

PALEOGEOGRAFIJA PANONSKEGA OBROBJA V SLOVENIJI

Mario Pleničar in Anton Nosan

S 6 slikami

UVOD

Izraz panonsko obrobje se je pričel v zadnjih letih uporabljati posebno med geologi, ki se ukvarjajo z geologijo nafte v vzhodni Sloveniji. Naše največje doslej najdene naftne zaloge leže v Panonski kotlini na ozemlju nekdanjega Panonskega morja. Po debelini in razprostranjenosti terciarnih sedimentov ločimo panonsko obrobje v ožjem smislu, ki obsega le skrajni vzhodni rob Slovenije in panonsko obrobje v širšem smislu, ki sega daleč v notranjost v obliki ozkih zalivov. Debelina terciarnih sedimentov v širšem obrobju je manjša in se tudi facialno loči od sedimentov v ožjem panonskem obrobju.

K panonskemu obrobju v ožjem smislu štejemo pri nas Pomurje, Slovenske gorice, Dravsko in Ptujsko polje, Haloze, Maceljsko pogorje, Sotelsko in Krško polje. K panonskemu obrobju v širšem smislu pa pripadajo ribniška sinklinala, slovenjegraški zaliv, šoštanjski zaliv, kamniško-motniška sinklinala, laška sinklinala, brestaniško-sevniška kadunja in metliški zaliv.

Podlaga panonskega obrobja

Podlago terciaru panonskega obrobja tvorijo Alpe in Dinarsko gorovje. Meja med obema poteka čez Krško hribovje severno od Krškega polja. Po do sedaj znanih podatkih leže Centralne Alpe pod terciarom Pomurja do ljutomerskega preloma, ki je bil ugotovljen šele nedavno z geofizikalnimi meritvami. Na gravimetrični karti se ta prelom izraža v obliki zgoščenih izoanomal, ki potekajo od Slovenske Bistrice mimo Ptuja, Podvincev, Krapja in Melincev. Ta prelom poteka vzporedno s tako imenovano ljutomersko sinklinalo. Gravimetrične podatke delno potrjuje tudi seizmične meritve. Ugotovljena je bila precej izrazita stopnja. Prelom se nadaljuje proti jugozahodu, kjer zadene na vitanjski prelom. O vitanjskem prelomu vemo, da loči Centralne Alpe od Karavank, ki pripadajo že Južnim apneniškim Alpam. Da gre tukaj res za dve različni podlagi terciara potrjujejo tudi vrtine pri Filovcih, Murski Soboti in pri Hrastju-Moti na severni strani preloma ter v Medjimurju na južni strani preloma, ki so dosegle temeljno gorovje. V vrtinah severno od ljutomerske prelomnice so zadeli vedno na metamorfne kamenine, medtem

ko so v obeh medjimurskih vrtinah (Selnica-1 in Medjimurje-1) pod terciarom triadni sedimenti. Po teh podatkih sklepamo, da se raztezajo južno od ljutomerske prelomnice pod terciarom panonskega obrobja Južne apneniške Alpe. Od Južnoapneniških Alp segajo pod terciar panonskega obrobja Karavanke in Posavske gube. Ostala podlaga terciara pripada Dinarskemu gorstvu.

Metamorfne kamenine Centralnih Alp pod pomurskim terciarom so v glavnem amfibolit, gnajs in biotitni blestnik, ki so močno kloritizirani in kaolinizirani. V severozahodnem delu Prekmurja pa prihaja na površino filit, ki vsebuje vložke kvarcita, grafitnega skrilavca in marmora. Te metamorfne kamenine so verjetno nastale iz paleozojskih skrilavcev. Podobne kamenine najdemo na Kobanskem in na Pohorju. Iz tega tudi sklepamo, da segajo Centralne Alpe pod terciar Prekmurja.

Za primerjavo podlage terciara južno od ljutomerske prelomnice s kameninami Južnoapneniških Alp na površini imamo zelo malo podatkov. Do podlage sta bili izvrtani samo dve vrtini. V vrtini Medjimurje-1 je bil v globini 2840—2890,70 m kristaliziran apnenec z žilicami kalcita. Po mnenju ing. Bobule (1955) pripada ta apnenec mezozoiku. V vrtini Selnica-1 se pričinja podlaga približno v globini 2600 m. V podlago so vrtali do globine 2814 m in sestoji iz temnega glinastega laporja, rdečkastovijoličnega glinastega skrilavca in laporja, iz temnosivega kremenovega peščenjaka ter kremenovega konglomerata. Ti sedimenti pripadajo verjetno ladinski stopnji srednje triade.

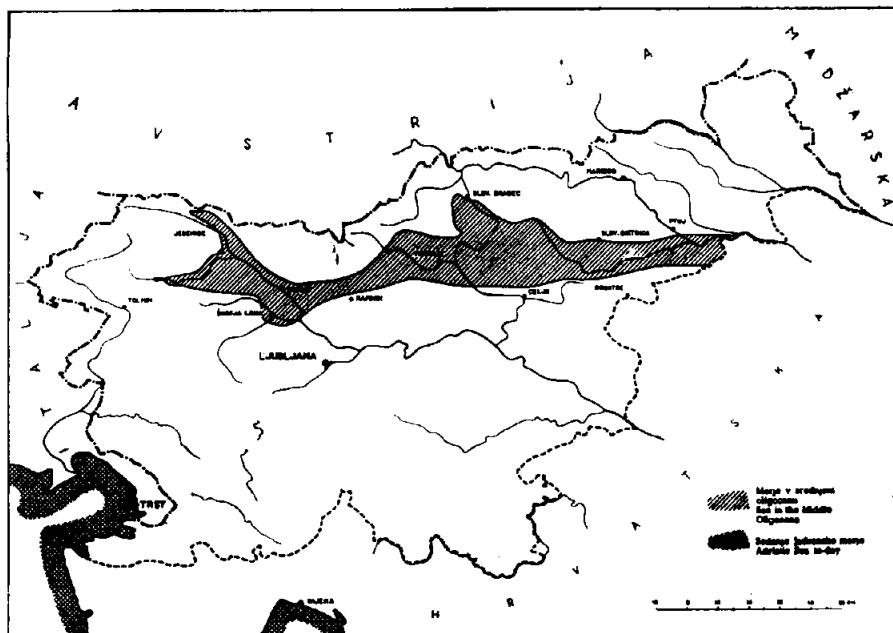
Več podatkov o podlagi terciara nimamo; v podaljšku Posavskih gub moremo pričakovati predvsem triadne sedimente, na območju Dinarskega gorovja pa imamo poleg triade še juro in kreda v razvoju scaglie.

Razvoj terciara

Oligocen. Najstarejši terciarni sedimenti so po dosedanjih naziranjih srednjeoligocenski gornjegrajski skladi, ki so v glavnem obrežne tvorbe. O tem pričajo zlasti konglomerati, ki nastopajo v obliki leč v temnosivem laporju in plasti peščenjakov z zelo bogato obalno favno (korale, litotamnije, polži z debelimi lupinami, školjke). Ohranjeni so v obliki fragmentov v širšem panonskem obrobju in v celjsko-ljubljanskem zalivu, ki je segal preko Gornjega grada mimo Kamnika do Polšice nedaleč od Podnarta do Mežaklje in Bohinja (1. sl.). Južno od tod gornjegrajskih skladov doslej nismo našli. Pričakujemo jih lahko v globinah pod mlajšim terciarom Haloz in Ptujkega polja.

