

Narodna in univerzitetna knjižnica
v Ljubljani

115706

24/1

YU ISSN 0016-7789

RAZPRAVE

GEOLOGIJA

POROČILA

1981

GEOLOGIJA

RAZPRAVE IN POROČILA

24. KNJIGA
1. del



GEOLOGIJA	LETO 1981	24. KNJIGA 1. del	Str. 1 do 172	LJUBLJANA
-----------	-----------	----------------------	---------------	-----------

MS 706

115706

GEOLOGIJA

RAZPRAVE IN POROČILA

Od leta 1978 dalje (21. knjiga) izhaja GEOLOGIJA dvakrat na leto, v juniju (1. del) in decembra (2. del), da bi imeli avtorji možnost hitreje objaviti svoja dela

Izdajatelj: Geološki zavod, Inštitut za geologijo FNT in Slovensko geološko društvo, Ljubljana

Glavni in odgovorni urednik: *Štefan Kolenko*, Yu 61000 Ljubljana, Parmova 33
Uredniški odbor: *M. Drovenik, M. Iskra, Š. Kolenko, D. Kuščer, A. Nosan, M. Pleničar* in *L. Žlebnik*

Naklada: 1000 izvodov

Letna naročnina: 400 din

Tisk in vezava: LJUDSKA PRAVICA, Ljubljana, Kopitarjeva 2

V letu 1981 financirata: Raziskovalna skupnost Slovenije in Geološki zavod, Ljubljana

From 1978 (Volume 21), GEOLOGIJA appears biannually, in June (Part 1) and December (Part 2), to advance our publishing activity by a more rapid printing of the submitted papers

Published in Ljubljana by the Geological Survey, FNT Institute of Geology, and the Slovene Geological Society

Editor in Chief: *Štefan Kolenko*, Yu 61000 Ljubljana, Parmova 33

Editorial Board: *M. Drovenik, M. Iskra, Š. Kolenko, D. Kuščer, A. Nosan, M. Pleničar*, and *L. Žlebnik*

Subscription price: \$ 14 per year

Printed by LJUDSKA PRAVICA, Ljubljana, Kopitarjeva 2

30-09-1981



APRIL 1981	0	IX	2-95	REDOVANJE
------------	---	----	------	-----------

VSEBINA — CONTENTS

Geneza rudišč
Origin of ore deposits

Budkovič, T.

- Raziskave na Žirovskem vrhu po modelu geokemične celice 7
 Exploration at Žirovski vrh uranium deposit on principle of the geochemical cell 21

Tektonika
Tectonics

Placer, L.

- Geološka zgradba jugozahodne Slovenije 27
 Geologic structure of southwestern Slovenia 56

Premru, U. & Dimkovski, T.

- Škofjeloška obročasta struktura 61
 Ring structure of Škofja Loka in Central Slovenia 61

Petrologija
Petrology

Faninger, E.

- Glinenci ravnenskih pegmatitov 75
 Feldspars from pegmatites of Ravne in Carinthia 81

Paleontologija in stratigrafija
Paleontology and stratigraphy

Ramovš, A. & Kochansky-Devidé, V.

- Karbonske in permske plasti pri Logu v Julijskih Alpah 91
 Carboniferous and Permian beds at Log in the Julian Alps 91
 Description of the new subspecies 100

Dozet, S. & Šribar, L.

- Biostratigrafija jurskih plasti južno od Prezida v Gorskem kotaru 109
 Biostratigraphy of Jurassic beds south of Prezid in Gorski Kotar 109

Palinologija
Palynology

Šercelj, A.

- Pelod v kvartarnih sedimentih Soške doline 129
 Pollen in Quaternary sediments from the Soča Valley 145

Hidrogeologija
Hydrogeology

Zlebnik, L.

Hidrogeološki pogoji za gradnjo elektrarne Mavčiče	151
Hydrogeologic conditions of the Mavčiče dam site	151

Mencej, Z.

Aluvialni vršaj Želimeljščice	169
Alluvial fan of the river Želimeljščica	169

30-09-1981

GEOLOGIA

Geneza rudišč Origin of ore deposits

UDK 551.7:622.5
551.7:622.5

Radovište na Slovenskem 1984
Izdatnik: Slovenski geološki inštitut
Ljubljana, 1984
128 str., 1000 tolarjev

Summary

The paper discusses the origin of ore deposits in the Radovište area. It is based on the study of the geological structure and the results of geochemical and geophysical investigations. The author concludes that the ore deposits in the area are of magmatic-hydrothermal origin. The ore deposits are associated with the intrusion of the Radovište pluton. The ore deposits are composed of magnetite, hematite, and pyrite. The ore deposits are associated with the intrusion of the Radovište pluton. The ore deposits are composed of magnetite, hematite, and pyrite.

1. Introduction

The Radovište area is one of the most important ore districts in the Slovenian part of the Dinaric Massif. The ore deposits in the area are of magmatic-hydrothermal origin. The ore deposits are associated with the intrusion of the Radovište pluton. The ore deposits are composed of magnetite, hematite, and pyrite. The ore deposits are associated with the intrusion of the Radovište pluton. The ore deposits are composed of magnetite, hematite, and pyrite.

2. Geological structure

The Radovište area is characterized by a complex geological structure. The area is dominated by the Radovište pluton, which is composed of granodiorite and quartz diorite. The pluton is intruded into the Palaeozoic sedimentary rocks of the Dinaric Massif. The ore deposits in the area are associated with the intrusion of the Radovište pluton.

GEOLOGIJA 24/1, 7—23 (1981), Ljubljana

UDK 553.495:550.4(497.12)=863

Raziskave na Žirovskem vrhu po modelu geokemične celice

Exploration at Žirovski vrh uranium deposit on principle of the geochemical cell

Tomaž Budkovič

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Kratka vsebina

Zadnji dve leti so raziskave na Žirovskem vrhu zajele južni podaljšek uranovega rudišča. Površinske vrtine, locirane po modelu geokemične celice, so potrdile zanesljivost spremenjenega sistema geoloških raziskav, ki temelji na interpretaciji, da je uranova ruda v reduciranem — sivem grōdenskem peščenjaku genetsko odvisna od sosednjih con oksidiranege rjavkasto sivega peščenjaka iste stratigrafske enote. Geološka napoved je bila kontrolirana s sedmimi vrtinami; pet jih je zadelo na rudna telesa, dve pa njihovo obrobje. S tem se je dolžina rudišča, znanega že prej, povečala za dva tisoč metrov, rudne zaloge pa za 50 odstotkov.

Abstract

In the last two years explorations have been done to prove the southern extension of the uranium ore deposit at Žirovski vrh. Drilling works were planned on the recognition that the origin of ores occurring in reduced Val Gardena sandstone, which is gray in colour, depends on the adjacent oxidized zones of brownish gray sandstone belonging to the same stratigraphic unit. Geologic prospection based on principle of the geochemical cell was checked by seven boreholes from the surface. Five of them cut the ore bodies as it was indicated and two other holes penetrated their marginal parts. There the extent of the ore deposit increased by two thousand metres and its tonnage for fifty percent. Thus the new exploration concept appears to be fairly useful in the future.

Uvod

Uranova rudišča v peščenjaku so najpomembnejši svetovni vir urana. Že med drugo svetovno vojno so jim posvečali veliko pozornost posebno v Ameriki. Objavili so veliko del o značilnih lastnostih rude ter o njenem nastanku in načinu pojavljanja.

Po obliki in zvezi s peščeno prikamenino so razlikovali penekonkordantna in diskordantna rudna telesa. Med diskordantna so šteli rudna telesa s prečnim presekom v obliki črk s in c, ki so jih imenovali rudni »roll« ali kratko »roll« (D. R. Shawe & H. C. Granger, 1965, s. 241). Ta delitev se je ohranila sicer do današnjih dni, vendar je začelo prevladovati mišljenje, da obstaja v bistvu samo en tip rudišč, ki ga je R. I. Rackley (1976) imenoval »western states type«, torej tip rudišč, kakršna so razširjena v kontinentalnem peščenjaku zahodnih Združenih držav Amerike. Sem štejejo tudi rudišča tipa »red beds«, tj. rdečih plasti. Rudišče Žirovski vrh je podobno uranovim rudiščem v zahodnih Združenih državah Amerike.

Po nastanku so si uranova rudišča podobna ne glede na geološko območje, kjer ležijo. Razlike v velikosti, razporeditvi in obliki rudnih teles so nastale zaradi razlik v litološki sestavi in razporeditvi redukcijskih centrov v rudonosni formaciji. V enakomerno razvitem peščenjaku večjih debelin in z vmesnimi plastmi muljevca so nastala večja rudna telesa kot v neenakomerno razvitem konglomeratu.

Razvojne stopnje raziskovalnega sistema na Žirovskem vrhu

Sistem raziskovanja na Žirovskem vrhu se je spreminjal, kot so se menjali usmerjevalci raziskovalnih del in kot je napredovala interpretacija zgradbe rudišča in njegovega nastanka. V letih 1960 do 1970 je vodil raziskovanje beograjski inštitut za geološko-rudarska raziskovanja jedrskih in drugih mineralnih surovin. Uporabil je metode površinskih razkopov, krajših raziskovalnih rogov in plitvega vrtanja v glavnem na območju tako imenovane »Šimcove anomalije«. K sodelovanju je povabil skupino treh izvedencev v sestavi I. N. Zubrev, I. A. Panov, in A. S. Veršin. Njihov načrt raziskovalnega sistema na Žirovskem vrhu je obsegal jamska dela in vrtanje s površja. Od jamskih del so predlagali prečnike na medsebojni razdalji 50 m, za vrtanja pa mrežo 800×200 m in 400×100 m. Vrtine so locirali po vzdolžnem preseku »O« in po prečnih presekih. Mrežo površinskih vrtin, označenih z »B« so geologi modificirali na 400×400 m in jo zgostili na 140×140 m na območjih pozitivnih vrtin. Za omejitev orudenega prostora med obzorjem 580 m in površjem so izvrtali s površja dodatne vrtine v mreži 50×50 m in jih označili z »b«.

