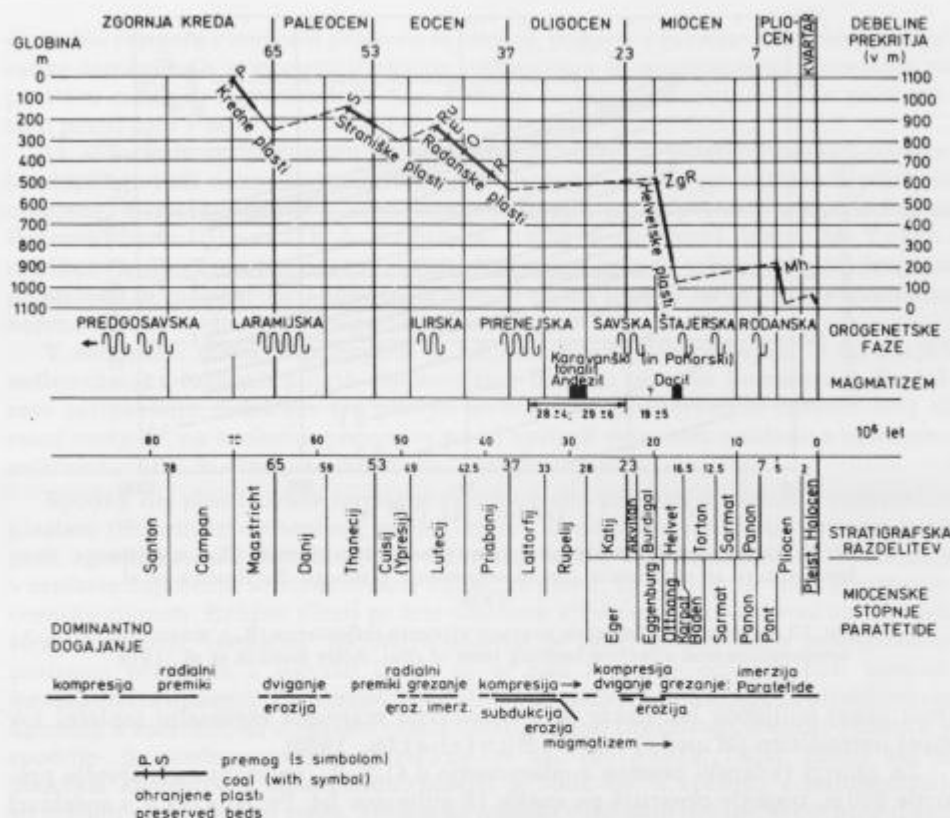
Sl. 10. Progresija odsevnosti vitrinita ( $R_m$ ) z globino  
 Fig. 10. Increasing vitrinite reflectance ( $R_m$ ) with depth

Zaradi skromnih debelin plasti in zaporednih erozijskih redukcij krovinskih plasti zreških premogov le-ti nikoli niso bili posebno globoko. Cenimo, da največja globina krednega »pucka« sloja ni znašala več kot 1100 m (3. tabela). Iz poteka terciarnega odlaganja v zreškem prostoru, kot smo ga interpretirali v okviru podatkov o regionalni evoluciji, slede časi zorenja premoga in temperature. Ta poskus interpretacije ponazarja 11. slika.

V naslednjem se poslužimo razmerij med odsevnostjo, časom in temperaturo, kot so jih objavili Bostik in sodelavci (1979) in katere kaže 12. slika. Odločilen je »efektivni« čas segrevanja, to je čas trajanja izpostavljenosti premoga v intervalu  $\pm 15^\circ\text{C}$  okrog najvišje temperature, bodisi zaradi pogreznitve ali drugih vzrokov. Iz zamišljenega poteka sedimentacije (11. slika) bi sledilo, da je obdobje največjega prekritja od helveta dalje trajalo okrog 18 milijonov let. Iz največje globine prekritja za kredni sloj 1100 m in za radanski sloj 700 m, odgovarjajoče odsevnosti  $R_m$  0,795 % in 0,74 % ter »efektivnega« časa  $18 \times 10^6$  let dobimo iz diagrama (Bostik et al., 1979)

Tabela 3. Ocenjene debljine plasti ter hitrosti grezanja (odlaganja) za zreški prostor  
 Table 3. Estimated sediment thickness data and velocities of subsidence (deposition) at the Zreče site

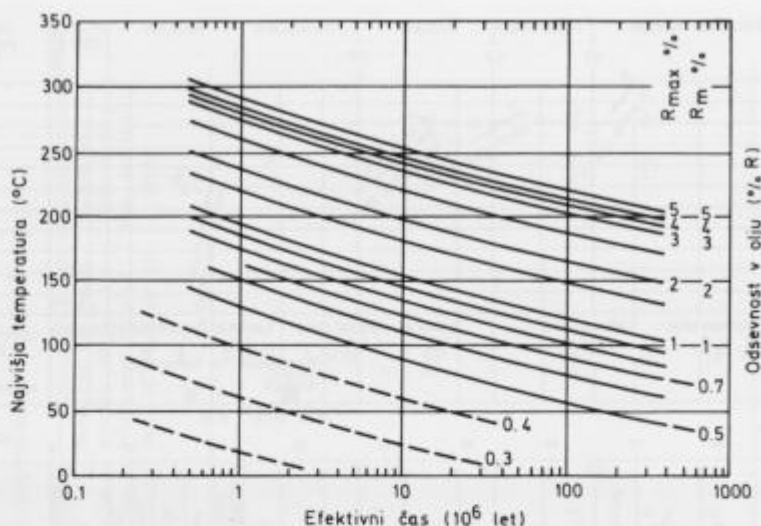
Plast Bed	Skupna debelina Total thickness m	Ocenjena hitrost usedanja Estimated velocity of deposition mm/leto (ali m/10 let) mm/year (or m/My)	Trajanje Duration $10^6$ let My	Debelina še ohranjenih plasti do Preserved thickness of beds up to m	Največje prekritje Max. burial depth m
Zgornjekredni apnenec in meljevec Upper Cretaceous limestone and siltstone	250	0,05 (50)	5	150	1.100 P
Straniške plasti ploščastih apnenec in laporjev Stranice beds of platy limestone and marl	150	0,02 (20)	7,5	80	950 S
Radanske plasti klastitov Radana beds clastics	300	0,03 (30)	10	250	880 Ru 840 O 790 E 700 R
Neogenske plasti klastitov in laporjev Neogene beds of clastics and marls	500	0,15 (150)	3,3	400	620 ZGR
Pliocenske plasti prodov in glin Pliocene beds of gravel and clay	200	0,25 (250)	0,8	150	150 Mn
Kvartarne nasplavine Quaternary alluvials	50	0,12 (120)	0,4	50	
Skupaj Total	1.450			1.130	