Bolj so razširjeni zgornjeoligocenski skladi, ki so zastopani v morskem (2. sl.), brakičnem in sladkovodnem razvoju. K njim štejemo soteške sklade, ki vsebujejo premog in so pretežno brakični in sladkovodni. Premog in njegova neposredna talnina ter krovina so sladkovodni. Ostali del krovine oziroma talnine pa je ponekod brakičen oziroma morski. V laškem zalivu prehaja morska krovina v sivkasto zeleno laporno glino s školjkastim lomom. Imenujemo jo sivico in vsebuje precej favne (Munda, 1953, str. 37). Papp je nedavno ugotovil (Papp, 1954, str. 168), da spada sivica v oligocen in ne v miocen. Morskemu razvoju

oligocena v notranjosti Slovenije ustrezajo v ožjem panonskem obrobju peščeni laporji, tufi in tufski peščenjaki. Ta horizont je bil ugotovljen pri Rogaški Slatini in ob južnem robu Haloz na vznožju Ravne gore. Premogovne plasti imamo v vzhodnih podaljških laškega zaliva (Laško, Babna gora, Sv. Križ pri Rogaški Slatini) kakor tudi v slovenjegraškem zalivu severno od Boča (Makole).



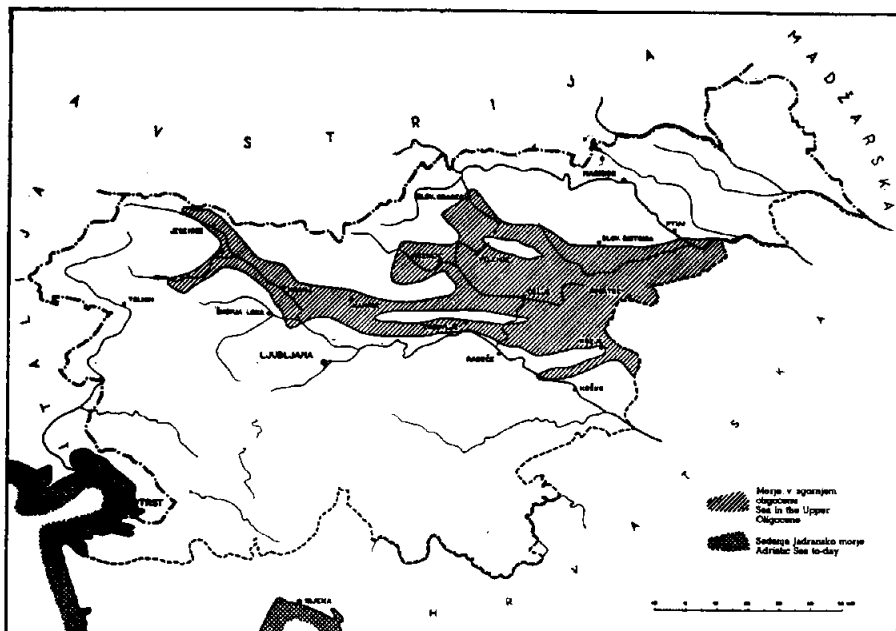
1. sl. Kopno in morje v srednjem oligocenu
Fig. 1. Land and Sea in the Middle Oligocene

Miocen

Spodnji in srednji miocen. Miocen zavzema mnogo večje površine kakor oligocen. Starejši avtorji omenjajo burdigalske in helvetske sedimente tako v ožjem kot v širšem panonskem obrobju. Novejše raziskave (geološko kartiranje in globinsko vrtnanje) v ožjem obrobju so pokazale, da je burdigala in helveta verjetno zelo malo. Spodnji in srednji miocen domnevamo doslej v osrednjih Halozah. Raziskave glede tega še niso končane.

Temni, skoraj črni, kompaktni kremenovi peščenjaki z apnenim vezivom in peščeni laporji s sledovi nafte v Halozah pripadajo verjetno v spodnji miocen (3. sl.). Vsebujejo zelo malo makro- in mikrofavne. Makrofavno zastopajo le školjke iz rodu *Pecten*, od mikrofavne so navzoči poleg redkih drugih še primerki rodu *Bathysiphon* in *Robulus*.

Spodnji torton je razvit v Pomurju in Slovenskih goricah. Pri Ormožu ob železniškem useku in v koritu Drave se kaže spodnji torton pod pleistocenskim nanosom. Razvit je v obliki badenske sivice. Ekvivalent badenske sivice z lagenidno favno je bil ugotovljen v vrtini Kog-3. Po mikrofavni sodeč so to tipični globokomorski sedimenti. Med Bočem in Bohorjem imamo v spodnjem tortonu tufske peščenjake in peščene laporje.



2. sl. Kopno in morje v zgornjem oligocenu
Fig. 2. Land and Sea in the Upper Oligocene

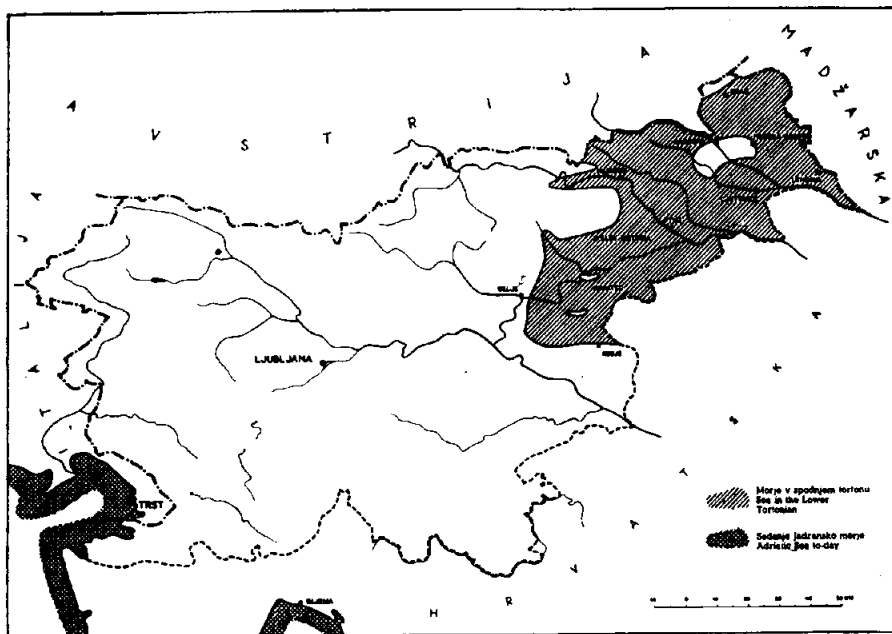
V severozahodnem delu Slov. goric je v spodnjertortonških plasteh mnogo vložkov litotamnijskih peščenjakov in apnencev, kar dokazuje, da je bila od časa do časa blizu obala.

V ribniški sinklinali, v slovenjgraškem in celjskem zalivu, v brestaniško-sevniški sinklinali in na Krškem polju omenjajo starejši avtorji (Teller, Dreger, Munda, Stache, Lipold) spodnji miocen. Usedline v severnih zalivih so sladkovodne in morske, v južnih pa morske. Omenjajo sivico, plasti lignita, laporje, peščenjake, konglomerate pa tudi gline, dacitne tufe, tufite in peske. Vseh teh predelov v novejšem času nismo raziskali. Vendar bi po petrografskem opisu sklepali, da gre delno za oligocenske, delno pa morda za spodnje miocenske sedimente. Na Krškem polju smo ugotovili, da se začenja miocen šele z zgornjim tortonom.