Osnovni presek »O« je bil dobro postavljen. Z vrtinami vzdolž njega so natipali rudišče v dolžini 2400 m. V prvi fazi, ki je trajala od leta 1961 do 1966, so izvrtali s površja vrtine B-1 do B-44 s skupno globino 16 800 m. V letih 1966 do 1973 so koncentrirali raziskave na jamo v poldetajlnem obsegu.

V tem času je še prevladovalo med raziskovalci mišljenje, da je ekonomsko pomembna ruda omejena na prostor med vrtinama B-9 in B-16 (V. Omaljev, 1973, 17). Vzrok za takšno gledanje je bil v vrtanju južno od jame, ki ni dalo ugodnega rezultata. Osnovni presek »O« in »orudeni trak« se namreč sekata pod kotom približno 15° ; zato so vrtine jugovzhodno od vrtine B-9 zgrešile nadaljevanje rudišča.

V letih 1973/74 so raziskovalci Geološkega zavoda nadaljevali vrtanje s površja, in sicer okrog kmetij Karlovec in Jermanc severozahodno od jamskih del.

Z mrežo vrtin 200×200 do 50×50 metrov s skupno globino 3000 m so podaljšali rudišče za 300 m.

Šele leta 1976 so se preusmerili na južni podaljšek rudišča. V letih 1976 do 1979 so vrtali v mreži 140×140 m, v letih 1979 do 1981 pa so mrežo vrtanja prilagodili genetskemu principu tako imenovane geokemične celice. To je dinamični sistem, v katerem napreduje val oksidacijske podtalnice in doseže redukcijsko okolje ter se izoblikuje v kontinuirano, omejeno telo, kjer se spreminjajo Eh, pH, mineralna sestava in kemizem ter mikroorganizmi. Gre za komplicirane reakcije oksidacije in raztapljanja na eni strani ter redukcije in sedimentacije na drugi. Pri nastajanju sedimentnega uranovega rudišča imajo torej vlogo fizikalne in kemične reakcije, ki uravnavajo migracijo urana, njegovo oksidacijo, raztapljanje, prenašanje, redukcijo in sedimentacijo. Tesna zveza teh reakcij z organskim ogljikom pa kaže na vlogo bioloških procesov v njihovem mikrookolju. Razlika med prvotno reduciranim sedimentom in spremenjenim sedimentom znotraj geokemične celice so pomemben kazipot v raziskovanju orudenega čelnega roba geokemične celice. Geokemična celica v sedimentu meandrastega toka je podolgovata, jezičasto telo in zato je rudišče, nastalo v njej, trakasto (R. I. Rackley, 1976).

Temu spoznanju smo prilagodili koncept raziskovanja na Žirovskem vrhu in bistveno povečali učinkovitost površinskega vrtanja v letih 1979/81. Medsebojna razdalja vrtin vzdolž rudnih trakov je sedaj 400 m, prečno na trakove pa 200 m. V primerjavi z leti 1961 do 1966 je učinkovitost vrtanja sedaj večja dvakrat, v primerjavi z leti 1973/74 pa trikrat.

Vloga geokemične celice pri nastanku uranovih rudišč

Litostratigrafske značilnosti rudonosnih formacij. Sedimenti rudonosnih formacij so nastali v rečnem okolju. Večidel jih prištevamo k tako imenovanim rdečim plastem (red beds). Sestojijo iz konglomerata, peščenjaka in muljevca. Njihova rdeča barva izvira od železovega (III) oksida, ki obdaja posamezna zrna. Prostorsko razmerje med temi litološkimi členi v formaciji je odvisno od rečne struge, kjer so se ti sedimenti odlagali. V prepletajoči se reki prevladujeta konglomerat in peščenjak. Manj je leč in vmesnih plasti muljevca. Konglomerat in peščenjak predstavljata sediment rečnega korita, muljevec pa sediment slabo razvitega poplavnega območja. Povodnji so preplavile celotno rečno dolino; takrat so se odlagali drobnozrnati klastiti na poplavnem območju in debelo-zrnati v koritu. Pri normalnem in nizkem vodostaju se je voda umaknila v prepletajoče se kanale, ki so jih ločili otočki in sipine, porasli z rastlinstvom.

Meandrasta reka je naplavila drugačen tip rečnih sedimentov. Voda je tekla v enem kanalu, ki se je vijugal po poplavni ravnini. Ob glavnem rečnem koritu so ostali mrtvi rokavi, prejšnji meandri reke. V glavnem koritu prevladuje peščenjak, na dobro razvitem poplavnem območju pa muljevec. V mrtvih rokah se nahaja črni muljevec, bogat z organsko snovjo in podoben jezerskemu sedimentu. Peščenjak glavnega korita ne leži v muljevcu poplavnega območja v obliki plasti, ampak v obliki vijugastih trakastih teles.

Siva grōdenska formacija Žirovskega vrha je nastala večidel v sedimentacijskem okolju prepletajoče se reke. Njen manjši del je nastal v meandrasti

reki. Okolje njenega nastanka je obdelal D. Skaberne (neobjavljena poročila 1977/78) na podlagi več stratimetričnih profilov jamskih del in vrtin.

Debelina formacije znaša 0 do 405 metrov. Maksimalna debelina je bila izmerjena v rovu P-10. Od talninske karbonske formacije jo loči tektonsko-erozijska diskordanca. Vsi znaki kažejo, da gre za popolnjen paleorelief karbonske formacije. Relativne razlike višin v paleoreliefu so morale ponekod presegati 400 metrov; siva grōdenska formacija se namreč ponekod izklinja, tako da leži rdeča grōdenska formacija neposredno na karbonski.

V rovu P-10, kjer je najdebelejša, smo sivo grōdensko formacijo razčlenili na 10 litostratigrafskih horizontov. Pri določanju horizontov smo upoštevali barvo, zrnavost in prodniške združbe. Naša razčlenitev se ne ujema s Skabernetovo razčlenitvijo istega profila. Njegova je genetska, ker je profil nadrobneje obdelal in upošteval tudi primarne sedimentne teksture. Naša razčlenitev je pomembna pri vrednotenju rezultatov površinskega in jamskega poldetajlnega strukturnega vrtnanja, saj smo z njeno pomočjo natančno omejili rudonosno cono.

Zaporedje horizontov je naslednje (T. Budkovič, 1980):

- horizont sivega peščenjaka
- horizont rdečega muljevca z lečami rdečega in zelenega peščenjaka
- horizont sivega peščenjaka
- horizont zelenega peščenjaka in rdečega muljevca
- horizont sivega peščenjaka z medplastmi sivega konglomerata
- horizont sivega in pisanega konglomerata
- horizont sivega peščenjaka z lečami sivega konglomerata in sivega muljevca
- horizont pisanega konglomerata z apnenčevimi prodniki, rdečega in zelenega peščenjaka ter rdečega in zelenega muljevca
- horizont sivega kremenovega peščenjaka z lečami črnega muljevca
- bazalni konglomeratni horizont

Pri kartiranju prečnikov H-53 in H-54 sta M. Pečnik in D. Skaberne leta 1976 prva opazila primarne sedimentne teksture, značilne za prepletajočo se reko. Ugotovila sta, da sta se peščenjak in konglomerat odlagala v glavnem v rečnem koritu, rdeči muljavec na poplavnem območju, črni muljavec pa v mrtih rečnih rokavih.

M. Jelen je na podlagi palinoloških vzorcev določil srednjepermsko starost sive grōdenske formacije in ocenil podnebje v času njenega nastajanja.

Poleg palinoloških dokazov o podnebju imamo še mesnato rdeče apnenčeve gomolje, ki jih je veliko v vrhnjem delu rdečega muljevca. Večina avtorjev jih je označila kot horizont »caliche«, nastal zaradi odlaganja kalcijevih soli iz nasičenih talnih raztopin, ki so se dvigale proti površju in izparevale. Pojav je značilen za polpuščavsko podnebje. Horizont »caliche« kaže tudi, da je bil rdeči muljavec dolgo izpostavljen površinskim vplivom. Za njegovo tvorbo je bila potrebna doba 4000 do 10 000 let. V tej dolgi dobi se je železo oksidiralo in dalo muljvcu rdečo barvo.

Na sivi grōdenski formaciji leži rdeča grōdenska formacija. Prehod je konkordanten. Njen spodnji del sestoji v glavnem iz rdečega muljevca in vsebuje leče rdečkastega peščenjaka. Kakšnih 60 metrov nad stikom sive in rdeče grōdenske formacije se nahaja ponekod v lečah sivega peščenjaka bakrova ruda.

Siva grödenska formacija sestoji iz sivih, zelenih in rdečih sedimentnih kamenin. Siva sta konglomerat in peščenjak, in v manjši meri tudi muljevec. Opazovanja recentnih rečnih sedimentov nam kažejo, da se sediment, pomešan z organskim drobirjem, reducira že med sedimentacijo ali neposredno po njej, če pride takoj pod vodno gladino. Reducirali so se predvsem sedimenti rečnega korita, ki so vsebovali zadosti organskih ostankov in so bili večino časa pod vodo. Kjer je koncentracija organskih ostankov večja, je sediment temno siv in črn. Organski ostanki se pojavljajo v obliki rastlinskega drobirja, vej in debel. Zelena sta predvsem peščenjak in muljevec brez organskih ostankov. Zeleni sedimenti so bili prvotno rdeči ali rdečkasti ter dalj časa izpostavljeni oksidacijskemu okolju; zato je organska snov v njih razpadla. Ko jih je zalila redukcijska podtalnica, so se rdeče železove (III) spojine reducirale v zelene (II).