Sl. 11. Rekonstrukcija verjetne terciarne sedimentacije za zreški prostor s tektonskim in magmatiskim dogajanjem ter globinami prekritja

Fig. 11. Reconstruction of the probable course of Tertiary sedimentation at the Zreče site, with tectonic and magmatic events and burial depths of coal-bearing beds

temperature 125 °C za sloj »pucka« in 117 °C za radanski sloj. Po Bostiku (1973) bi te temperature znašale 118 in 112 °C, po Karweilu (1956) celo 130 do 140 °C, kar nakazuje večje globine in višje temperaturne gradiente. Iz temperature in globine izračunan temperaturni gradient znaša za kredni premog 114 °C/km, za radanski premog pa celo 167 °C/km. Tako visokih vrednosti temperaturnega gradienta oziroma regionalnega toplotnega toka v neogenu zagotovo ni bilo. Pa tudi po postopku Buntebartha (1979) izračunane vrednosti paleogradientov so skoraj dvakrat nižje. Zato upravičeno sklepamo, da je morala biti neka oglenitev premoga dosežena tudi že prej. Ker globine pogrezovanja premogovnih plasti v paleogenu niso bile posebno velike, tedanje zemeljsko toplotno polje pa skromno (10. slika), pride kot dodatni dejavnik oglenitve v poštev oligocenski magmatizem, predvsem pohorska ali pa tudi karavanska tonalita globočina. Vpliv intruzije je bil enakomeren za vse predneogenske premoge. Relativne razlike v zrelostni stopnji odraža dejavnik časa, manj pa temperaturne razlike zaradi neenakih globin premogovnih slojev. Raziskave temperaturnega vpliva intrudirane magme kažejo, da ta traja – odvisno od dimenzij – kveč-



Sl. 12. Razmerje med povprečno optično odsevnostjo vitrinita ( $R_m$ ), najvišjo temperaturo in efektivnim časom segrevanja premoga. Po Bostick et al., 1979

Fig. 12. Relationship between average vitrinite reflectance ( $R_m$ ), maximum temperature and effective heating time of coal. After Bostick et al., 1979

jemu nekaj milijonov let, nakar se z ohladitvijo magmata regionalni toplotni tok zopet normalizira (Mundry, 1968; Buntebarth, 1980).

Za zgornji radanski premog z odsevnostjo 0,41 %  $R_m$  privzamemo največje prekritje 600 m, trajanje prekritja pa enako 18 milijonov let. Po Bostiku s sodelavci (1979) dobimo najvišjo temperaturo pri ogletnitvi 50 °C in iz tega izračunani temperaturni gradient 80 °C/km, kar je znatno več od sedanjega temperaturnega gradienta v zreškem prostoru. Ob podmeni, da temperaturni gradient v neogenu ni bil bistveno višji od recentnega, sklepamo na morebitni dodatni termični vpliv tudi še pri zorenju zgornjega radanskega premoga. V poštev pride le pohorski neogenski dacitni vulkanizem, manj verjetno (še ne ohlajen) pohorski tonalit. Tak dodatni termični vir bi mogel zmerno vplivati tudi na starejše premoge.

Neka druga možnost povečanja gostote toplotnega pretoka, kot npr. stanjšana skorja, ki je značilnost Panonskega bazena (Horváth & Stegena, 1977), za zreški okoliš na robu Alp ne pride v poštev. Zaradi tanke skorje ali razlik v prevodnosti kamenin utegne biti toplotni pretok visok le v skrajnem severovzhodnem nižinskem predelu Slovenije in sosednjem Štajerskem bazenu, kjer znašajo recentni temperaturni gradienti do 67 °C/km (Inst. Franc. du Pétrol, 1960; Horváth & Stegena, 1977; Tollmann, 1985).

### Povzetek in sklep

Prehod krede v terciar je bil kočljiv časovni interval hitrih menjav geološkega okolja in sedimentacijskih razmer v razgibanem obdobju alpijske orogeneze. Plasti, ki so nastale v tem času, so pri nas razširjene predvsem v jugozahodni Sloveniji.



Geološke razmere v zreškem prostoru in okolici, podprte z raziskavo in interpretacijo ranga tamkajšnjih premogov v okviru tektonskega in magmatskega dogajanja na prostoru sedanjih Jugovzhodnih Alp, dodatno kažejo na prisotnost staropaleogen-skih plasti tudi v severni Sloveniji.

11. slika kaže možni časovni potek odlaganja in erozije plasti zreške skladovnice, ki vključuje tudi nekaj slojev in vključkov premoga. Debeline odloženih plasti so ocenjene, hitrosti grezanja v posameznih obdobjih pa so privzete po podatkih za Panonski bazen (Horváth & Stegena, 1977) in za Renski bazen (M. Teichmüller & R. Teichmüller, 1979). Navedene so v 3. tabeli. Ene in druge so prostorsko in časovno variabilne in so zato za zreški prostor na obrobju Panonskega bazena seveda možne tudi drugačne vrednosti.

V nemirnem obdobju paleogena je na nestabilnih tleh prihajalo le do krajših sedimentacij v lokalnih plitvih sladkovodnih bazenih ob sicer intenzivnem fluvialnem zasipavanju. Šotišča v teh okoljih so bila zato prostorsko in časovno bolj ali manj omejena, na evolucijo premogov pa so vplivali dejavniki v skladu s tektonsko, sedimentacijsko in erozijsko dinamiko in magmatizmom.

Spodnji del plasti zreške terciarne skladovnice s premogi je podoben ypresijskim plastem (Höhenwirt-Sittenberg serije), ki pri Krappfeldu v Avstriji transgredirajo prek zgornjekrednih usedlin (Van Hinte, 1963; Tollmann, 1977). Najnižje v zreškem zaporedju so sladkovodne straniške plasti, ki bi utegnile biti zgornjepaleocenske starosti. Kakšne plasti so bile odložene v višjem, že davno erodiranem delu straniške serije, ne vemo. Ni izključeno, da je tedaj sladkovodna sedimentacija postopno prehajala v morsko in da so se nad to serijo odlagali tudi eocenski foraminiferni apnenci. To domnevo podpirajo prodniki numulitnega in alveolinskega apnenca v klastitih, ki straniške plasti diskordantno prekrivajo. Starost apnenca je spodnje- do srednjeeocenska (Drobne et al., 1977, 1979, 1985), enaka kot za podobne kamenine v Krappfeldu. Možno je tudi, da ti apnenci s sedimentacijo straniških plasti nimajo zveze. Vendar so izdanki cuijskih in lutecijskih numulitnih apnencev na sicer redkih mestih vzdolž Severnih Kravank zanesljiv dokaz za eocensko morsko sedimentacijo v istem prostoru.