V laškem zalivu, kjer je podrobno obdelal terciar Bittner, naj bi bil zastopan miocen od burdigala do sarmata. Papp (1954) in Ku-

ščer (1955) sta na podlagi mikrofavne dokazala, da spada sivica v oligocen, medtem ko jo je Bittner uvrstil v burdigal. Podobno je uvrstil Papp (1955) sivico v kamniško-motniški sinklinali v oligocen, in sicer v kat.

Srednji torton. V Pomurju, Slov. goricah in Halozah je razvit srednji torton v obliki mehkejših in svetleje obarvanih peščenih laporjev z vložki peščenjaka. Ponekod vsebujejo peščenjaki zrna glavkonita in prehajajo



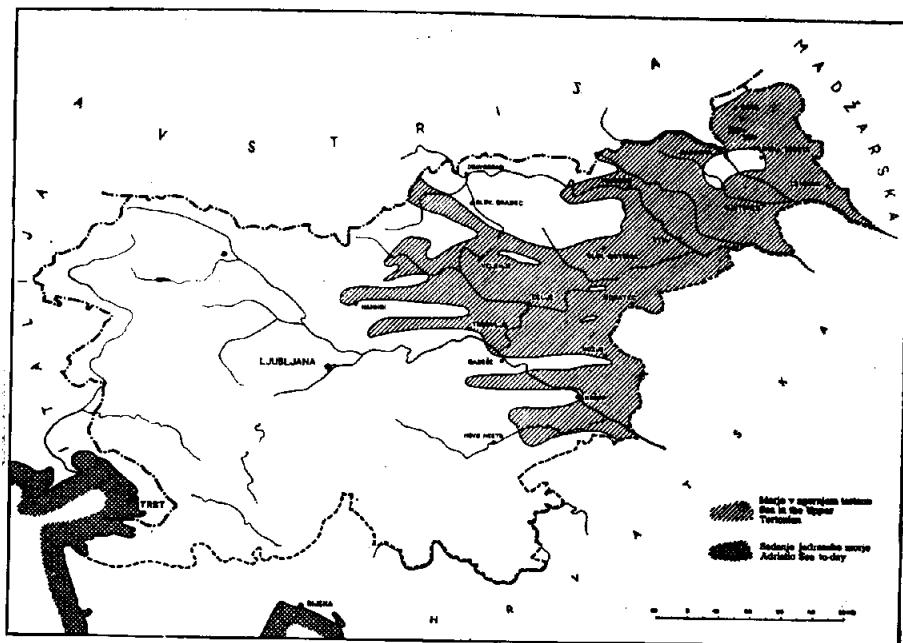
3. sl. Kopno in morje v spodnjem tortonu
Fig. 3. Land and Sea in the Lower Tortonian

lokalno celo v konglomerat. Redko najdemo v tem delu Slovenije v srednjem tortonu čeri litotamnijskega apnenca (Borl v Halozah, Hum pri Ormožu, Kog, Cmurek). Srednji torton je razvit v Halozah in Slov. goricah v globokomorskem in plitvomorskem faciesu, v ormoško-selniški antiklinali pretežno v plitvomorskem, na Goričkem v Prekmurju pa izključno v globokomorskem razvoju. Na Goričkem je torton močno erodiran, zato navidezno manjkajo nekateri horizonti.

Med Bohorjem in Bočem je srednji torton razvit lapornato s čermi in večjimi kompleksi litotamnijskega apnenca ter apnenega peščenjaka. Proti zahodu imamo v laškem zalivu srednji torton razvit v obliki tako imenovanega govškega peščenjaka z vložki glinastih plasti, ki ga zamenjajeta včasih konglomerat in litotamnijski apnenec (po Bittnerju spodnji litotamnijski apnenec). Tak razvoj srednjega tortonima imamo od Rudnice do vključno Tuniškega gričevja pri Kamniku. Podoben je razvoj

srednjega tortona tudi v brestaniški premogovni kadunji. Tudi tam nastopata govški peščenjak in laški lapor.

Zgornji torton. Zgornji torton je bil doslej najden v ormoško-selniški antiklinali (Kog) in v Halozah v majhni krpi pri Hrastovcu južno od Zavrča. Petrografsko je enako razvit kot srednji torton. Nadalje je z mikrofavno dokazan zgornji torton pri Sentjanžu, Šentrupertu, Krmelju in na Krškem polju. V omenjenih krajih je razvit v obliki rumenkastega



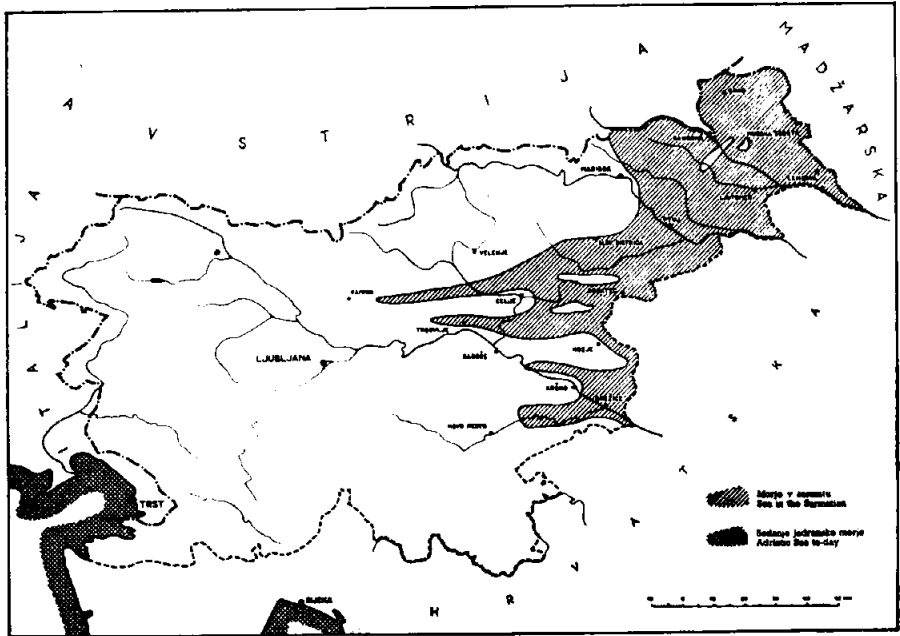
4. sl. Kopno in morje v zgornjem tortonu
Fig. 4. Land and Sea in the Upper Tortonian

peščenega laporja, dalje apnenega peščenjaka in v obliki čeri litotamnij-skega apnenca. Južno in jugovzhodno od Šmarjete se pojavljajo pri Sentjanžu ter pri Beli cerkvi bazalne tvorbe. Sestoje iz apnenih kongrecij, apnenega konglomerata in apnenega peska.

Zgornji torton je v severovzhodni Sloveniji ohranjen le v krpah, ki so erozijski ostanki nekoč strnjenih zgornjetortonskih plasti (4. sl.). Na podobne razmere moremo sklepati med Bočem in Bohorjem; tam je taka krpa pri Babni gori, kjer nastopa zgornjetortonska mikrofavna. Proti zahodu, v terciaru laškega zaliva in severno od njega doslej ni bil zgornji torton posebej dokazan. Po analogiji z vzhodnimi predeli bi mogel pripadati zgornji del laškega laporja in deloma litotamnij-ski apnenec zgornjemu tortonu.