Rdeči sedimenti so ohranili rdečo barvo predvsem zaradi svoje neprepustnosti. Rdeča sta v glavnem muljevec in drobnozrnati peščenjak. Ta dva litološka člena sta bila odložena večinoma na poplavnem območju, kjer sta bila izpostavljena dolgotrajni oksidaciji. Ko sta v fazi dviganja podtalnice prišla pod njeno gladino, se je reduciral samo njun obrobni del, ki je mejil na prepustne sedimente, prepojene z redukcijsko podtalnico. Obrobni, reducirani del je debel nekaj decimetrov. V zelenih sedimentih so pogostni idiomorfni kristalčki pirita. Redukcijo obrobnege dela rdečega muljevca so včasih razlagali s prehodom uranonskih raztopin skozi sediment, tj. tako imenovano »razbarvanje«. Ta proces nima neposredne zveze z nastankom uranove rude.

Nastanek uranove rude v rudiščih »zahodnega« tipa na podlagi modela geokemične celice

R. I. Rackley (1976) je v svoji študiji navedel skupne lastnosti formacij, v katerih nastopajo uranova rudišča v zahodnem delu Združenih držav Amerike. V naslednjem pregledu bomo z znakom + označili tiste skupne lastnosti, ki jih ima tudi siva formacija na Žirovskem vrhu.

Skupne lastnosti rudonosnih formacij »zahodnega« tipa:

	Siva grödenska formacija na Žirovskem vrhu
Strukturne značilnosti	
a) prikamenina je del debelega in zelo razširjenega kontinentalnega zaporedja, od katerega pripada večina tipu rdečih plasti	+
b) matična kamenina je arkozni, sljudni ali roženčev peščenjak	delno
c) vulkanski material se nahaja v matični kamenini ali pa kot njena krovina	+
č) matično kamenino so delno erodirali vzvratno napredujoči vodni tokovi	?
d) odlaganje mlajših sedimentov na rudonosno formacijo, ki se je na ta način ohranila	+

Sedimentacijsko okolje, sedimentne strukture in diageneza:

- | | |
|--|---|
| a) sedimentacija v okolju prepletajoče se ali meandraste reke na lokalni ali regionalni diskordanci | + |
| b) peščenjak in konglomerat tvorita lečasta telesa, relativno omejena | + |
| c) muljevec se lateralno menjava s peščenjakom in konglomeratom ter ima z njima erozijski stik | + |
| č) peščenjak in konglomerat vsebujeta navadno prodnike muljevca | + |
| d) svetlo sivi in zeleni do temno sivi peščenjak s sivim in zelenim muljevcem — vsi ti litološki členi so običajno piritizirani; rdeči in rožnati muljevci prisotni, vendar v manjšem obsegu | + |
| e) kristali sadre v muljevcu | ? |
| f) reptilska favna | ? |
| g) bioturbacije | + |
| h) ostanki debel, vej in korenin, rastlinski detritus, ostanki bakterij in asfaltni material | + |

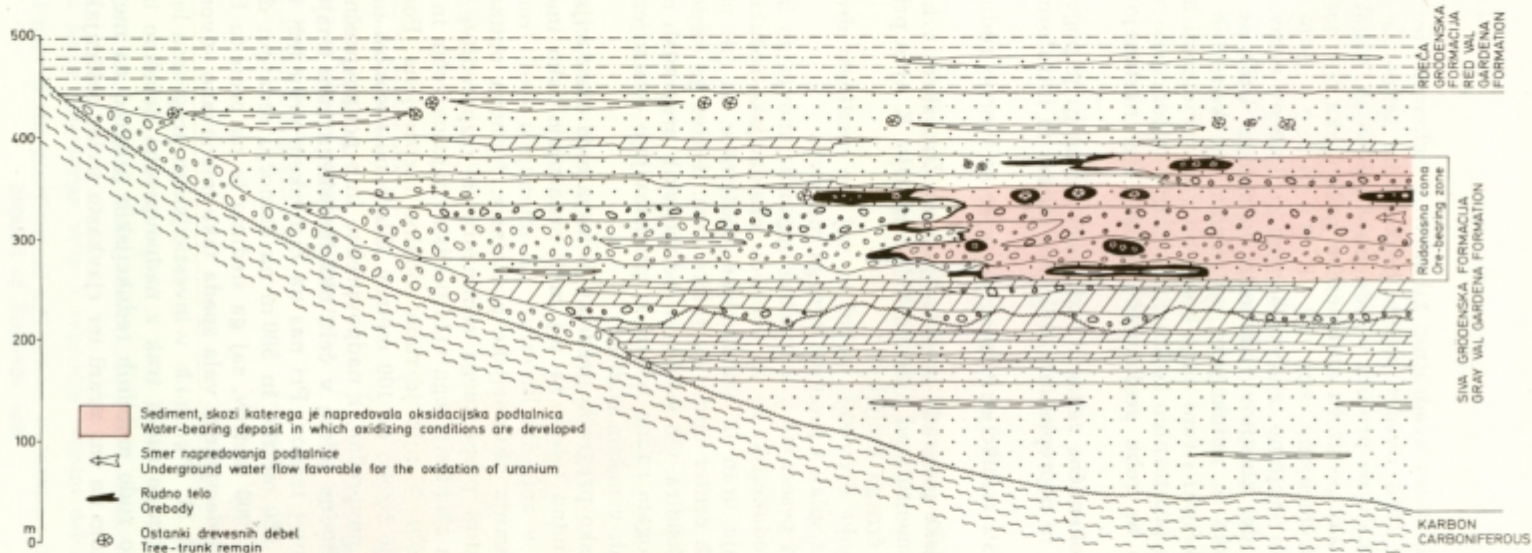
Nastanek rude in spremembe v prikamenini

- | | |
|--|---|
| a) uraninit in kofinit sta glavna minerala v neoksidiranem delu rudišča | + |
| b) ruda je konkordantna ali diskordantna glede na plastovitost | + |
| c) ruda se pojavlja na ostrem stiku med reduciranim in oksidiranim delom sedimenta (oksidirani del je brez organske snovi) | ? |
| č) epigenetski minerali so prostorsko porazdeljeni na določen način | ? |
| d) ruda je najpogostejša v debelem pasu peščenjaka, kjer muljevec tvori 20 do 50 % sedimentacijskega zaporedja | + |

Po odložitvi rudonosne formacije razlikujemo v njej tri geokemične tipe sedimenta. Prvi je sivi in temno sivi tip, reduciran že med sedimentacijo ali takoj po njej. Drugi tip je zelen, ker je bil dlje časa pod vplivom oksidacijskega okolja. Prvotno je bil rdečkast, ko pa ga je prepojila redukcijska podtalnica, je zaradi redukcije železa (III) postal zelen. Tretji, rdeči tip sedimenta predstavljajo večinoma neprepustni drobnozrnati klastiti, ki so rdeči zato, ker so bili zelo dolgo izpostavljeni oksidaciji. Zaradi njihove neprepustnosti je redukcijska podtalnica reducirala samo njihove robove, ker globlje ni mogla prodreti.

Rudonosna formacija je bila proti talnini omejena z erozijsko diskordanco, proti krovlini pa z debelo plastjo neprepustnega muljevca. Zato se je v njej izoblikoval izoliran sistem redukcijske podtalnice. Podobni pogoji so vladali tudi na Žirovskem vrhu, kjer je v talnini siva grōdenska formacija omejena s tektonsko-erozijsko diskordanco proti karbonskim plastem, v krovlini pa z muljevcem rdeče grōdenske formacije. Na redukcijsko podtalnico v formaciji kažejo zeleni razbarvani sedimenti.

Ko je začela nastajati ruda, je bila formacija še vedno blizu površja. Peščenjak in konglomerat sta bila porozna. Zaradi epirogenetskih premikov so se rečna korita pričela vrezovati v starejši sediment — to je v krovlino rudonosne formacije in ponekod v samo rudonosno formacijo. Skozi erozijske »luknje« se je širila oksidacijska površinska voda v reducirani podtalnični sistem rudonosne formacije. Širila se je podobno oljnemu madežu (sl. 1). Lahko se je vtis-



Sl. 1. Shematični presek sive grödenske formacije v času nastajanja uranove rude

Fig. 1. Schematic cross-section of gray Val Gardena formation during the uranium ore deposition

nila v več desetih ali stotin kvadratnih kilometrov rudonosne formacije. P. N. Shockey je leta 1968 uvedel pojem geokemične celice za proces, ki se pojavi, ko oksidacijska voda prodira v reducirani peščenjak, bogat z organskimi ostanki in piritom, kar povzroča spremembo peščenjaka ter nastanek rudnih teles na robovih spremenjene cone (R. I. Rackley, 1976). Oksidacijska voda je na svoji poti verjetno izluževala uran iz drobcev tufov, predornin in žilnin, ki so tvorili del klastitov rudonosne formacije. Uran se je izločal na meji med oksidacijsko in redukcijsko podtalnico. Pri kemičnih reakcijah na oksidacijski in redukcijski strani meje imajo po vsej verjetnosti bistveno vlogo bakterije. Čim večjo prostornino sedimenta izlužijo oksidacijske vode, tem več urana koncentrirajo na robu geokemične celice, kjer nastanejo na ta način večja rudna telesa.

Napredovanje geokemične celice v rudonosni formaciji je pogojeno z razporeditvijo prepustnih in neprepustnih litoloških členov in intraformacijskih erozijskih diskordanc.