Diskordantne radanske plasti nad straniškimi imajo povsem drugačen facies in kažejo molasni karakter. Zrelost premogov, ki jih vsebujejo, se od straniškega skoro ne razlikuje. Grobi polimiktni, povsem nesortirani fluvialno-hudourniški konglomerati izpričujejo hitro in burno erozijo in zapolnjevanje intermontanih depresij. Takšna sedimentacijska dinamika je bila zelo verjetno pogojena z ilirsko tektonsko fazo v srednjem luteciju, kamor postavljajo v Jugovzhodnih Alpah pričetek molasne sedimentacije (Premru, 1981). Radanske plasti so mogle biti potemtakem verjetno odložene v drugi polovici eocena. Veliki, slabo zaobljeni prodniki niso potovali daleč, med njimi pa so cuijski in spodnelutecijski numulitni apnenci prisotni povsod. Kakšne so bile radanske plasti v svojem že erodiranem zgornjem delu in koliko jih je bilo, tudi ne vemo. To sedimentacijsko obdobje je verjetno prekinila šele pirenejska faza.

Obdobje med zgornjim eocenom in srednjim oligocenom je pripadalo nemirni fazi emerzije z dviganjem, narivanjem in magmatizmom. Tedaj se je pričela tudi izolacija sedimentacijskega območja Paratetide. V zreškem prostoru slede radanskim plastem šele neogenske usedline, ki so dokazane mikrofavnistično in z nižjim rangom premogove snovi. Dvojnost klastičnih skladov nad straniškimi plastmi je lepo razvidna v prekinjeni progresiji odsevnosti premogov (10. slika). Skupno debelino plasti miocenskega cikla s fluvio-limničnimi sedimenti spodaj in morskimi zgoraj cenimo

na blizu 500 m, medtem ko je povprečna debelina miocena v Panonskem bazenu le 230 m (Horváth & Stegena, 1977). Neogenske usedline pri Zrečah ne vključujejo plasti piroklastitov (z izjemo 20 cm debelega vložka verjetno presedimentiranega tufskega materiala); med prodniki pa tudi ni magmatskih kamenin. Zato so morale biti te plasti odložene pred razgaljenjem tonalitne globočnine in pred nastankom pohorskega (štajerskega) dacitnega vulkanizma. Ker je v neogenskih klastitih erodiran material starejših sedimentov, najdemo med prodniki tudi numulitne apnenec.

Pliocenska in kvartarna sedimentacija sta dali v zreškem prostoru skupaj kakšnih 250 m usedlin. Debelina pliocena na skrajnem robu Panonskega bazena je skromna v primerjavi s 1000 do 5000 m debelimi pliocenskimi sedimenti znotraj bazena (Horváth & Stegena, 1977).

Gradient oglenitve ali ranga premogov krednih in starejših terciarnih plasti zreškega prostora je – kot vidimo na 10. sliki – zelo majhen, kar istočasno govori za skromen in enakomeren paleogeotermični gradient tedanjega časa. Primerjava s temperaturnimi paleogradienti, izračunanimi iz merjenih vrednosti odsevnosti, ocenjenih globin pogreznjenja in temperatur, kaže, da je poleg tedanjega normalnega zemeljskega toplotnega toka vplivala na doseženi rang premogov tudi termalna anomalija zaradi bližnjega rupelijskega magmatizma. Bilo je tudi mogoče pričakovati, da intruzije dimenzij pohorskega in karavanškega tonalita ne morejo ostati brez vpliva na organsko snov v bližnjih predrupelijskih plasteh. Pri neogenskem premogu je termični vpliv poznejšega dacitnega vulkanizma zaznaven, je pa skromnejši. Termični vplivi intruzivnega in eruptivnega magmatizma so bili sorazmerno kratkotrajni in so učinkovali na vse tedaj obstoječe premore v enaki meri.

Dejstvo, da so na območju južno od današnjih Jugovzhodnih Alp ob zahodnem obrobju Panonskega bazena prisotni ostanki apnencev z eocensko mikrofavno, bodisi kot prodniki v mlajših plasteh ali in situ v sicer redkih izdankih, vzbuja domnevo o tedanjem sorazmerno večjem, medsebojno povezanem sedimentacijskem prostoru. O lutecijski morski transgresiji, ko je moglo priti do zveze sedimentacijskih prostorov severne Italije, Istre, Dalmacije in Madžarske, so razmišljali že mnogi geologi: Trunkó (1969), Gidai (1978), Drobne (1979), Mikuž (1979), Pleničar in Pavlovec (1974) in drugi. Ti sedimenti so bili v osrednji in vzhodni Sloveniji odstranjeni že v pirenejski in naslednjih orogenih fazah. Zaradi tangencialnih in vzdolžnih premikanj, ki so potekala ob periadriatskem lineamentu med spodnjim eocenom in koncem miocena, je ob še nepojasnjenem mehanizmu premikov del skorje ob njem izginil (Tollmann, 1977). Tako npr. severno od periadriatske suture ne opazujemo oligocenskih usedlin. Vprašanje je tudi, ali ležijo gosavski in spodnjeterciarni ostanki na območju Jugovzhodnih Alp le slučajno samo na kameninah krške narivne strukture, kateri sicer pripisujejo predgosavsko starost (Tollmann, 1977; Oberhauser, 1980). Če je do kolizije in srednjealpidskih narivanj prišlo šele po eocenu (Channell & Horváth, 1976), bi mogel biti nariv krškega pokrova, vključno s krednimi in paleogenskimi plastmi, posteocenski.

Zreška premogišča so danes z vidika surovinske baze nepomembna. Prevladujoča fluvialna sedimentacija v ožjem zreškem prostoru ni bila ugodna za nastajanje večjih premogišč. Poleg tega je zreška skladovnica tektonsko razkosana in zlasti v spodnjem delu zelo porušena. Ugodnejše facialne in tektonske razmere bi mogli pričakovati v neogenski skladovnici severovzhodno od Konjic, kjer udeležba relativno večjih premogovih slojev ni čisto izključena. Na limnično-paludalna neogenska okolja na obrobju Štajerskega bazena je bilo (v Avstriji) vezanih nekaj industrijsko pomembnih premogišč.