Sarmat. Tortonu sledi sarmat v brakičnem razvoju. Verjetno je bil razvit na celotnem območju graškega zaliva spodnji, srednji in zgornji

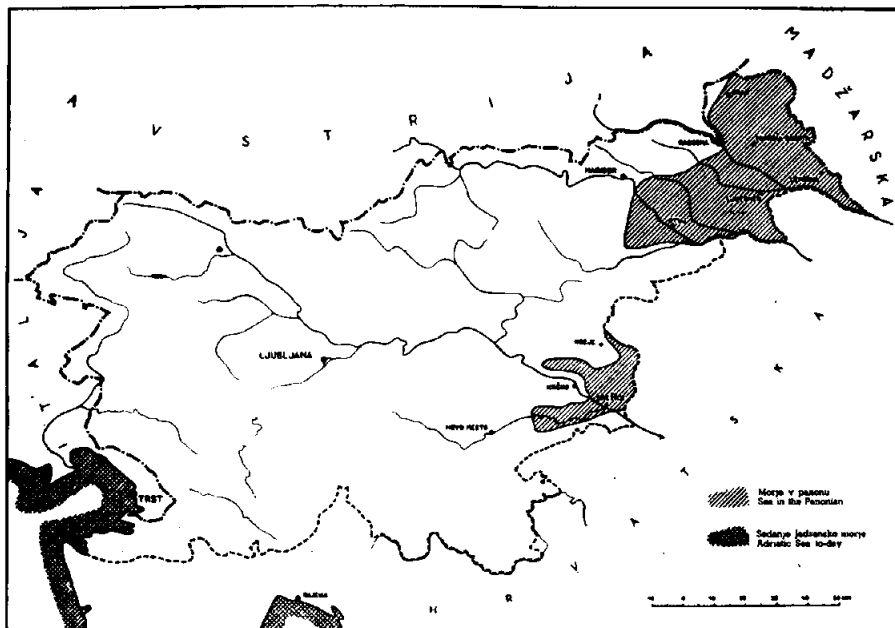
sarmat, vendar se je zaradi močne denudacije ohranil le lokalno. V Prekmurju je razvit spodnji in srednji sarmat v obliki kremenovega konglomerata, ki ga ponekod zamenjujejo kremenov prod, kremenov pesek, peščeni lapor, peščena glina, ponekod premogasta glina in peščenjak. V njih so bile najdene foraminifere: *Nonion granosum* d'Orb., *Elphidium aculeatum* d'Orb., *Elphidium* aff. *crispum* L., *Elphidium* sp. in ostrakodi. V istem horizontu so bile najdene školjke iz rodu *Cardium*, o katerih



5. sl. Kopno in morje v sarmatu
Fig. 5. Land and Sea in the Sarmatian

domnevamo, da pripadajo srednjemu ali celo spodnjemu sarmatu. V ormoško-selniški antiklinali je spodnji sarmat razvit v obliki ervilijskih glin, podobno kot vzhodno na Hrvaškem. Od foraminifer nastopa tukaj vrsta *Cibicides lobatulus* W. in J., ki je na Goriškem ni. V zahodnem delu Slovincije je v spodnjem in srednjem sarmatu več mikrofavne. Nadalje je razvit spodnji sarmat še v Halozah, med Bočem in Bohorjem, v laškem in kamniško-motniškem zalivu, v brestaniško-sevniškem zalivu in na Krškem polju. V laškem zalivu so sarmatske usedline v splošnem zastopane s konglomerati in kompaktnimi apnenimi peščenjaki. Manj je lapornatih in glinastih plasti, ki jih opazujemo v glavnem v spodnjem delu. Vsebujejo precej favne, med katero je našel Hamrla (1954, str. 118) na več mestih *Cerithium rubiginosum* Eichw., *Cerithium pictum* Bast., *Ervilia* cf. *podolica* Eichw. Zahodno od Hrastnika je sarmat razvit bolj peščeno. Prevladujejo peščenjaki, peski in v njihovi krovniini gline. Na obrobju

Krškega polja prihaja sarmat na dan v obliki ozkih prekinjenih prog vzdolž tortonskih sedimentov. Po fosilni makrofavni je to spodnji sarmat. Sestoji iz peskov, glin in peščenih laporjev. V peskih z vmesnimi plastmi gline nastopa pri Ardru (Raka) naslednja favna: *Cerithium rubiginosum rubiginosum* (Eichwald), *Dorsanum duplicatum* Sow., var. *minor*, *Acteocina laionkaireana laionkaireana* Bast., *Limnocardium* sp., *Ervilia* sp. *Ocenebrina subvalvata striata* Eichw., *Gibbula angulata spirocarinata*



6. sl. Kopno in morje v panonu
Fig. 6. Land and Sea in the Pannonian

Papp. Krpe sarmata so bile najdene pri Beli cerkvi, med Gorenjo gomilo in Rudno vasjo ter med Brezjem in Senušo pri Raki. Na južnem robu je doslej ugotovljena večja krpa samo med Slivjem in Selom severovzhodno od Kostanjevice (5. sl.).

Zgornjesarmatske sedimente sestavljajo v severovzhodni Sloveniji peščen lapor, peščena glina, kremenov pesek, apnenec in precej rahlo sprjet apneni peščenjak. Mikro- in makrofavna sta zelo obilni. Med mikrofavno nastopajo poleg vrst, ki smo jih omenili pri spodnjem in srednjem sarmatu, še *Elphidium* cf. *antoninum* d'Orb., *Rotalia beccarii* L., *Elphidium obtusum* d'Orb., *Elphidium* cf. *flexuosum* (d'Orb.) var. *reussi* Marks in druge. Med makrofavno nastopajo vrste iz rodov *Ervilia*, *Cardium*, *Tapes*, *Acteocina* in *Valvata*. V ormoško-selniški antiklinali zgornjega sarmata nismo odkrili, verjetno ga v Halozah tudi ni, pač pa je v zahodnem in srednjem delu Slovenskih gorc razvit sarmat podobno kot v Prekmurju.

V Halozah zgornji sarmat verjetno ni razvit, prav tako ni bil najden v ostalih terciarnih zalivih, razen pri Metliki. Tukaj imamo v zgornjem sarmatu gline, laporaste gline in laporje. Laporasta glina vsebuje naslednjo makro- in mikrofavno: *Acteocina laionkaireana laionkaireana* Bast., *Limnocardium* sp., *Elphidium* aff. *crispum* L., *Nonion granosum* d'Orb., *Quinqueloculina* sp. in ostrakode.

Panon. Panonski sedimenti so omejeni le na ožje panonsko obrobje. Najdemo jih v Pomurju, brestaniško-sevniškem zalivu in na Krškem polju (6. sl.). V Pomurju so razviti v obliki ostrakodnih laporjev, ki so verjetno ekvivalent provalencienezijskih plasti na Hrvaškem, dalje iz plasti abichi, ki ustrezajo kongerijskim plastem v Dunajski kotlini in iz plasti, ki ustrezajo v notranjosti Panonske kotline horizontu rhomboidea. Petrografsko so vsi ti sedimenti enako razviti. Med debelimi plastmi sivega laporja, ki je ponekod nekoliko bolj peščen, so vložki svetlosivega, skoraj belega, poroznega kremenovega peščenjaka, ki je ponekod izredno slabo vezan. Peščenjaki vsebujejo nafto in plin. Vsi so razviti brakično, razen zgornjega dela plasti rhomboidea, ki so sladkovodne. Med favno prevladujejo školjke, in sicer so v ostrakodnih laporjih poleg številnih ostrakodov še školjke: *Congeria zagrabiensis* Reuss., *Congeria digitifera* Andrus in *Limnocardium otiophorum* Brus. Od polžev nastopajo redko *Provalenciennesia arthaberi* Kr.-Gor., *Velutinopsis* sp., *Planorbis* sp. in *Limnaeus* sp. V zahodnem delu Goriškega smo našli v laporjih tik nad sarmatom školjko *Congeria part-schi* Brus., kar kaže, da imamo tam najnižji del panona.