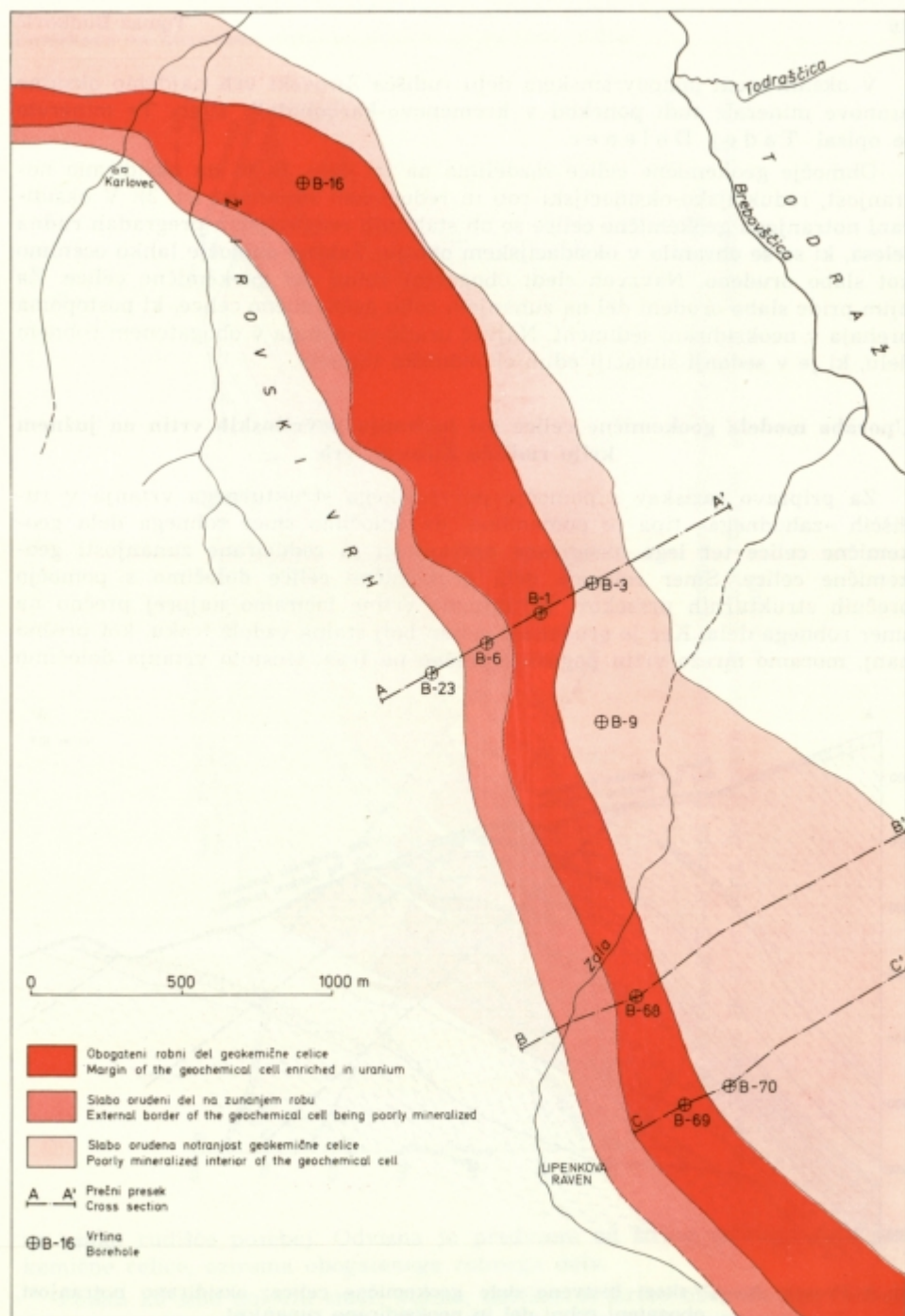
Obstajata dve vrsti redukcijskih pregrad, kjer se tvorijo rudni minerali — stabilne in mobilne.

Stabilne redukcijske pregrade predstavljajo na Žirovskem vrhu redukcijski centri, nastali v sedimentu med njegovo sedimentacijo. K njim prištevamo:

- leče in plasti črnega muljevca
- zoglenele ostanke drevesnih debel in vej ter rastlinski drobir
- konglomerat iz splak s prodniki črnega muljevca
- laminirani sivi peščenjak z detritično organsko snovjo po laminah

Ti centri ostanejo redukcijski še po prehodu oksidacijsko-redukcijskega robu prek njih in obarjajo uran iz oksidacijske podtalnice, ki jih obliva. Rudna telesa, vezana na tak center obstajajo toliko časa, dokler ga oksidacijska podtalnica v celoti ne oksidira. Ob stabilnih redukcijskih pregradah nastajajo največkrat manjša in bogata rudna telesa, ki predstavljajo »osamljene bogate podatke« pri raziskavah v našem rudišču.

Mobilno redukcijsko pregrado predstavlja meja med oksidacijsko in redukcijsko podtalnico. Rudna telesa na tej meji označujejo tako imenovano čelo oksidacijskega vala; v angleški literaturi jih imenujejo »roll front«. Usločena so v smeri napredovanja oksidacijske podtalnice. Njihova oblika in velikost sta prilagojeni debelini prepustnega sedimenta in razporeditvi neprepustnih vložkov v njem. Čela oksidacijskega vala predstavljajo največja in najbogatejša rudna telesa v rudišču. V njih je ruda conalno razporejena. Posamezno čelo oksidacijskega vala je široko do 100 metrov. Glede na vsebnost urana razlikujemo v njem dele s povprečno, z nadpovprečno in s podpovprečno koncentracijo uranove rude. Rudna telesa v čelu oksidacijskega vala imajo obliko zelo dolgih (več 100 metrov) trakov. Pri nas na Žirovskem vrhu leži takšno rudno telo med obzorjema 530 metrov in 580 m na območju sedanjih detajlnih raziskav. Dolgo je prek 1000 metrov, saj ga sledimo še na preseku P-6 v južnem delu jame. K čelu oksidacijskega vala spada tako imenovano »dvonivojsko orudenje«, ki ga je opisal M. Pečnik v investicijskem programu leta 1977. Kjer se nivoja združita, dobimo rudni trak z nadpovprečno debelino in koncentracijo. V jami opazamo rudo mobilnih redukcijskih pregrad na meji med sivim in zelenim peščenjakom na eni strani ter rjavkasto sivim peščenjakom na drugi strani.



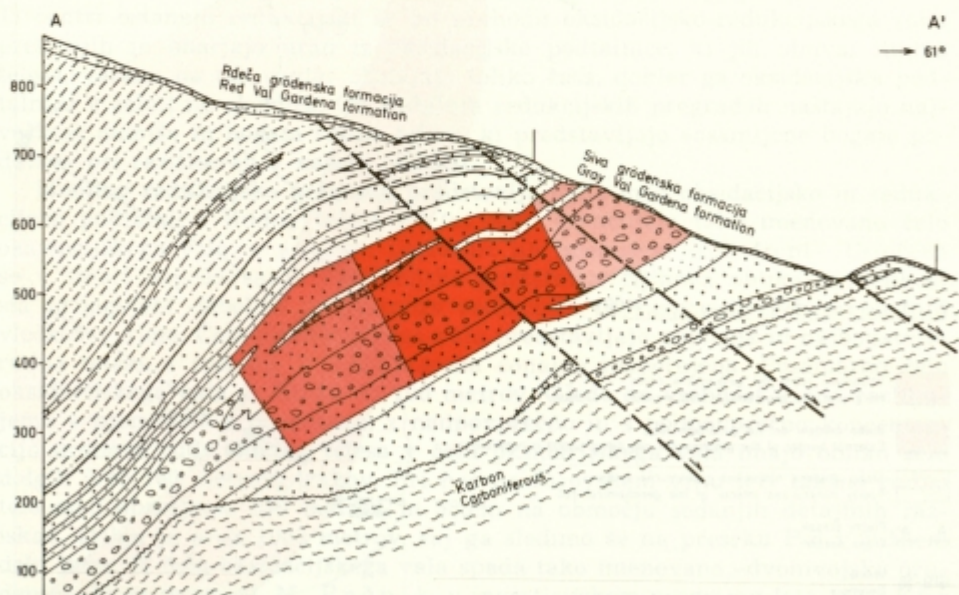
Sl. 2. Položajna skica Žirovskega vrha z vrisanim robnim delom geokemične celice
 Fig. 2. Marginal part of the geochemical cell drawn in location sketch of the uranium deposit of Žirovski vrh

V oksidiranem podpovršinskem delu rudišča Žirovski vrh najdemo oksidne uranove minerale tudi ponekod v kremenovo-karbonatnih žilah. Te minerale je opisal Tadej Dolenc.

Območje geokemične celice razdelimo na tri dele, in to na oksidirano notranjost, redukcijsko-oksidacijski rob in reducirano zunanost (sl. 2). V oksidirani notranjosti geokemične celice so ob stabilnih redukcijskih pregradah rudna telesa, ki so se ohranila v oksidacijskem okolju. Takšno območje lahko ocenimo kot slabo orudeno. Navzven sledi obogateni robni del geokemične celice. Za njim pride slabo orudeni del na zunanjem robu geokemične celice, ki postopoma prehaja v neoksidirani sediment. Največ urana se nahaja v obogatenem robnem delu, ki je v sedanji situaciji edini ekonomsko zanimiv.