Prispevek je bil prvotno zamišljen le kot raziskava odsevnosti zreških premogov. Vprašanje geološke starosti premogovnih plasti pa obseže tako raznovrstno problematiko, da jo posameznik v podrobnostih ne more tehtno obravnavati. Predstavljena interpretacija razmer na osnovi relativnega ranga premogov je hipoteza, ki jo bo potrebno preveriti s paleontološkimi, sedimentno-petrografskimi, petrološkimi, tektonskimi in drugimi raziskavami.

### **Contribution to the geology of coal deposits in the Zreče area and reflectance-based ranking of its coals**

The Gurktal nappe, as part of the Austro-alpine overthrust structures in the region of Eastern Alps, rests on the crystalline basement of the Central Alps close north of the Periadriatic lineament. Its southeastern portion, fragmented and detached along the dextral Lavanttal fault for some 15 to 18 km, reaches on the northwestern and southern slopes of the Pohorje mountain up to the Zreče area. Though a fragment only, the Zreče outlier comprises the whole stack of beds, its upper two thirds consisting of Upper Cretaceous Gosau beds overlain by a thick series of Tertiary sediments. The age of the prevailingly clastic Tertiary suite of sediments – their faunal and floral evidence meagre – has long been a matter of controversy. Recently it has been considered entirely as Neogene.

Coal seams of modest dimensions occur within this sequence. Those in the Maestrichtian Gosau beds and within the lower part of the following Tertiary succession are high-volatile bituminous coals, whereas the younger coals higher up are lignites. Small-scale commercial exploitation of coals at several localities began in the first half of the previous century and lasted for about hundred years, the last mine to close down in 1954. The coals, noted by high quality, were marketed in that time to Vienna, Graz and Budapest. The coalfields of Zreče are presently of no economic importance.

The coalification ranks of the Zreče coals have been examined and assumed as time-diagnostic. The Gosau sediments of the Eastern Alps are commonly coal-bearing. The Paleogene beds directly overlying the Gosau sediments have been hitherto proved in the Krappfeld area in Austria only. However, the indications based on the coal ranks suggest the presence of the Paleogene beds also in the Zreče area. Elsewhere, the Early Tertiary sediments – contingently deposited over the eroded Gosau beds – had been eroded away long ago, featuring the Gosau remnants covered directly by the Neogene clastics.

The geologic set-up of the Zreče area is presented in a geologic map and in three cross sections (Figs. 1 and 2). The Gurktal nappe area in the SE Alps region is outlined in a sketch, showing principal locations and sites discussed in text (Fig. 3). The general geologic section from the Zreče site shows lithologies, unconformities and position of the coal seams (Fig. 4). Its comparison with other Gosau localities within the Gurktal nappe area is presented in Figure 5.

The lowermost part of the unconformable Tertiary strata at Zreče are several ten meters thick Stranice beds, consisting of freshwater platy sparitic limestone and greenish mud-shale. Fresh-water molluscs and fossil flora are contained in these sediments, the latter considered by Engelhardt in 1902 as of Middle/Upper Oligocene age. There is no microfauna in the rocks. These beds – the erosional remnants of an originally thicker Early Tertiary accumulation – could have gradually passed over

from the initial freshwater to a later marine facies, possibly of foraminiferal limestones. Such supposition would be supported by the presence of pebbles of Eocene limestones with nummulites and alveolinas, scattered in younger clastics throughout Carylthia and corresponding in appearance and age to the Krappfeld beds. Whether or not the Cuisian and Lower Lutetian limestones, which do occur also in several outcrops along the Northern Karavake Mountains, have any connection with the Stranice beds, they present the unquestionable evidence of the Early Eocene marine sedimentation in this region.

A coal seam occurs at the base of the Stranice beds within the platy bituminous limestone, averaging about 0.8 m in thickness and reaching up to 2 m in places. It was mined in the local Stranice trough measuring about  $1.2 \times 0.8$  km. The Stranice colliery was the most important of a number of small coal mines in the area, and the last to close down.

Unconformably overlying the Stranice beds are fluvial-limnic molasses, named the Radana beds. They commence with an about 150 m thick accumulation of well-cemented, coarse, polymict conglomerates of fluvial and torrential origin, apparently brought about by rapid erosion and infilling of local rifts or depressions. Higher up the conglomerates are interbedded with sandstones and sandy-silty or clayey marls in which several unsteady lenticular coal seams occur, their rank corresponding to that of the Stranice coal. The lowest coal seam (the Rugelj coal) is found at the very base of the clastics, and the highest seam (the Radana coal) some 250 m above the Cretaceous basis. The Radana coal was extensively exploited in the past, its mineable thickness reaching 2 m but averaging about 0.8 m. The mined-out area covered an expanse of at least  $850 \times 450$  m at the time of mine's closure in 1914. The rest of other haphazard coals occurring within the Radana clastic series was of no or of very minor industrial importance.

The age of the Radana series, holding pebbles of the Lower and Middle Eocene limestones, is apparently post-Middle Eocene. Its deposition under high-energy condition was eventually brought about by the onset of the Illyrian orogeny in the Mid Eocene times.

The Radana beds, their upper part reduced by erosion as well, are overlain by a younger sequence of fluvial conglomerates and sandstones, intercalated with silty-clayey sediments of more quiet sedimentation episodes. There is a gradual facial transition of fluvial clastics to marine clayey marls on top of the sequence. Though the onset of this accumulation is lithologically blurred, its stratigraphic position is proved by the Helvetian microfauna as well as by the adequately lower rank of the upper Radana coal some 60 m above the Radana coal. In addition, the Neogene clastics are not so well cemented as the Radana beds are, they do exhibit a higher degree of weathering and possess a much lower electric resistivity. They do contain Eocene limestone pebbles too, but no magmatics. There are no intercalations of pyroclastics within the suite. The thickness of the Neogene beds wouldn't surpass 400 m or so.

The period between the Upper Eocene and the Middle Oligocene was a period of emersion and of tectonic turmoil. The separation of Paratethys was initiated in that time. The mesoalpine subduction gave rise to igneous intrusions and extrusions: the Rupelian Karavanke tonalite, the Smrekovec andesite and the Pohorje tonalite, the latter intrusion apparently more or less contemporaneous, yet Pre-Karpatian in age. Quantitatively more modest was the latest extrusion of the Pohorje dacite, which was conditioned by the Styrian volcanic activity during the Karpatian times. Whatever



the precise date of magmatism, it did postdate the deposition of the coal-bearing Stranice and Radana beds. The absence of volcanoclastics within the Neogene beds speaks for a Pre-Karpatian deposition.