V plasteh abichi se dobi v vzhodnem delu ormoško-selniške antiklinale in pri Petišovcih *Paradacna abichi* Hoern., ki je proti zahodu ni. Poleg te najdemo še *Congeria zagrabiensis* Brus., *Limnocardium otiophorum* Brus., *Limnocardium asperocostatum* Brus., *Dreissensia* sp., od polžev nastopa *Valenciennesia reussi* Neum.

Na Kogu imamo posebno favno, ki se nekoliko loči od favne vzhodno od tod. V najnižjem delu panona dobimo tudi laporje, v katerih sta bila najdena *Cardium* cf. *cekuši* Kr. Gor. in *Cardium* sp. Po prvem fosilu sklepamo, da je panon na Kogu ekvivalent Gorjanovičevih belih laporjev. Nad tem horizontom leže šele ostrakodni laporji s školjko *Limnocardium trifkoviči* Brus. Ti laporji bi bili nekako ekvivalent provalencienezijskih plasti. Nad njimi sledijo prehodne plasti med horizontom abichi in rhomboidea. To so laporji s favno: *Limnocardium* cf. *otiophorum* Brus., *Dreissensia* cf. *auricularis* Fuchs., *Paradacna* ex gr. *okrugiči* Brus., *Planorbis pachychilus* Brus., *Planorbis homalosomus* Brus., *Pisidium* sp.

Nato sledijo na celotnem Prekmurju in Medjimurju plasti rhomboidea, ki so v vzhodnem delu razvite v obliki laporjev in peščenjakov ter prehajajo navzgor v sladkovodne peščeno-prodnate plasti. Vsebujejo školjke: *Congeria turgida* Brus., *Dreissensiomya croatica* Brus., *Limnocardium baraci* Brus., *Paradacna* cf. *okrugiči* Brus., zelo številna pa je zlasti na Kogu *Congeria brandenburgi* Brus.

Više sledijo le sladkovodne plasti, ki bi bile verjetno ekvivalentne s horizontom *Unio wetzleri*. V njih so v Pomurju številni sloji lignita in vsebujejo naslednjo favno: *Unio* sp., *Helix doderleini* Brus., *Helix pilari* Brus. in *Planorbis* ex gr. *cornu*.

V brestaniško-sevniškem zalivu in severovzhodnem obrobju Krškega polja nastopajo pretežno sedimenti z manjšimi vložki peščenega laporja. Pod tem peskom leži lapornata serija, ki je severno od Brežic med Sromljami in Bizeljskim zelo slabo razvita, bolj proti zahodu, približno do Rake, pa se odebeli. Kako je s tem bazalnim lapornim horizontom v brestaniško-sevniškem zalivu še ne vemo, ker je premalo raziskan. V bazalnem horizontu smo našli na obrobju Krškega polja med Rako in Senušo naslednjo favno: *Melanopsis fossilis fossilis* Martini-Gmelin., *Melanopsis bouei* aff. Fer., *Melanopsis bouei sturi* Fuchs., *Melanopsis impressa posterior* Papp., *Melanopsis impressa pseudonarzolina* n. ssp. Papp., *Melanopsis rugosa* Hant. in odlomke kongerij ter limnokardijev. Ta favna kaže, da pripadajo laporji spodnjemu delu srednjega panona. V gorica h med Krškim in Sotlo smo našli severno od Brežic v bazalnih laporjih školjko *Congeria partschi* Brus., ki priča, da pripadajo v vzhodnem delu ti laporji vsaj spodnjemu delu srednjega panona. V razpravi (P l e n i č a r-R a m o v š, 1954, str. 245) so bile te plasti napačno prištete k plastem rhomboidea.

V peskih in laporjih nad bazalnimi laporji smo našli severno od Brežic zelo številno makrofavno, ki kaže na plasti rhomboidea ali vsaj na ekvivalent teh plasti. V njih smo našli zelo številne primerke *Congeria brandenburgi* Brus., *Congeria zagrebiensis* Brus., *Congeria auricularis* Fuchs., *Congeria croatica* Brus., *Congeria balatonica* Partsch., *Congeria scarpei* Brus., *Congeria ungula caprae* Münt., *Congeria rhomboidea alata* Brus., *Dreissensia auricularis* Fuchs., *Limnocardium otiothorum* Brus., *Limnocardium rogenhofferi* Brus., *Limnocardium steindacheri* Brus., *Limnocardium auingeri* Brus., *Limnocardium* cf. *secans* Fuchs., *Limnocardium croaticum* Brus., *L. dumičiči* Gor. Kr., *L. inflatum* Gor. Kr., *Valenciennius reussi* Neum., *Limnaea kobelti* Brus. in druge.

Vse te starejše pliocenske plasti pokrivajo na celotnem panonskem obrobju dakijski in postdakijski prodi. V severnovzhodni Sloveniji so prodniki pretežno kremenovi, v jugovzhodni Sloveniji pa imamo med prodniki poleg kremenca še keratofir, kremenov konglomerat, tuf in rožence.

Tektonika in paleogeografija

Na prehodu med kredo in terciarom so se pričeli tektonski premiki, ki so bistveno vplivali na odložitev terciara v Sloveniji. Takrat je vladala splošna regresija morja in so se dvignile iz morja današnje Alpe. V najstarejšem terciaru je bila vzhodna in centralna Slovenija še kopno in izpostavljena denudaciji. Odnese so bile v precejšnji meri kredne, jurske in triadne plasti. V tem času je nastala razvodnica med Sredozemskim in Panonskim morjem, ki je potekala v črti Snežnik—prednožje Julijskih Alp—Jalovec—Centralne Alpe. Proti vzhodu se je ozemlje polagoma spuščalo. Ob koncu eocena se je začelo močno gubanje (pirenejska faza). Tedaj je nastala osnova današnje Ljubljanske kotline in je prišlo do ločitve Julijskih ter Savinjskih Alp. Verjetno se je takrat udrla Celjska in Slovenjegraška kotlina. Ob splošnem grezanju ozemlja je sledila transgresija morja, v katerem so se odložili gornjegrajski skladi. Morje je prodrlo zelo daleč v notranjost Slovenije. Preko Ljubljanske kotline je segalo mimo

Polšice in Podnarta do Jesenic in Bohinja (1. sl.). V splošnem so se odložili plitvomorski sedimenti. Po krajih, kjer so še ohranjeni gornjegrajski skladi, sklepamo, da je potekal zaliv preko prednožja današnjih Savinjskih Alp v Ljubljansko kotlino. Od vzhoda pa je segalo morje do Savinjskih Alp severno od Boča in Ravne gore nekako čez južni rob Ptujkega polja. Verjetno je čez današnje Haloze segalo morje v notranjost v ozkem zalivu. Po odložitvi gornjegrajskih skladov je sledila regresija morja in dlje časa trajajoča doba erozije. V tej dobi so nastala jezera in močvirja, v katerih je ob ugodnih klimatskih pogojih uspevala bujna močvirska vegetacija, ki je dala podlago za nastanek premoga. Ker je ponekod talnina premoga morska oziroma brakična, drugod pa sladkovodna, sklepamo, da je morje prekrivalo pred regresijo le tiste dele, kjer imamo morsko in brakično talnino. Potemtakem ni bilo morja v starejšem oligocenu v obeh zalivih Posavskih gub.