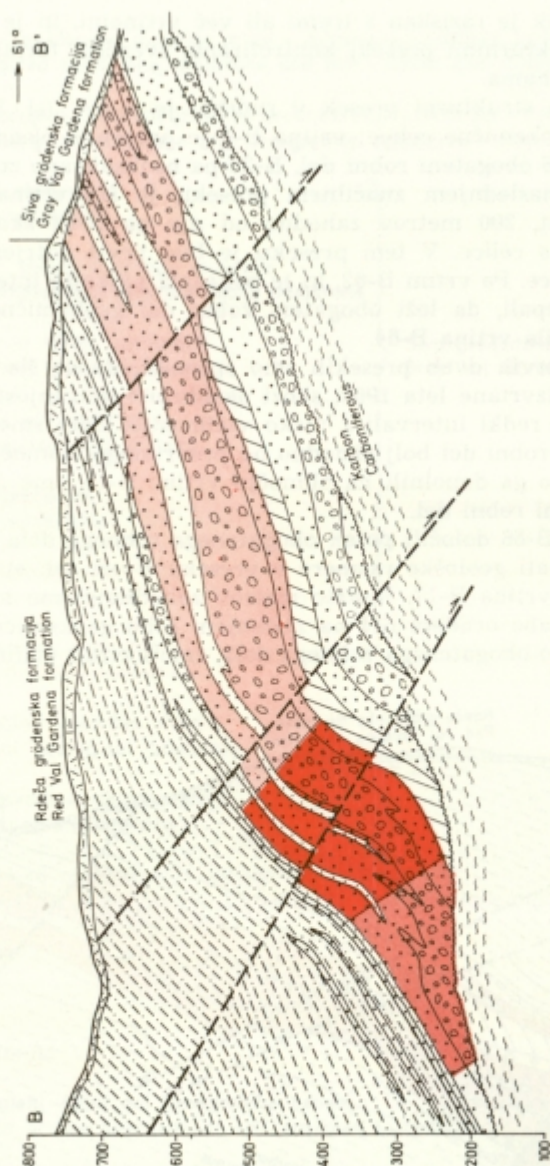
Uporaba modela geokemične celice pri lociranju površinskih vrtin na južnem krilu rudišča Žirovski vrh

Za pripravo raziskav s pomočjo površinskega strukturnega vrtanja v rudiščih »zahodnega« tipa je pomembno, da določimo smer robnega dela geokemične celice ter lego oksidirane notranjosti in reducirane zunanosti geokemične celice. Smer robnega dela geokemične celice določimo s pomočjo prečnih strukturnih presekov. Strukturne vrtime lociramo najprej prečno na smer robnega dela. Ker je orudenost veliko bolj stalna vzdolž traku, kot prečno nanj, moramo mrežo vrtin pogostiti prečno na trak. Gostoto vrtanja določimo



Sl. 3. Presek A—A' skozi bistvene dele geokemične celice: oksidirano notranjost, obogateni robni del in neoksidirano zunanost

Fig. 3. Section A—A' crossing the essential parts present in the geochemical cell: oxidized interior, enriched marginal part, and unoxidized exterior



Sl. 4. Presek B—B' skozi vzhodno mejo obogatenelega robnega dela geokemične celice
 Fig. 4. Section B—B' crossing the eastern border of the geochemical cell rich
 in uranium

za vsako rudišče posebej. Odvisna je predvsem od širine robnega dela geokemične celice, oziroma obogatenelega robnega dela.

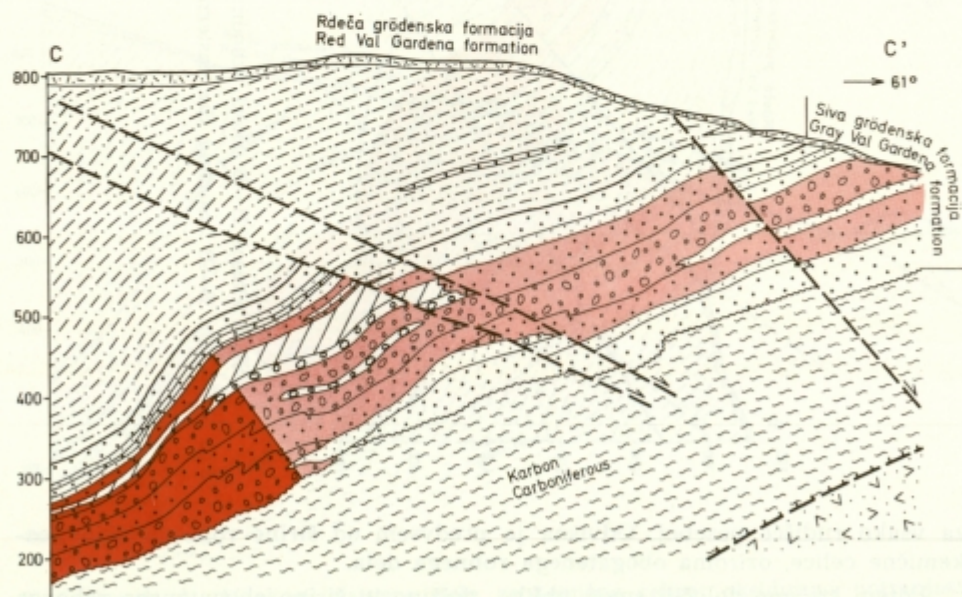
Potem ko smo določili smer, obliko, dolžino in širino obogatenelega robnega dela v osrednjem delu rudišča Žirovski vrh, smo temu ustrezno prilagodili vrtanje v južnem, podaljšku rudišča. Prečni preseki so oddaljeni drug od drugega 400 metrov, vrtine v posameznem preseku pa so 200 metrov narazen. Vsak

drugi ali tretji presek je raziskan s tremi ali več vrtinami, in je označen kot strukturni. Med strukturnimi preseki kontroliramo zveznost formacije in rude z eno ali dvema vrtinama.

Najbolje raziskan strukturni presek v rudišču je A—A' (sl. 3), ki prečka vse bistvene dele geokemične celice; vrtina B-3 je prevrtala oksidirano notranjost, B-1, V-1 in B-6 obogateni robni del, B-23 pa neoksidirano zunanost geokemične celice. V naslednjem značilnem preseku je šla vrtina B-62 skozi oksidirano notranjost, 200 metrov zahodno od nje pa B-64 skozi obogateni robni del geokemične celice. V tem preseku je bila prvič potrjena conarnost roba geokemične celice. Po vrtini B-62, ki je pokazala redkejšje intervale z nižjo vsebnostjo, smo sklepali, da leži obogateni robni del geokemične celice bolj zahodno; to je potrdila vrtina B-64.














Po izkušnjah v prvih dveh presekih smo spoznali, da so šle vrtine B-15, B-17, B-10 in B-13, izvrtane leta 1962, skozi oksidirano notranjost geokemične celice, ker so v njih redki intervali z nizko vsebnostjo. Zato smo sklepali, da se razteza obogateni robni del bolj zahodno od prevrtanega območja. V naslednjem preseku, ki smo ga dopolnili na območju vrtine B-15, smo z vrtino B-66 zopet zadeli obogateni robni del.

Ko smo z vrtino B-66 določili potek obogatene robnega dela, smo sklenili bolj natančno raziskati geološke razmere v preseku B—B' (sl. 4), kjer je bila izvrtana strukturna vrtina B-17. Šeststo metrov zahodneje smo locirali vrtino B-67, ki je zadela slabo orudeni del na zunanjem robu geokemične celice. Da bi našli vzhodno mejo obogatene robnega dela, smo locirali vrtino B-68.



Sl. 5. Presek C—C' skozi obogateni robni del geokemične celice

Fig. 5. Section C—C' crossing the marginal part of the geochemical cell rich in uranium