The thickness of the Pliocene and the Quaternary gravels and yellow clays in the Zreče area might be in the order of 200 m at maximum. Quartz is the prevailing pebble, the rest the Pohorje magmatics and other crystalline rocks. A thin earthy lignite seam occurs east of Zreče at Malahorna.

The sediment thickness data for the Zreče site, measured and assumed, are summarized in Table 3.

The examination of the coalification ranks of the Zreče coals revealed that those from the lower levels of the Tertiary succession had been coalified to nearly the same maturation level as that of the Maestrichtian Gosau beds. Consequently, the hypothesis has been made that Early Tertiary beds might be present within the Tertiary succession at the Zreče site. Vitrinite reflectance, as measured with microscope photometer on polished coal sections, has been used as the principal coal ranking parameter. Basic chemical rank indicators of coals, summarized in Table 1 and plotted in simplified Seyler's chart (Fig. 6), have been considered, too. For the sake of comparison, the parameter data for some related coals of known age are given in tables and graphs. Since the chemical parameters available refer to analytical data of occasional whole coal samples of various provenance, origin, analytical quality and representativeness, the comparability might be impaired. However, the Zreče coals plot closely with the Cretaceous and comparative Eocene coals in the reflectance versus H/C atomic ratio diagram (Fig. 7).

Following the normal procedure of sample preparation, 16 polished sections were prepared for 6 different Zreče coals and 19 preparations for 13 comparative coals of various ages. The sections are randomly oriented. Reflectivity measurements were made with a Berek photometer on a Leitz KPM microscope, partly also with a Leitz MPE microscope photometer on Ortholux, applying 25/0.65 oil immersion objective and an 8-power ocular. 546 nm monochromatic light was used on the MPF, and Leitz filter No. 53 on the Berek photometer, its measured values subsequently computed to the standard wavelength. A synthetic sapphire standard having 0.588 % reflectance in oil was employed.

Altogether 45 reflectance measurements were made on the Zreče coals and 33 measurements on the comparative coals. Telocollinite and corresponding humotelinites were the main measured macerals. The number of individual readings on each suitable measured point averaged 15 for the Berek and 27 for the MPF photometer respectively, their mean values the basis for a single reflectance determination. The mean reflectance percentage  $R_m$  for each individual coal seam was calculated from the measurements.

The mean random vitrinite reflectance data in immersion oil and related statistics for the measured coals are given in Table 2. The precision of the reflectance measurements is within 0.07 %, and an average repeatability 0.08 %, the latter considered as an average measure of accuracy in  $R_m$  determinations for the investigated coals.

The scatter and frequency of random reflectance measurements are presented graphically in Figure 8. The reflectance of coals within the Stranice and the Radana beds plot quite closely together, very near to the ranks of the Gosau coals as well as of the other Eocene coals. On the other hand, the reflectance rank of the upper Radana coal reveals much lower maturation level, corroborating so its lower age.

The positively correlative relationship between the reflectance rank and the geologic age, apparently relevant with a certain degree of dispersion for Slovenian coals (Hamrla, 1985/86), is shown in Figure 9. An increase of reflectance values with the age of coals is considered basically related to the depth of burial and to the time factor, the dispersion of values brought about by differences in regional geothermal heating and occasional effects of igneous heat sources. The plots of coals in the graph strongly suggest that the coal-bearing Stranice and the Radana beds might be ranged into the Lower Paleogene, and the beds holding the upper Radana coal into the Neogene.

This notion is supported by the vertical downward increase of vitrinite reflectance at the Zreče site, shown in Figure 10. The discontinuous reflection curve reveals a substantial break in the lithologically similar beds, belonging thus to two different geothermal periods: an older one encompassing the Cretaceous and apparently the Early Tertiary beds, and a younger one of the Neogene age, their coalification gradients measuring 0.018 %  $R_m/100\text{ m}$  and 0.04 %  $R_m/100\text{ m}$  respectively. While the rank gradient of the younger series seems rather "normal" is the gradient of the older series especially low. It does indicate a low and steady paleogeothermal gradient during the Maestrichtian and the Lower Paleogene times. A low geothermal heating of that time couldn't bring the coalification of coals to the level as we observe today.

The present geothermal gradient at the Zreče site was determined recently in boreholes and is in the order of 28 °C/km (Ravnik et al., 1982).

Taking into consideration the alpine tectonic and magmatic events in the SE Alps region, an attempt has been made to reconstruct the probable depositional and burial history of the presumed Paleogene coal-bearing and higher Tertiary beds at the Zreče site. It is shown in Figure 11. From the estimated thicknesses of beds, which are listed together with the assumed velocities of subsidence (deposition) in Table 3, the order of burial depths of coals can be deduced.

The paleogradients can be estimated also from the empirical relationship between rank (vitrinite reflectance), time and rock temperature. These relations have been studied and investigated by a number of authors recently. The diagram presented by Bostick et al. (1979) has been used here and is reproduced in Figure 12. It refers to the "effective heating time", this being the time of exposure to maximal temperature.

According to the tentative model assumed in Figure 11, the deepest level of subsidence, and thus the highest coalification temperature, should have been reached during the Miocene/Pliocene times. Hence, the burial time of about 18 My may be taken as the "effective heating time". Maximum temperatures are read in the graph, and with them paleogeothermal gradients 114 °C/km and 167 °C/km for the Cretaceous coal and for the Radana coal respectively have been computed. Such excessive values for the Neogene times are highly improbable; they have been disproved also by computation verification according to Buntebarth (1979). Consequently a partial coalification must have been completed already prior to the Neogene burial. Since shallow depths and apparently modest regional geothermal heating of the early Paleogene times could not contribute much to the coalification, a synorogenic thermal influence of the Oligocene magmatism must be assumed as an additional heat source in coalification of coals to the present rank.

Regarding the Neogene upper Radana coal with a computed paleogeothermal gradient of 80 °C/km, similar considerations would suggest a very modest influence of the Karpatian dacitic volcanism on its coalification, affecting other coals in the area as well.



The remnants of the older Paleogene beds overlying the Gosau sediments and occurring also in some outcrops along the Karavanke mountains, together with pebbles of the Eocene foraminiferal limestones scattered in Tertiary clastics of Carynthia and part of northern Slovenia, would conjecture a Paleogene deposition in a rather wide area. Subsequent tectonism and erosion nearly obliterated the once accumulated beds, leaving remnants only. The eventual link between this Paleogene deposition and the sedimentation basins in the present-day Dinaric region of SW Slovenia, together with timing of tectonic events, remains to be studied.

The tentative assumption of the presence of the Eocene and possibly Paleocene beds in the Zreče area will have to be verified by direct geological methods.