Sledila je morska transgresija. Sedimenti tega morja tvorijo zgornji del krovnine premoga v obeh sinklinalah Posavskih gub, nadalje spadajo v to dobo mlajši morski oligocenski sedimenti v Ljubljanski kotlini ter pri Bohinju (sivica). V tej dobi je segal zaliv med Karavankami in Pohorjem do Slovenjega Gradca (2. sl.).

V brestaniški premogovni kadunji imamo v talnini premoga brakične in morske plasti. Ker nimamo južno od črte Menina—Boč nobenih ostankov gornjegrajskih skladov, sklepamo, da bi lahko bila morska talnina v brestaniški kadunji časovno ekvivalentna morski krovlini soteških skladov v laški sinklinali in morskemu oligocenu v ožjem panonskem obrobju (Haloze, Rogaška Slatina).

V terciarni dobi je bilo celotno slovensko ozemlje podvrženo številnim gubanjem in je bilo ob prelomih razkosano. To nam poleg številnih transgresij in regresij dokazujejo tudi vulkanski izbruhi. Morda so se pričeli vulkanski izbruhi že v srednjem oligocenu, vendar imamo o tem še premalo dokazov. Prve zanesljive dokaze imamo iz zgornjega oligocena. Andezitne tufe smo našli vključene med gornjeoligocenskimi morskimi sedimenti ob južnem robu Haloz. Andezitni tufi, pomešani s tufskimi peščenjaki in brečami, so dokazani tudi v Rogaški Slatini in njeni okolici. Ob času raziskovalnih del za ponovno zajetje mineralnih vrelcev je vrtna št. 17 potekala 60 m v tufu, vendar še ni dosegla njegove podlage. Med tufskimi sedimenti smo ugotovili leče litotamnjskega apnenca, kar priča, da so bili tufi odloženi v plitvem obrežnem morju. Ostanke vulkanskega stekla na severnem pobočju Ravne gore in obsežen kompleks lavinih tufov na Plešivcu jugovzhodno od Boča dokazujejo, da so bili vulkanski izbruhi v neposredni bližini teh nahajališč. Ker leže vsa nahajališča tufov, tufitov in ostalih vulkanskih kamenin vzdolž donačke prelomnice, sklepamo, da so bili izbruhi ob tej prelomnici. Ostanke andezitnega tufa iz te dobe najdemo tudi precej daleč od vulkanskih centrov, in sicer pri Trličnem in Vidini na Hrvatskem, kar priča, da so bili ti izbruhi precej močni. Domnevati moremo, da spadajo vsaj začetki erupcijske epohe Smrekovca tudi še v oligocen.

V oligocenu je bila v naših krajih tropska klima, kar dokazujejo fosilni ostanki vegetacije: *Sequoia langsdorfi* Brot., *Pinus palaeostrobi* Ett.,

Taxodium distichum Rich., *Glyptostrobus europaeus* Heu., *Sabal haerigiana* Ett.

V močvirskih gozdovih sta živelata poleg drugih nosorog *Meninatherium telleri* Abel in *Anthracotherium magnum* Cuv., daljni sorodnik današnjega vepra.

Pogoji za nastanek nafte so bili pri nas v oligocenu omejeni le na vzhodno Slovenijo. V ozkih zalivih ni živelata planktonska favna in flora v toliki meri, kot na odprtem morju na območju današnje Panonske nižine. Oligocenski sedimenti so bili v dolgi kopni dobi do tortona podvrženi eroziji, ki jih je v veliki meri odstranila. Ob koncu oligocena je bilo namreč slovensko ozemlje ponovno podvrženo orogenetskim procesom (savska faza). Prišlo je predvsem do dviganja ozemlja in s tem v zvezi do morske regresije. Po novejših raziskovanjih je bila doba erozije precej daljša, kot so prej domnevali. V tej dobi so se verjetno še nadaljevali vulkanski izbruhi. Spodnje miocenski sedimenti so doslej še slabo preiskani, zato jih tukaj ne bomo podrobneje obravnavali.

Kakor je savska faza povzročila umik morja, tako je starejše štajersko gubanje povzročilo na meji med helvetom in tortonom ponoven vdor morja od vzhodne strani. Obala spodnjegotortonskega morja je potekala ob vznožju Kozjaka, Pohorja in vzhodnega prednožja Savinjskih Alp, nato pa vzhodno od Celja do Bohorja, ki je predstavljal južno obalo. Kot otoki so gledali iz morja Boč, Rudnica in v Prekmurju (na Goričkem) osnovno gorstvo (3. sl.).

Ker je spodnji torton odložen navadno neposredno na oligocenu, najdemo ponekod v bazalnih plasteh še tufske peščenjake. Spodnji torton je omejen bolj na ožje panonsko obrobje. Njegova debelina je precejšnja (čez 1000 m). Bogata planktonska favna je nudila ugoden osnovni material za nastanek nafte. Tudi ostali pogoji za nastanek nafte so bili ugodni. V širokih in srednjeglobokih morskih zalivih so nastajali izmenoma lapornati in peščeni sedimenti.

Mlajše štajersko gubanje, ki je bilo med spodnjim in srednjim tortonom, je povzročilo gubanje spodnjega tortona in obenem intenzivnejše grezanje. Morje je prodrlo globoko v notranjost Slovenije. Obala se je pomaknila bolj proti zahodu. Med Kozjakom in Pohorjem je segal morski zaliv morda celo v Celovško kotlino, nadalje po kamniško-motniški sinklinali v Ljubljansko kotlino, v laški sinklinali do Moravč, v brestaniško-sevniškem zalivu pa zahodno od Senovega. Obala je bila zelo razčlenjena. Morje je segalo v ozkih dolgih zalivih proti zahodu. V vzhodni Sloveniji je bila globina morja zelo različna. Na Goričkem je bilo ves čas srednjega tortona globoko morje, medtem ko je bilo globoko in plitvo morje na območju Slovenskih goric, Haloz in med Bočem ter Bohorjem. Na obalno morje kažejo otoki litotamnijskega apnenca, favna in petrografski sestav sedimentov (peščenjak, konglomerat, litotamnijski apnenec). Nepravilno razmetane krpe litotamnijskega apnenca v ožjem panonskem obrobju kažejo na variiranje morske globine v srednjem tortonu. V takih sedimentih so bili pogoji za nastajanje nafte manj ugodni kot v spodnjegotortonskih. Apneni peščenjaki in peščeni laporji pa so bili lahko ugoden kolektor za nafto pri poznejši migraciji.

V zgornjem tortonu se je z udorom Krške kotline razširilo morje do Šmarjete, v brestaniško-sevniškem zalivu pa je prodrlo do Sentjanža in Šentruperta. Severno od tod je obala ostala ista kot v srednjem tortonu (4. sl.). Globinske razmere morja so bile v glavnem enake kot v srednjem tortonu. Proti koncu zgornjega tortona se med favno kažejo oblike, ki žive v brakični in slani vodi in jih najdemo še v sarmatu.

Klima je postala v miocenu hladnejša. To sklepamo po flori in favni. Namesto prejšnjega tropskega podnebja je zavladalo subtropsko podnebje. Med floro naj omenimo močvirske ciprese in sekvoje kot v oligocenu, dalje borovce, lovorje, vedno zeleni hrast, oreh, kostanj, figovec, brezo, jelšo in še mnoga druga drevesa. Na kopnem so živeli predniki današnjega slona (*Mastodon angustidens* Cuv., *Mastodon tapiroides* Cuv., *Dinotherium* sp.). V močvirskih gozdovih so živeli med drugim nosorogi (*Aceratherium* sp.), tapirji (*Tapirus telleri* Hoffmann), predniki konja (*Anchitherium aurelianense* Cuv.) in jeleni.