-  Preperina
Weathering rock
-  Pisani peščenjak, muljevec in tuf - Julijska in tuvalijska podstopnja
Variegated sandstone, mudstone and tuff - Julian and Tuvalian substage
-  Prevladujeta rdeči muljevec in drobnozrnati peščenjak - Rdeča grōdenska formacija
Prevailing red mudstone and fine-grained sandstone - Red Val Gardena formation
-  Rdeči muljevec
Red mudstone
-  Vložki sivega in črnega muljevca
Intercalations of gray and black mudstone
-  Rdeči in zeleni peščenjak
Red and green sandstone
-  Pisani konglomerat
Variegated conglomerate
-  Sivi peščenjak
Gray sandstone
-  Sivi konglomerat
Gray conglomerate
-  Karbonska formacija
Carboniferous formation
- Normalna geološka meja
Normal geological boundary
- ~~~~ Erozijskodiskordantna meja
Erosional unconformity
- Meja med rdečo in sivo grōdensko formacijo
Contact between the red and gray Val Gardena formation
- Prelom
Fault
- ↑↑↑ Nariv
Overthrust
-  Obogateni robni del geokemične celice
Margin of the geochemical cell enriched in uranium
-  Slabo orudeni del na zunanjem robu
External border of the geochemical cell being poorly mineralized
-  Slabo orudena notranjost geokemične celice
Poorly mineralized interior of the geochemical cell

Siva grōdenska formacija
Gray Val Gardena formation

Legenda k sl. 1, 3, 4 in 5
Explanation of figs. 1, 3, 4 and 5

Najnovejše strukturno vrtnanje v preseku C—C' (sl. 5) je pokazalo enako sliko; z vrtnama B-69 in B-70 smo našli pričakovani obogateni robni del bolj zahodno od vrtin iz leta 1962. Njegov tloris je zelo pravilen kljub na videz velikim tektonskim porušitvam. Na podlagi tega pričakujemo, da je preostali del sive grōdenske formacije proti Smrečju, dolg okoli 3,5 km, zelo perspektiven.

O načinu raziskav novih rudišč v grōdenskih skladih

Po izkušnjah na Žirovskem vrhu naj bi si sledile raziskovalne faze uranovih rudišč drugod v grōdenskih skladih v naslednjem vrstnem redu:

a) Sistematično litostratigrafsko in tektonsko kartiranje sive in rdeče grōdenske formacije v merilu 1 : 10 000; karta naj prikaže sedimente po zrnivosti (konglomerat, peščenjak in muljevec) in barvi (siva, zelena in rdeča). Na podlagi kartiranja napravimo pregledno litostratigrafsko zaporedje.

b) Površinska poldetajlna radiometrična prospekcijska na podlagi geološke karte 1 : 10 000. Z njo omejimo golice sive grōdenske formacije in sivih vložkov v rdeči formaciji ter v glavnem določimo položaj rudonosne cone.

c) Stratimetrija izbranih profilov sive in rdeče grōdenske formacije v merilu 1 : 100, da se natančneje opredelijo posamezne litostratigrafske enote ter okolje sedimentacije.

d) Površinska detajlna radiometrija po karti 1 : 2000 do 1 : 1000 (emancipacija, sled in radiometrija razkopov z ekranom). Po teh meritvah najprej točno določimo lego rudnih golic, jih nato vzorčujemo in vzorce kemično analiziramo.

e) Detajlna površinska kartiranje v merilu 1 : 2000 do 1 : 1000 hkrati s fazo d). Označujemo do dva metra debele plasti in leče posameznih litoloških členov, in sicer po barvi (sive, zelene, rdeče), zrnavost (konglomerat, peščenjak, muljevec) in prodniške združbe (sivi in pisani konglomerat).

f) Površinsko strukturno vrtnanje za nadrobno določitev geološke strukture in litostratigrafije. Izberemo vsaj dva ali tri preseke prečno na smer rudonosne formacije in v vsakem izvrtamo tri do štiri vertikalne vrtine.

g) Površinsko strukturno vrtnanje za določitev lege, razsežnosti, kvalitete in smeri obogatenelega robnega dela geokemične celice. Na podlagi gostote rudnih golic ocenimo, kje prihaja na površje obogateni robni del geokemične celice. S strukturnim vrtnanjem skušamo določiti njegovo smer, širino in debelino. Ko ugotovimo navedene lastnosti, prilagodimo mrežo vrtin meram in smeri traku. Trak »lovimo« s prečnimi strukturnimi preseki. Gostota vrtin naj bo vsaj še enkrat večja prečno na smer obogatenelega robnega dela kot vzdolž smeri. Z vrtnjem v tej fazi dobimo podatke o smeri obogatenelega robnega dela, debelini rudonosne cone, njeni litološki sestavi, približni smeri rudnih pasov in razporeditvi rude v njih, o stopnji orudenosti ter o tektoniki področja. Jedra vrtin vzorčujemo za določitev tehnoloških lastnosti rude.

h) Geološko projektiranje jamskih poldetajlnih raziskav. Projektirati moramo tako, da sistematično pokrijemo rudonosno cono od njene krovnine do talnine. Rudonosno cono je pri poldetajlnih raziskavah možno pokrivati edinele s sistemom horizontalnih prog, ki jih kombiniramo s prečniki. Medobzorno razdaljo določimo glede na geološke razmere. Iz prečnikov pokrivamo rudonosno cono s pomočjo jamskega strukturnega vrtnanja, in sicer z navpičnimi vrtnami.

Sistem ramp v fazi poldetajlnih raziskav ni uporaben, ker z njim geološko ne moremo obvladati prostora in bi nam zopet ostajale neraziskane "luknje".

Poldetajlne jamske raziskave moramo kvalitetno in tekoče geološko spremljati. Hodniki, ki jih kartiramo, morajo biti prej oprani. Pri geološkem kartiranju moramo razlikovati in označevati barvo, zrnavost in prodniške združbe. S pomočjo jamskih poldetajlnih raziskav dobimo natančno sliko o litološki sestavi rudonosne cone, legi rudnih pasov, rudnih nivojev in razvrstitvi rudnih teles.

i) Na podlagi poldetajlnih raziskav v jami projektiramo progo za detajlne raziskave. Projektirana naj bo tako, da zajame s čim manj vrtnanja kar največjo površino rudnih teles. Proga za detajlne raziskave je lahko tudi rampa, če se tako bolje prilagodi raziskavam. Ker so proge za detajlne raziskave izredno drage, morajo služiti tudi zračenju, transportu itd. Zato mora pri njihovem lociranju sodelovati rudarski projektant.

j) Po končanih detajlnih raziskavah sledi faza projektiranja odkopov in odkopavanja.

Sklep

Pri projektiranju površinskega vrtnanja na južnem krilu rudišča Žirovski vrh smo v letih 1979 in 1980 uporabili model geokemične celice. Ob manjšem obsegu strukturnega vrtnanja v primerjavi s prej veljavnim sistemom smo pokrili dosti večji prostor. Zanesljivost koncepta geokemične celice se kaže v uspehu vrtnanja; od sedmih vrtin jih je pet navrtalo dobro rudo, dve pa njeno obrobje. Dolžina odkritega južnega podaljška rudišča znaša okrog 2000 metrov. Raziskave so trajale dve leti in v tem času so se zaloge uranove rude na Žirovskem vrhu povečale za več kot 50 %. Pričakovati pa je, da se bodo zaloge še povečale, ker so geološke razmere proti jugu ugodne do zaselka Smrečje.

Nov koncept bo uporaben tudi na območju jame. Rudonosna cona namreč na tem prostoru ni raziskana sistematično. Z določitvijo meja obogatenega robnega dela bi tudi tod natančneje omejili prostor za jamske poldetajlne raziskave. Na ta način bi že na območju obstoječe jame znatno povečali rudne zaloge.

Tretja možnost uporabe modela geokemične celice se nudi pri raziskavah na drugih rudiščih, kjer so se doslej praktične izkušnje z Žirovskega vrha premalo upoštevale.

Exploration at Žirovski vrh uranium deposit on principle of the geochemical cell

Summary