### Literatura

Balazs, E., Baldi, T., Dudich, E., Gidai, L., Radozic, Gy., Szentgyorgyi, K. & Zelenka, T. 1981, A magyarszági eocén-oligocén határ képződményeinek szerkezeti-faciális vázlata. *Földtani Közlemények*, 111, 145–156, Budapest.

Baldi, T. 1984, The terminal Eocene and Early Oligocene events in Hungary and the separation of an anoxic, cold Paratethys. *Eclogae geol. Helv.* 77, 1, 1–27, Basle.

Bauer, F. K. 1970, Zur Facies und Tektonik des Nordstammes der Ostkarawanken von der Petzen bis zum Obir. *Jb. Geol. B. A.* 113, 189–246, Wien.

Bostick, N. H. 1973, Time as factor in thermal metamorphism of phytoclasts (coaly particles). *Congr. Int. Strat. et Géol. Carbonifère*, Krefeld 23–28. 8. 1981; 7, 2, 183–193, Krefeld.

Bostick, N. H., Cashman, S. M., McCulloch, T. H. & Waddell, C. T. 1979, Gradients of vitrinite reflectance and present temperature in the Los Angeles and Ventura basins, California. *Symp. in Geochem: low temp. metamorphism of kerogene & clay minerals*; Ed. Oltz, D. F., S. E. P. M., Pacific Sect. 65–96, Los Angeles.

Buntebarth, G. 1978/79, The degree of metamorphism of organic matter in sedimentary rocks as a paleo-geothermometer, applied to the upper Rhine graben. *Geothermics and Geothermal Energy*; Eds. Rybach, L. & Stegena, L. Repr. from *PAGEOPH*, 117, 1/2, Basel.

Buntebarth, G. 1979, Eine empirische Methode zur Berechnung von paläogeothermischen Gradienten aus dem Inkohlungsgrad organischer Einlagerungen in Sedimentgesteinen mit Anwendung auf den mittleren Oberrhein-Graben. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.* 27, 97–108, Krefeld.

Buntebarth, G. 1980, *Geothermie*. 156 p., Springer Verlag.

Buser, S. 1979, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tolmač lista Celje, 72 p., Zvezni geološki zavod, Beograd.

Channell, J. E. T. & Horváth, F. 1976, The African/Adriatic promontory as a paleogeographical premise for alpine orogeny and plate movements in the Carpatho-Balkan region. *Tectonophysics*, 35, 71–101, Amsterdam.

Cermak, V. & Rybach, L. 1979, Terrestrial heat-flow in Europe. *Inter-Union Comm. of Geodynamics*, Sc. Rep. No. 58., Springer Verlag.

Deleón, G. 1969, Pregled rezultata određivanja apsolutne geološke starosti granitoidnih stena u Jugoslaviji. *Radovi Inst. za geol.-rud. ispitivanja nuklearnih i drugih min. sirovina*, 6, 165–182, Beograd.

Dietrich, V. J. 1976, Plattentektonik in den Ostalpen. Eine Arbeitshypothese. *Geotekt. Forsch.* 50, 1–84, Stuttgart.

Drobne, K. 1979, Paleogene and Eocene beds in Slovenia and Istria. 16<sup>th</sup> Eur. micropaleont. colloquium, Zagreb–Bled, 8–16. 9. 1979; Ed. Drobne, K. 49–65, Ljubljana.

Drobne, K., Pavlovec, R. & Drobne, F. 1977, Paleogene larger foraminifera from the area between Mežica and Slovenj Gradec. *Razprave SAZU*, 4, razr. 20, 1–88, Ljubljana.

Drobne, K., Pavlovec, R. & Drobne, F. 1979, Mikrofosilne karakteristike starejšega paleogena na zahodnem obrobju Panonskega bazena. *Zbornik JAZU*, 4. god. Skup. sekc. primj. geol. geofiz. geokem. 155–172, Zagreb.

Drobne, K., Pavlovec, R., Drobne, F., Cimerman, F. & Šikič, L. 1985, Nekateri foraminifere iz zgornjeocenskih in bazalnih oligocenskih skladov v severni Sloveniji. *Geološki glasnik*, 28, 174, 77–89, Sarajevo.