V sarmatski dobi je postalo morje celinsko, ker je bila pretrgana zveza med Panonskim in Sredozemskim morjem. Ker je sarmat v Sloveniji še slabo raziskan, so paleogeografske razmere v tej dobi manj jasne. Vemo, da je imelo sarmatsko morje približno enak obseg kot v zgornjem tortonu, pozneje pa je vedno bolj napredovala regresija, dokler se morje ni popolnoma umaknilo. V sarmatu je bilo morje plitvo, o čemer pričajo peščeni, prodnati in glinasti sedimenti. Obala je potekala po severozahodnem delu Slovenskih goric, zahodno od Cmureka, od Jarenine na Duplek, dalje ob Pohorju do Slovenske Bistrice, Žič, Boča in Ravne gore. Severno od vzhodnih podaljškov Karavank je bil torej krajši zaliv, ki ni segal daleč v notranjost. Južno od podaljškov Karavank in v področju Dinarskega gorovja pa je segalo sarmatsko morje na zahod v več zalivih. V kamniško-motniškem zalivu je segalo morje do Tuniškega gričevja, v laškem zalivu do Kandrš, v sevniško-brestaniškem zalivu še zahodno od Sevnice, v Krškem zalivu do Bele cerkve in v Belo krajino do Metlike (5. sl.). Odložitvi sarmata je sledila doba intenzivne erozije, zato se nam je ohranil sarmat le v obliki manjših krp. Proti koncu sarmatske dobe se je Panonsko morje umaknilo s slovenskega ozemlja. Ker so ga zasipale reke in ker je izgubilo zvezo s Pontskim morjem, je ostalo celinsko morje, ki se je tudi polagoma osuševalo.

Umiku sarmatskega morja je sledila doba erozije, ki jo je prekinil ponoven vdor Panonskega morja. Vzrok temu so bili tektonski premiki (atiško gubanje). Pri tem je dobilo Panonsko morje zvezo s Pontskim in postalo nekoliko bolj slano, vendar je bilo še brakično. Obala Panonskega morja ni bila več razčlenjena, prav tako morje ni prodrlo več v notranjost Slovenije. Le na jugu je segalo preko Brežic do Rače, v brestaniško-sevniškem zalivu pa do Sevnice. Sotelsko je bilo kopno, v severovzhodni Sloveniji je morje oblivalo Haloze in Maceljsko gorovje, prekrivalo Ptujsko polje, jugovzhodni del Slovenskih goric in Pomurje. Na Goričkem je potekala obala nekako ob dolini Ledave (6. sl.). Globina Panonskega morja se je verjetno menjavala, kar priča menjava laporjev s kremenovimi peščenjaki. Verjetno je bilo to plitvo šelfno morje. Peščeni sedimenti so

nastajali v zelo plitvem morju, lapornati pa v malo globljem. Peščeni sedimenti obenem lahko označujejo tudi območja, kjer se je izlivala v morje večja reka. Ti sedimenti so ugodni kolektorji za nafto, zato imamo v njih doslej ugotovljene največje zaloge nafte.

Tako nam postane jasno, da imamo nafto v spodnjem panonu v sinklinalnem območju Petišovcev, ne pa na ormoško-selniški antiklinali. V Petišovcih so iste plasti razvite peščeno, na ormoško-selniški antiklinali pa lapornato. Za nafto je torej pomembnejši petrografski sestav kamenin kot strukturna oblika. Peščeni razvoj spodnjega panona lahko pričakujemo v dolgih progah, ki potekajo od nekdanje obale Panonskega morja oz. jezera proti vzhodu. Panonsko morje se ni umaknilo z regresijo kot morja v prejšnjih geoloških dobah, ampak so ga zasule reke. Odslej so se odlagali le rečni pontski, dakijski in postdakijski pliocenski prodi, peski in gline. Morje se torej ni več povrnilo. Gline kažejo na lagunam podobna jezera, ki so bila zadnji ostanki Panonskega morja. Takrat je oživilo vulkansko delovanje pri Gleichenbergu. Sledove teh erupcij imamo pri Gradu v Prekmurju.

Debele plasti pliocenskega rečnega proda najdemo v ožjem panonskem obrobju, to je v Prekmurju, v Slov. goricah, v brestaniško-sevniškem zalivu, na Krškem polju in pri Gradacu med Kolpo in Lahinjo. V ostali Sloveniji teh prodiv v glavnem ni in je v tem času delovala le erozija, medtem ko je v omenjenih predelih erozija prekinjala akumulacijo le od časa do časa. Posamezne cikle erozije nam kažejo nivoji. V severnem Pomurju se je ohranilo devet terasnih sistemov. V višini 400—420 m je najstarejša izravnava tega področja, medtem ko je najizrazitejša v višini okoli 300 m. Podobno je razvitih devet terasnih sistemov v Slov. goricah, kjer tudi zasledimo nivo v višini 400—405 m. Isti nivo opažamo v ozkem pasu na vzhodnem robu Pohorja in sploh ob Dravskem polju. V Krškem hribovju ga tudi najdemo, vendar ni tako izrazit. Sklepati moramo torej na neko splošno postdakijsko izravnavo. Poznejše izravnave so bile omejene le na posamezna ožja območja (graški zaliv, Krško polje). Po tej splošni izravnavi je začel nastajati današnji relief.

V pliocenski dobi je postalo podnebje še hladnejše in ob koncu pliocena je postala klima podobna današnji. V okolici Ormoža so našli ostanke rastlin cimetovega drevesa, jelše, breskve, lovorike in kasije. Tam so našli tudi ostanke konjskih zob (rudnik Presika), dalje v Slov. goricah ostanke nosoroga *Aceratherium incisivum* Kaup. in *Dicerorhinus schleiermacheri* Kaup., dalje prednike današnjih slonov *Mastodon longirostris* Kaup., *Dinotherium giganteum* Kaup. V Lendavskih goricah so bili najdeni zobje prednika današnjega slona *Anancus arvernensis* Croiz. et Job. (R a k o v e c, 1954).

Rečna erozija in akumulacija sta se nadaljevali tudi v pleistocenski dobi, vendar sta bili omejeni zaradi poledenitev.

Splošna značilnost terciarnih sedimentov panonskega obrobja je, da so starejši sedimenti razviti bolj lapornato, mlajši pa vedno bolj peščeno, dokler na koncu ne preidejo v prod. Velikost zrn se torej veča čim mlajši so sedimenti. V tem se odraža predvsem vpliv rek. V eocenu je bil usmer-

jen glavni vodni odtok s slovenskega ozemlja proti jugu v jadransko območje. Šele v oligocenu in miocenu se je hidrografska mreža preusmerila proti vzhodu. V starejšem terciaru je bila erozija slabša kot v mlajšem, ker je bila tektonika bolj mirna. Tudi iz tega razloga so v mlajšem terciaru vedno debelejši kosi v sedimentih panonskega obrobja.

PALEOGEOGRAPHY OF THE PANNONIAN BORDERLAND IN SLOVENIA

This paper presents a study of the extent of land and sea on the Slovenian territory which during the Tertiary was periodically flooded by the Pannonian Sea. This Tertiary territory having formed the westernmost shores of the Pannonian Sea is called the Pannonian borderland. Farthest into the center of Slovenia reached the Pannonian Sea during the Upper Oligocene (Fig. 2).