The origin of the uranium ore deposit of Žirovski vrh (Žiri peak) is considered from the viewpoint of the geochemical cell. The ore-bearing gray Val Gardena formation is believed to have been deposited mainly in the environment of a braided river. Its minor part appears to have been accumulated by a meandering stream. The thickness of the gray Val Gardena formation amounts to 405 metres. The structural relationship between the underlying Carboniferous beds and the ore-bearing formation is characterized by a considerable interval of erosion marked by an uneven erosion surface of appreciable relief. The gray formation grades upwards into red mudstone intercalated with red

sandstone. At irregular intervals the gray formation thins out. There the Carboniferous beds come into contact with the red Val Gardena formation. By the palynomorphs determined from the gray and black mudstone Middle Permian age of the gray Val Gardena formation is indicated. Red limestone concretions found in the top of the red mudstone point to the caliche soil deposited in subarid climates.

As regards the colour, three geochemical types of sedimentary rocks could be distinguished in the ore-bearing formation after its deposition: gray, green, and red. The gray type was reduced either during the sedimentation or immediately after the deposition. The green type being under influence of an oxidizing environment for a long time was originally red in colour. Later it was permeated by the reducing underground water and its iron (III) was decreased to iron (II). In the third type fine-grained clastites prevail being incapable of transmitting underground water. Therefore only their marginal part were modified by reducing water, while their bulk remained red.

At the beginning of the ore deposition, the gray Val Gardena formation lay near the surface. Sandstone and conglomerate were porous. During vertical rising of the earth crust the river bed was gradually cut through the hanging wall of the gray Val Gardena formation and here and there into the formation itself. Through the hollowed out places surface waters rich in oxygenium advanced into reduced underwater system of the gray Val Gardena formation. There must have been a dynamic system which was named by P. N. Shockey (1968) as geochemical cell. It is characterized by the interaction of oxidation and dissolution as well as reduction and sedimentation. End products of these formative processes are metallic and nonmetallic minerals deposited in the Val Gardena beds. The metallic minerals form uranium ore rolls in the marginal parts of the geochemical cell. Their distribution appear to depend on the organic carbon present in clastic rocks and on the action of anaerobic bacteria limited by an environmental control. The geochemical cell occurring in the river deposits is longish in shape and therefore the ore deposit is extended in ribbonlike strips (R. I. Rackley, 1976).

In the period 1979/80 the exploration at Ziri vrh were brought into accordance with the concept of the geochemical cell to promote the efficiency of drilling and development works. The attempt has a favourable result. A continuation of the ore deposit was discovered in southern direction.

Advantages of the geochemical cell model are evident from the exploration boring at Ziri vrh in the period 1979/80. From now on also underground surveying will be based on the same principle. It is expected that the enriched marginal parts of the ore-bearing zone could be found out more exactly in this way.

Literatura

Budkovič, T. 1978, Litološka kontrola uranovega orudenja na obzorju 530 m v rudišču Žirovski vrh. Rudarsko-metalurški zbornik št. 1, 25—34, Ljubljana.

Budkovič, T. 1980, Sedimentološka kontrola uranove rude na Žirovskem vrhu. Geologija 23/2, 221—226, Ljubljana.

Lukacs, E. & Florjančič, A. P. 1974, Uranium ore deposits in the Permian sediments of northwest Yugoslavia. In: Formation of uranium ore deposits, 313—329, IAEA, Wien.

Omaljev, V. 1967 a, Razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u ležištu Žirovski vrh. Radovi INGRI, 3, 33—65, Beograd.

Omaljev, V. 1967 b, Korelacija slojeva u ležištu Žirovski vrh. Radovi INGRI, 3, 125—149, Beograd.

Omaljev, V. 1973, Izbor lokacija istražnih horizonata na ležištu urana Žirovski vrh. Radovi INGRI, 8, Beograd.

Rackley, R. I. 1976, Origin of western-states type uranium mineralization. In: Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits, v. 7, 89—156, Edited by K. H. Wolf. Amsterdam—Oxford—New York.

Shawe, D. R. & Granger, H. C. 1965, Uranium ore rolls — an analysis. Economic Geology, v.60, no. 2.

Shockey, P. N., Rackley, R. I. & Dahill, M. P. 1968, Source beds and solution fronts. Remarks Wyo. Met. Sect. AIME.

1978, 11(1), 1-10

Geološka zgradba jugozahodne Slovenije Geologic structure of southwestern Slovenia

Ljudmila Pivec

Geološki inštitut, Gosposva ulica, Ljubljana, Slovenija 61

Kratka vsebina

Geološka zgradba jugozahodne Slovenije je raziskovana v okviru projekta "Geološka zgradba jugozahodne Slovenije" (1975-1977). V okviru projekta so bile izvedene geološke raziskave na področju jugozahodne Slovenije, ki so vključevale tudi geološko zgradbo jugozahodne Slovenije. V okviru projekta so bile izvedene geološke raziskave na področju jugozahodne Slovenije, ki so vključevale tudi geološko zgradbo jugozahodne Slovenije. V okviru projekta so bile izvedene geološke raziskave na področju jugozahodne Slovenije, ki so vključevale tudi geološko zgradbo jugozahodne Slovenije.

Abstract

The geologic structure of southwestern Slovenia is investigated in the framework of the project "Geologic structure of southwestern Slovenia" (1975-1977). Within the project, geological investigations were carried out in the area of southwestern Slovenia, which included the geologic structure of southwestern Slovenia. Within the project, geological investigations were carried out in the area of southwestern Slovenia, which included the geologic structure of southwestern Slovenia.

Uvod

Geološka zgradba jugozahodne Slovenije je raziskovana v okviru projekta "Geološka zgradba jugozahodne Slovenije" (1975-1977). V okviru projekta so bile izvedene geološke raziskave na področju jugozahodne Slovenije, ki so vključevale tudi geološko zgradbo jugozahodne Slovenije.

UDK 551.24+531.1(497.12)=863

Geološka zgradba jugozahodne Slovenije

Geologic structure of southwestern Slovenia

Ladislav Placer

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Kratka vsebina

Avtor razlaga tektoniko jugozahodne Slovenije s kinematskega vidika s posebnim ozirom na različne stopnje narivov. Poleg istrskega avtohtona razlikuje naslednje strukturne enote: koprski narivni prelom, komenska in snežniška narivna gruda ter hruški in trnovski pokrov. Med temi glavnimi enotami so nastale tako imenovane vmesne luske. Vse strukturne enote niso nastale istočasno, temveč so se razvijale postopno. Najstarejši je trnovski pokrov, ki je sprožil hruškega, nato je sledilo premikanje drugih enot. Premike glavnih enot ponazoruje diagram kot eksponencialna funkcija, odvisna od debeline določene tektonske enote in od dolžine njenega narivanja. Na podlagi dolžine narivanja je avtor obnovil geološko sliko jugozahodne Slovenije iz terciarne periode in njeno geografsko podobo pred narivanjem.