- Drovenik, M. 1984, Nekaj misli k razpravam o triadnih magmatskih kameninah na Slovenskem. Rud.-met. zbornik 31, 3-4, 335-348, Ljubljana.
- Drovenik M., Pleničar, M. & Drovenik, F. 1980, Nastanek rudišč v SR Sloveniji. Geologija 23/1, 1-157, Ljubljana.
- Engelhardt, H. 1902, Tertiärpflanzen von Stranitzen, Schega und Radeldorf in Steiermark. Beiträge z. Paläont. und Geol. Österr.-Ung. und des Orients, 14, 163-180, Wien und Leipzig.
- Exner, C. 1976, Die geologische Position der Magmatite des Periadriatischen Lineaments. Verh. Geol. B. A. 2, 3-64, Wien.
- Faninger, E. 1970, Pohorski tonalit in njegovi diferenciaciji. Geologija 13, 35-90, Ljubljana.
- Faninger, E. 1973, Pohorske magmatske kamenine. Geologija 16, 271-315, Ljubljana.
- Faninger, E. 1976, Karavanški tonalit. Geologija 19, 153-210, Ljubljana.
- Faninger, E. 1982, Ali je predkambrij na Pohorju? Geologija 25/1, 191-200, Ljubljana.
- Faninger, E. 1986, Die Karawanken-Aufbruchzone. Der Karinthin 94, 339-351, Klagenfurt.
- Francis, W. 1954, Coal - its formation and composition. 567 p., Edward Arnold Publishers Ltd., London.
- Gidai, L. 1978, Relations paléogéographiques des formations éocènes du Nord-Est de la Transdanubie. Földtani Közlemények 108, 4, 549-563, Budapest.
- Granigg, B. 1910, Mitteilungen über die Steiermärkischen Kohlenvorkommen am Ostfuss der Alpen. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 58, 41, 457-510, Wien.
- Grosspietsch, D. 1914, Verkokungserscheinungen an der Fohnsdorfer Braunkohle. Mitt. d. Geol. Ges. 7, 223-234, Wien.
- Hamrla, M. 1953, Prispevek h geologiji produktivnega senona na področju Grdeličke klisure v južni Srbiji. Geologija 1, 243-261, Ljubljana.
- Hamrla, M. 1959, O pogojih nastanka premogišč na krasu. Geologija 5, 180-264, Ljubljana.
- Hamrla, M. 1985/86, Optična odsevnost nekaterih slovenskih premogov. Geologija 28/29, 293-317, Ljubljana.
- Hinterlechner-Ravnik, A. & Pleničar, M. 1967, Smrekovski andezit in njegov tuf. Geologija 10, 219-237, Ljubljana.
- Hoernes, R. 1893, Die Kohlenablagerungen von Radeldorf, Stranitzen und Lubnitzengraben bei Röttschach und von St. Britz bei Wöllan in Untersteiermark. Mitt. d. naturw. Vereins f. Steiermark 29, 275-295, Wien.
- Horváth, F. & Stegena, L. 1977, The Pannonian basin: a mediterranean interarc basin. Internat. Symp. on struct. hyst. of Mediterr. basins, Split 25-29. 10.1976; Eds. Biju-Duval, B. & Montadert, L. Editions Technip, 333-340, Paris.
- Huntjens, F. J. & Van Krevelen, D. W. 1953, Chemical structure and properties of coal, II-reflectance. Fuel 33, 1, 88-103, London.
- Institut Français du Pétrole - Savezni Geol. zavod - Nafta Lendava, 1960, Bassin de Maribor-Lendava. Rapport de fin de mission, Ref. 5817. Arhiv GZL Ljubljana.
- ICCP, 1957, International Handbook of Coal Petrography, 1. izd. (z dodatkom iz 1971 in 1975). C. N. R. S., Paris.
- Janoschek, R. 1963, Das Tertiär in Österreich. Mitt. d. Geol. Ges. 56, 2, 319-360, Wien.
- John, C. & Eichleiter, C. F. 1901, Arbeiten aus dem chemischen Laboratorium der K. K. geol. Reichsanstalt ausgeführt in den Jahren 1898-1900. Jb. d. K. K. Geol. R. A., 50, 663-673, Wien.
- Jovanović, P. 1925, Zbirka analiza uglja u Kraljevini S.H.S. Beograd.
- Jovanović, P. 1931, Privreda uglja u Kraljevini Jugoslaviji. 44 p., Beograd.
- Kahler, F. 1928, Über die faziellen Verhältnisse der Kärntner Kreide. Jb. d. Geol. B. A. 78, 145-160, Wien.
- Kahler, F. & Papp, A. 1968, Über die bisher in Kärnten gefundene Eozängerölle. Carinthia II 158, 79-90, Klagenfurt.
- Karweil, J. 1956, Die Metamorphose der Kohlen von Standpunkt der physikalischen Chemie. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 107, 132-139, Stuttgart.
- Kieslinger, A. 1928, Die Lavantaler Störungszone. Jb. Geol. B. A. 78, 499-527, Wien.
- Kieslinger, A. 1931, Bachern und Karawanken. Verh. Geol. B. A. 3/4, 11-125, Wien.
- Kieslinger, A. 1935, Geologie und Petrographie des Bachern. Verh. Geol. B. A. 7, 101-110, Wien.

- Künstner, E., Sontag, E. & Süss, M. 1980, Zur petrographischen Bewertung von Braunkohlen für die Praxis-Möglichkeiten, Fortschritte und Probleme. *Zeitscher. f. ang. Geol.* 26, 5, 237-243, Berlin.
- Kuščer, D. 1967, Zagorski tercijar. *Geologija* 10, 5-85, Ljubljana.
- Mikuž, V. 1979, Srednjeeocenski moluski iz Lepene. *Geologija* 22/2, 188-224, Ljubljana.
- Mineralkohlen Österreichs, 1903, Der Drau-Save Zug. Komitee d. Allgm. Bergmannstages, 113-122, Wien.
- Mioč, P. & Žnidarčič, M. 1978, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tolmač za list Slovenj Gradec. 74 p., Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Mioč, P. & Žnidarčič, M. 1980, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tolmač za list Ravne na Koroškem. 69 p., Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Mundry, E. 1968, Über die Abkühlung magmatischer Körper. *Geol. Jb.* 85, 755-766, Hannover.
- Nikolić, P. & Dimitrijević, D. 1981, Ugajj Jugoslavije. 417 p., Beograd.
- Oberhauser, R. 1963, Die Kreide im Ostalpenraum Österreichs in mikropaleontologischer Sicht. *Jb. Geol. B. A.* 106, 1-88, Wien.
- Oberhauser, R. 1980, Der geologische Aufbau Österreichs. 702 p., Springer Verlag.
- Pavšič, J. & Pleničar, M. 1981, Danijske plasti v Sloveniji. Zbornik referatov odd. za geol. FNT Univerze v Ljubljani 2, 13-20, Ljubljana.
- Petrascheck, W. 1922/25, Kohlengologie der Österreichischen Teilstaaten, 1 (VI, VII). Sonderabdr. *Zeitschr. Oberschl. Berg.-u. Hütt. Ver.* 145-260, Katowice.
- Petrascheck, W. 1926/29, Kohlengologie der Österreichischen Teilstaaten II. Sonderabdr. *Zeitschr. Oberschl. Berg.-u. Hütt. Ver.* 273-484, Katowice.
- Pistorius, N. 1914, Gutachten über den Bergbau der K. K. priv. Südbahngesellschaft bei Gonobitz. Manuskriptno poročilo v arhivu GZL Ljubljana.
- Pleničar, M. 1971, Hipuritna favna iz Stranic pri Konjicah. *Razprave SAZU* 14/8, 241-264, Ljubljana.
- Pleničar, M. 1974, Gosavski skladi Slovenije. *Geologija* 17, 550-551, Ljubljana.
- Pleničar, M. 1979, Cretaceous beds in Slovenia. 16<sup>th</sup> Eur. micropaleont. colloquium, Zagreb-Bled 8-16. 9. 1979, 37-47, Ljubljana.
- Pleničar, M. & Pavlovec, R. 1984, Facialni razvoj nekaterih mezozojskih in kenozojskih karbonatnih kamenin Slovenije. *Nafta* 35 (1), 5-10, Zagreb.
- Prey, S. 1976, Rekonstruktionsversuch der alpidischen Entwicklung der Ostalpen. *Mitt. Österr. Geol. Ges.* 69, 1-25, Wien.
- Premru, U. 1980, Geološka zgradba osrednje Slovenije. *Geologija* 23/2, 227-271, Ljubljana.
- Premru, U. 1981, Tektonska dogajanja na prehodu krede v tercijar v Sloveniji. Zbornik referatov odd. za geol. FTN Univerze v Ljubljani 2, 147-154, Ljubljana.
- Premru, U. 1983, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tolmač za list Ljubljana. 75 p., Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Ravnik, D., Verbovšek, R. & Premru, U. 1982, Gostota Zemljinega toplotnega toka v konjiški udolini. *Geologija* 25/2, 327-334, Ljubljana.
- Redlich, K. A. 1900, Über das Alter der Kohlenablagerungen östlich und westlich von Röttschach in Südsteiermark. *Jb. Geol. R. A.* 50, 3, 409-418, Wien.
- Redlich, K. A. 1904, Über das Alter und Flötzidentifizierung der Kohle von Radeldorf und Stranitzen (Untersteiermark). *Österr. Zeitschr. f. Berg-u. Hüttenwesen* 31, 402-404, Wien.
- Riedl, E. 1879, Die Sotzka Schichten. *Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen* 27, 7, 89-91, Wien.
- Rolle, F. 1857, Geologische Untersuchungen in der Gegend zwischen Weitenstein, Windisch-Gratz, Cilli und Oberburg in Untersteiermark. *Jb. Geol. R. A.* 8, 3, 403-465, Wien.
- Rolle, F. 1858, Über die geologische Stellung der Sotzka Schichten. *Sitzb. d. k. Akad. d. Wiss.* 30, 24-25, Wien.
- Samec, M. & Majdel, J. 1924, Tiljna preiskava premogov iz Slovenije. *Tehnički list* 6, 18, 217-222, Beograd.
- Scharbert, S. 1975, Radiometrische Altersdaten von Intrusivgesteinen im Raum Eisenkappel (Karawanken, Kärnten). *Verh. Geol. B. A.* 4, 301-304, Wien.
- Schnetzler, H. 1909, Protokoll über die Freischürfe in den Steuerbezirken Gonobitz, Schönstein und Cilli. *Archiv GZL Ljubljana* (manuscript).
- Spitz, A. 1919, Nachgosauische Störungen am Ostende der Karawanken. *Verh. Geol. R. A.* 9, 280-288, Wien.