The base of the Tertiary of the Pannonian borderland is constituted by the Alps and the Dinarids. According to the data hitherto available the Central Alps stretch below the Tertiary of Pomurje to the Ljutomer Fault which in turn runs from Slovenska Bistrica over Ptuj toward Ljutomer. Between the Ljutomer Fault and the Krško Hills the base is formed by the Southern Calcareous Alps and farther south by the Dinarids. In the region under discussion the Central Alps consist of metamorphic rocks, the Southern Calcareous Alps and the Dinarids of Paleozoic and Mesozoic sediments.

The Tertiary of the Pannonian borderland consists of Oligocene, Miocene and Pliocene sediments.

The oldest Tertiary sediments in the Pannonian borderland of Slovenia are made up of Middle Oligocene beds of Gornji grad deposited in the littoral sea reaching over the Celje—Ljubljana—Bay to Jesenice and Bohinj (Fig. 1). After the withdrawal of this sea, lakes and swamps were left in which fresh water and partly brackish sediments with coal began to deposit. During the Upper Oligocene the Pannonian Sea reached farther into the Slovenian territory when it extended beyond the Kamnik—Motnik Bay and the Laško Bay farther westward from Jesenice and Bohinj (Fig. 2).

The Upper Oligocene marine sediments consisting mainly of marine clay, are of varying thickness because sedimentation was followed by a long period of erosion. According to the views hitherto expressed the Miocene is represented in full, i. e. from Burdigalian to Sarmatian. Recent investigations, however, have shown that not all Miocene sediments to this time named the Burdigalian and Helvetian sediments belong to this age. The marine clay, for instance, which up to now had been referred to the Burdigalian contains *Miogypsinidae* and *Lepidocyclinae* which indicate the Oligocene age—Chatian (Papp, 1954, 1955; Kuščer, 1955). On some other places also the age of the Lower Miocene sediments is not exactly defined. In the Upper Oligocene numerous volcanic erup-

tions took place on the Slovenian territory, but although andesite magma was ejected only few andesite outcrops are found while andesite tuffs are much more frequent. The latter occur in the neighborhood of Smrekovec, between Celje and Boč, further in the Hills of Haloze, at Rogaška Slatina and at Trlično. The rather frequent occurrence of tuffs seems to indicate that there must have been several volcanic foci strung along the Fault of Vitanje and Donačka gora. The Lower Miocene sediments till now are not researched enough, therefore we start the description of Miocene with Lower Tortonian. The sea extending over the territory of Prekmurje, Slovenske gorice, Haloze and the drainage area of the Sotla River, was pretty deep. While in the Lower Tortonian the sea did not reach deeper into the inland of Slovenia it began to extend in the Middle and Upper Tortonian, long narrow arms westward into the Basin of Celovec, over the Syncline of Kamnik—Motnik into the Basin of Ljubljana, along the Syncline of Laško to Moravče, in the Bay of Brestanica—Sevnica to Šentjanž and Šentrupert and into Krško polje to Šmarjeta (Fig. 4). In eastern Slovenia deep-sea shaly sediments are dominant, in the bays toward the west shallow-sea sandstones and Lithothamnium limestones. In the Bay of Kamnik—Motnik the Sarmatian Sea extended to the Tunice Hills, in the Bay of Laško to Kandrše, in the Bay of Brestanica—Sevnica to Bela Cerква, and in Bela krajina to the town of Metlika (Fig. 5).

By and large the Sarmatian beds are preserved only in the form of small remains because after the Sarmatian strong erosive forces were at work.

During the Pannonian the shores of the Pannonian Sea were no longer as developed as in the former periods. The depth of the sea varied according alternating of shales and quartz sandstones. The thick beds of Pliocene quartz gravel show that the Pannonian Sea was filled up by rivers. In the Pliocene the volcanoes at Gleichenberg became active again. Traces of these eruptions are found at Grad in Prekmurje in the form of basaltic tuffs. In the Pliocene the deposition of alluvium was extensive only in Eastern Slovenia. In Western Slovenia erosion was dominant. Individual stages of erosion can be inferred from the terraces spread along wider river valleys.

From the Pliocene to the Quaternary the climate grew gradually cooler. In the Oligocene it was tropical, later subtropical and at the close of the Pliocene it was similar to that prevailing today. These climatic changes can be supposed from the fossil remains of the respective flora and fauna.

A characteristic feature of all the Tertiary sediments occurring on the territory of the Pannonian borderland is the older sediments are rather shaly while the younger deposits grow more and more sandy until at last they pass into gravel. Thus the larger grows the size of grains, the younger are the sediments. This fact is due primarily to the influence of the rivers. In the Eocene the bulk of the rivers drained from the Slovenian territory southward into the Adriatic Sea. In the Oligocene

and Miocene the streams and torrents began to drain eastward. As the tectonic in early Tertiary was moderate, erosion was more feeble than in the Upper Tertiary. This is also one of the reasons the Upper Tertiary sediments of the Pannonian borderland contain coarser rock fragments.

LITERATURA

- Bobula, V., 1955, Bušotina »Medjumurje« br. 1 — dosada najdublja bušotina u Jugoslaviji, Nafta št. 1, Zagreb.
- Dreger, J., 1920, Erläuterungen zur geologischen Karte Rohitsch und Drachenburg, Wien.
- Hamrla, M., 1954, Geološke razmere ob severnem robu laške sinklinale vzhodno od Savinje, Geologija 2, str. 118, Ljubljana.
- Kuščer, D., 1955, Nova opazovanja o savski fazi, Geologija 3, str. 260, Ljubljana.
- Lipold, M. V., 1857, Übersicht der geologischen Aufnahmen in Unterkrain, Jahrb. d. k. k. geol. R. A., Bd. VIII, Wien.
- Munda, M., 1939, Stratigrafske in tektonske prilike v rajhenburški terciarni kadunji (soteški produktivni skladi v brakičnem in morskem razvoju). Inavgurarna disertacija, Ljubljana.
- Munda, M. — Kolenko, Š., 1953, Geološko kartiranje med Hrastnikom in Laškim, Geologija I, str. 37, Ljubljana.
- Papp, A., 1954, Miogypsinidae aus dem Oligozän von Zagorje, Geologija II, str. 168, Ljubljana.
- Papp, A., 1955, Lepidocyclinen aus Zagorje und Tuhinjska dolina, östlich von Kamnik (Slowenien), Geologija III, str. 209, Ljubljana.
- Pleničar, M. — Ramovš, A., 1954, Geološko kartiranje severovzhodno od Brežic, Geologija II, str. 242, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1947-48, Naši kraji v oligocenski dobi (s 7 slikami), Proteus X, št. 9-10, str. 243, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1951, O najdbah mastodonta (*Mastodon arvernensis* Croiz. et Job.) na Štajerskem (z dvema slikama), Razprave I Slovenske akademije znanosti in umetnosti, str. 175, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1952-53, Naši kraji v miocenski dobi I. in II., Proteus XV, št. 1, str. 1, in št. 2, str. 38, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1954, O novi najdbi mastodontovih ostankov na Slovenskem (z 2 tabelama slik), Geologija 2, str. 94, Ljubljana.
- Stache, G., 1858, Die neogene Tertiärbildungen in Unterkrain, Jahrb. d. k. k. geol. R. A., Bd. IX, Wien.
- Teller, F., 1898, Erläuterungen zur geologischen Karte Prassberg a. d. Sann, Wien.
- Teller, F., 1899, Erläuterungen zur geologischen Karte Pragerhof-Wind. Feistritz, Wien.