- Stach, E. 1955, Reflexionsmessungen an Kohlennanschieffen mit Berek-mikrophotometer, insbesondere am Exinit der Ruhrkohlenflötze. *Geol. Jb.* 71, 113–143, Hannover.
- Stur, D. 1871, *Geologie der Steiermark*. 654 p., Graz.
- Šikić L. 1976, Gornji eocen na području Ravne gore (NW Hrvatska). *Geol. vjesnik* 29, 191–197, Zagreb.
- Štruel, I. 1970, Stratigrafsko-tektonske razmere v vzhodnem delu Severnih Karavank. *Geologija* 13, 5–20, Ljubljana.
- Teichmüller, M. 1971, Anwendung Kohlenpetrographischer Methoden bei der Erdöl- und Erdgasprospektion. *Erdöl und Kohle* 24, 2, 69–76, Hamburg.
- Teichmüller, M. 1980, Inkohlungsgrad-bestimmung an Kohlen- und Mergelsteinproben aus der Kainacher Gosau (Obersanton-Untercampan) des Grazer Berglandes, Österreich. V: Flügel, H. W. 1980, Die frühalpiner Geschichte der Ostalpen I, Jahresbericht 1979, Leoben.
- Teichmüller, M. & Teichmüller, R. 1979, Zur geothermischen Geschichte des Oberrhein-Grabens. Zusammenfassung und Auswertung eines Symposiums. *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.* 27, 109–120, Krefeld.
- Teichmüller, R. & Teichmüller, M. 1986, Relations between coalification and Palaeogeothermics in Variscan and Alpidic Foredeeps of western Europe. *Lecture Notes in Earth Sciences* 5. *Paleogeothermics*; Eds. Buntebarth, G. & Stegena, L., 53–78. Springer Verlag.
- Teller, F. 1898, Erläuterungen zur Geologischen Karte Prassberg an der Sann, 1:75 000, Wien.
- Teller, F. 1899, Erläuterungen zur Geologischen Karte Pragerhof-Windisch Feistritz, 1:75 000, Wien.
- Tollmann, A. 1976, Plattentektonische Fragen in den Ostalpen und der Plattentektonische Mechanismus des Mediterranen Orogens. *Mit. Österr. geol. Ges.* 69, 291–351, Wien.
- Tollmann, A. 1977, *Geologie von Österreich I*. 766 p., Wien.
- Tollmann, A. 1985, *Geologie von Österreich II*. 711 p., Wien.
- Trunkó, L. 1969, *Geologie von Ungarn*. Gebrüder Bornträger, 258, p., Berlin.
- Trümpy, R. 1973, The timing of orogenic events in the Central Alps. V: *Gravity and Tectonics*; Eds. de Jong, K. A. & Scholten, R., 229–249. John Wiley & Sons.
- Turnšek, D. 1978, Solitary Senonian corals from Stranice and Mt. Medvednica (NW Yugoslavia). *Razprave SAZU*, 4. razr. 21/3, 61–128, Ljubljana.
- Unger, F. 1850, Die fossile Flora von Sotzka. *Denkschr. d. mat. natur-wiss. Kl. d. K. Akad. d. Wiss. Wien*.
- Van Hinte, H. E. 1963, Zur Stratigraphie und Mikropaläontologie der Oberkreide und des Eozäns des Krappfeldes (Kärnten). *Jb. Geol. B. A.* 8, 1–147, Wien.
- Van Husen, D. 1976, Zur Schichtfolge und Tektonik des Jungtertiärs zwischen Rechberg und Homarow-Berg und seine Beziehung zur Hebung der Karawanken. *Carinthia II* 199/86, 113–126, Klagenfurt.
- Wein, Gy. 1969, Tectonic review of the Neogene-covered areas of Hungary. *Acta Geol. Acad. Scient. Hung.* 13, 1–4, 399–436, Budapest.
- Weinek, F. 1870, Vorkommen von Schwarzkohle in ehemaligen Marburgkreise Unter-Steiermarks. *Mineralkoholen Österreichs*, 196–207, Wien.
- Winkler, A. 1914, Über jungtertiäre Sedimentation und Tektonik am Ostrande der Zentralalpen. *Mitt. d. Geol. Gesell. in Wien* 7, 256–312, Wien.
- Winkler, A. 1929, Über das Alter der Dazit im Gebiet des Draudurchbruches. *Verh. Geol. B. A.* 8, 169–181, Wien.
- Winkler, A. 1931, Bemerkungen zu A. Kieslingers Mitteilung »Bachern und Karawanken«. *Verh. Geol. B. A.* 7, 165–174, Wien.
- Zollikofer, v. Th. 1859, Die Geologischen Verhältnisse des Drannthales in Unter-Steiermark. *Jb. Geol. R. A.* 10, 200–219, Wien.
- Zurga, J. 1926, Starost granita na Pohorju. *Geogr. vestnik* 1, 35–37, Ljubljana.