Abstract

In discussing the geologic structure of southwest Slovenia, attention is confined to kinematics relevant to the evolution of different gradations of thrusts. Besides the autochthon of Istria the following main structural units are distinguished: Koper thrust fault, Komen and Snežnik thrust sheets, as well as Hrušica and Trnovo nappes. Between these structures the so called interjacent slices occur. The structural units are not of the same date of origin. Moreover, they have come in existence successively. The oldest appears to be the Trnovo nappe which caused the movement of the Hrušica nappe, and so forth. The movements of the main tectonic units are illustrated by a diagram which is an exponential function dependent upon the thickness of a certain tectonic unit and on the length of its thrusting. On the basis of relative lengths of thrusting Tertiary geologic features have been restored to their geographic positions before thrusting.

Uvod

Jugozahodno Slovenijo in sosednja območja pokrivajo listi Gorica, Postojna, Trst in Ilirska Bistrica osnovne geološke karte SFRJ v merilu 1 : 100 000. V razlagi h kartam, kot tudi v delih drugih raziskovalcev, je geološka zgradba

podana z osnovnimi geometrijskimi elementi, kot so lega plasti, osi gub ter prelomnih in narivnih ploskev. Nekateri avtorji so določili tudi smer in dolžino premikov, vendar brez strukturne analize, ki bi podpirala domneve. Zato smo se odločili dopolniti regionalno analizo geometrije tektonskih deformacij v jugozahodni Sloveniji in ji dodati kinematsko razlago. Z vidika dinamike bomo genezo le nakazali, ker je v poznavanju zgradbe našega ozemlja še dosti hipotetičnega.

Prevladujoč tektonski element v jugozahodni Sloveniji so narivi, ki zaslužijo glavno pozornost. Neotektonske deformacije bomo prikazali le priložnostno.

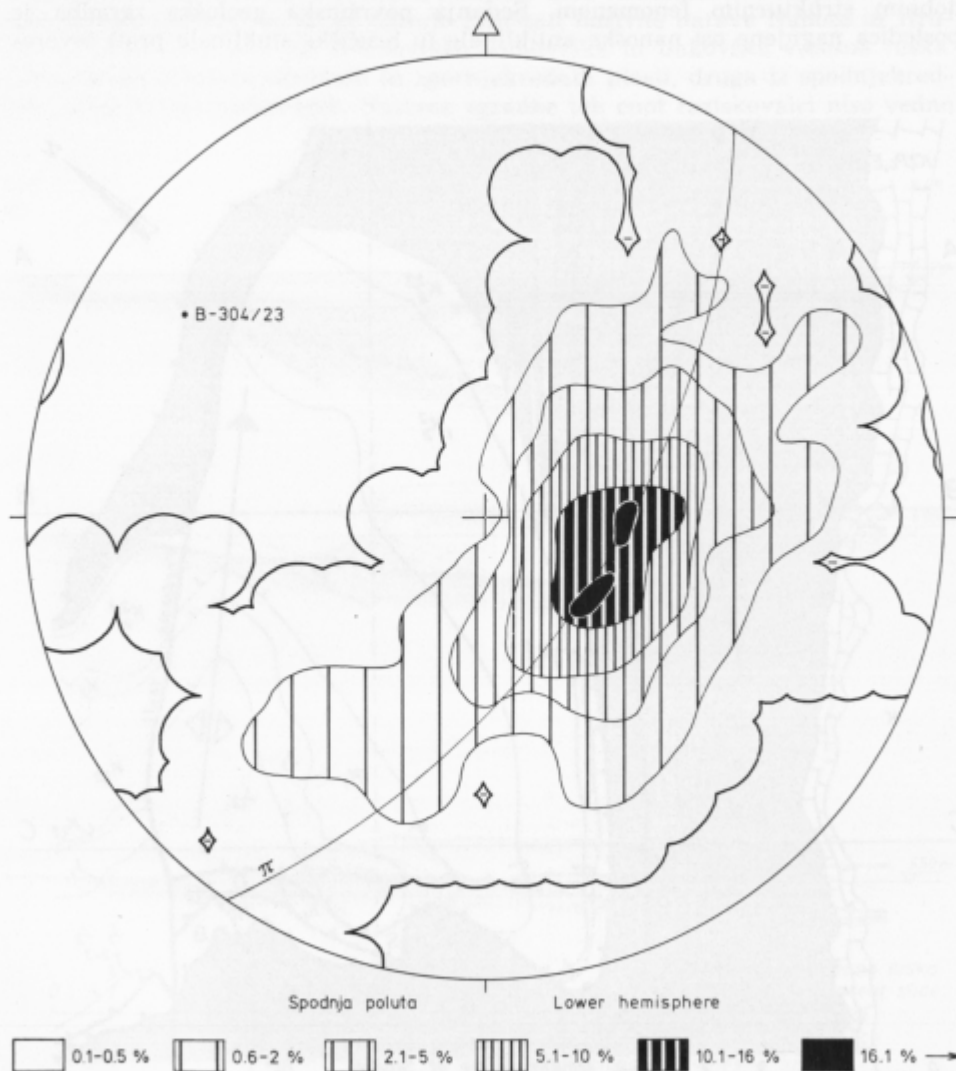
Narivna zgradba jugozahodne Slovenije

Za narivno zgradbo jugozahodne Slovenije je značilno, da se ponavlja eocenski fliš v narinjenih in podrinjenih strukturnih enotah pri Gorici, Vipavi in Hruševju. Ponavljanje enake strukturne situacije v več narivnih enotah je opazil že F. K o s s m a t (1905, 1913). Ustrezno zakonitost smo sedaj obdelali z geometrijskega in kinematskega vidika. Analizirali smo vpade plasti Nanosa in Hrušice, ki sta za tako obdelavo najprimernejša, ker rezultate s tega območja lahko ekstrapoliramo na celotno ozemlje. Podatke smo povzeli po sekcijskih kartah v merilu 1:25 000 osnovne geološke karte listov Gorica in Postojna.

Nanos in Hrušica tvorita enotno naguban blok, ki vpada proti severozahodu; osi nanoške antiklinale in hrušiške sinklinale imata smer 304/26 (sl. 1). Po osnovni geološki karti ima približno enako smer — okoli 315/0 — sinklinala v flišnih plasteh med Postojno in Predjamo v talninski narivni enoti. Smer gube v narinjenem in podrinjenem bloku kaže na istosmerno premikanje grud pri narivanju; zato ne more držati F. K o s s m a t o v a (1905, 1913) in S. B u s e r j e v a (1973, 1976) interpretacija, da je narinjen le jugovzhodni del Nanosa, medtem ko naj bi plasti proti zahodu in severozahodu prehajale iz prevrnjene in narinjene gube v normalno gubo brez horizontalnega premika. Tak mehanizem bi bil moral zasukati osi nanoške antiklinale in hrušiške sinklinale nasproti podlagi, v našem primeru sinklinali Pivške kadunje; vendar tega ni opaziti. Nanos in Hrušico je tektonsko interpretiralo že več geologov. F. K o s s m a t (1905, 1913) ju je obravnaval kot enoten blok, na katerem ležijo transgresivne flišne plasti pri Colu in Predmeji, na jugu pa je blok narinjen na fliš Pivške kadunje in na kredne sklade Postojnskega Ravnika. K o s s m a t je izključil velike premike. M. L i m a n o w s k i (1910) je povzel Kossmatove ugotovitve o zgradbi Nanosa in Hrušice, le da ju je pojmoval kot precej daleč narinjeno poleglo gubo. Po A. W i n k l e r j u (1923) so flišne plasti na območju Cola in Predmeje del vipavskega in pivškega fliša, Nanos in Hrušica pa sta narinjena gruda, ki ima danes obliko tektonske polkrpe. I. R a k o v e c (1956) se je pridružil Winklerjevemu mnenju. M. P l e n i č a r in sodelavci (1970) so ločili Hrušico od Nanosa s predjamskim prelomom, v strukturnem pogledu pa sprejeli Kossmatovo razlago.

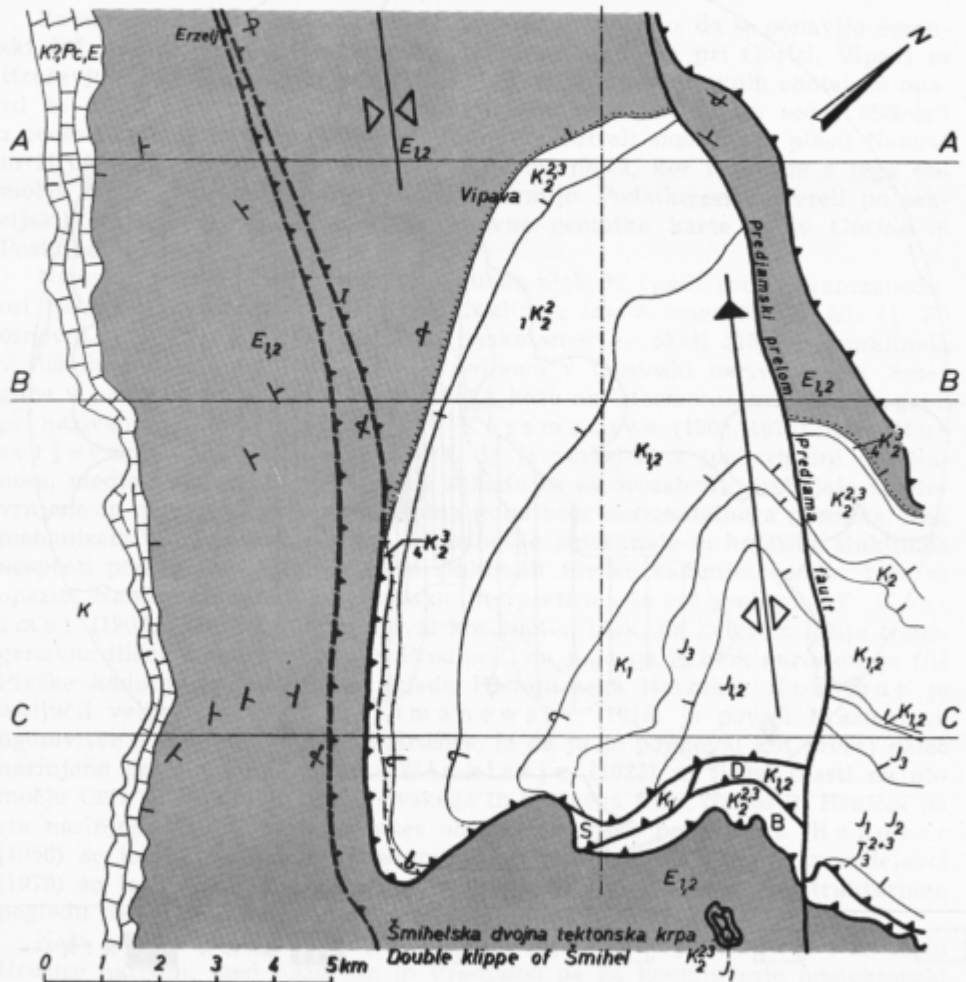
Naša analiza temelji na splošno sprejeti hipotezi, da je južni rob Nanosa in Hrušice nariven; med Razdrtim in Predjamo pa ga komplicirajo neotektonski prelomi. Če zanemarimo premik ob predjamskem prelomu, moramo Hrušico in Nanos obravnavati kot enoten blok, ki se je po analizi vpadov plasti narinil

po vsej širini za približno enako razdaljo na flišno in karbonatno podlago. Smer narivanja se dá oceniti po orientaciji hrušiške sinklinale in nanoške anti-klinale, dolžina narivanja pa po dolžini poševnega reza krednih plasti na Po-stojnskem Ravniku v smeri premikanja. Kinematsko konstrukcijo narivanja Nanosa in Hrušice bomo podali pozneje, tu naj omenimo le, da znaša premik okoli 16 km. Po tej geometrijski analizi je mogoče zgradbo Nanosa in Hrušice razlagati le z občo narivno hipotezo, ki je blizu ideji Limanowskega.



Sl. 1. Konturni digram vpadov plasti na Nanosu in Hrušici. 970 meritev
 Fig. 1. Contour diagram visualizing the dips of beds of Nanos and Hrušica.
 970 measurements

Na geološki karti (sl. 2) so vneseni glavni elementi zgradbe Nanosa, vendar od neotektonskih prelomnih deformacij le predjamski prelom. Narivna ploskev hrušiškega pokrova se po našem mišljenju ne končuje na jugozahodnem pobočju Nanosa, temveč se nadaljuje v flišnih plasteh Vipavske doline proti severozahodu. Pri Vipavi se potemtakem stikajo flišne plasti narinjene in podrinjenega bloka. Stik enako starih skladov ob narivni ploskvi z velikim horizontalnim premikom se dá razložiti edino z erozijskim narivom ali s podobnim strukturnim fenomenom. Sedanja površinska geološka zgradba je posledica nagnjene osi nanoške antiklinale in hrušiške sinklinale proti severo-

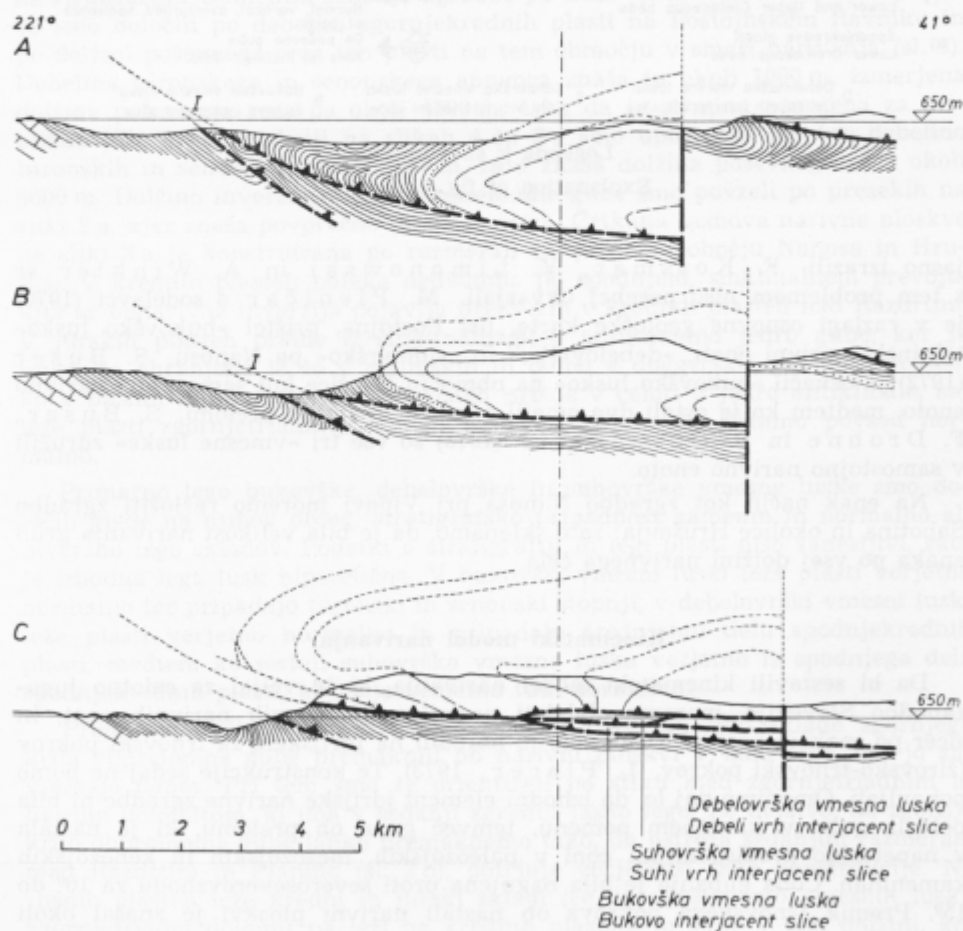


Sl. 2. Strukturna karta Nanosa

Fig. 2. Structural map of Nanos



zahodu ter vpada narivne ploskve proti severu in severoseverovzhodu. Geološki preseki na sliki 2 a ilustrirajo našo interpretacijo; enako kot os nanoške antiklinale, vpada proti severozahodu tudi teme polegale antiklinale. Zato so plasti nad Razdrtim inverzne, nad Podnanosom vertikalne in pri Vipavi normalne.

Narivno zgradbo na južnem obrobju Nanosa in Hrušice komplicirajo, ali pa dopolnjujejo, manjše vmesne luske, omejene med Razdrtim in Predjamo z neotektonskimi prelomi, ki pa ne morejo zabrisati narivne narave Nanosa in Hrušice. Poimenovali smo jih debelovrška, suhovrška in bukovška vmesna luska. Prva sestoji iz spodnjekrednih in zgornjekrednih plasti, druga iz spodnjekrednih, tretja iz zgornjekrednih. Narivne zgradbe teh enot raziskovalci niso vedno



Sl. 2 a. Prečni geološki preseki skozi Nanos

Fig. 2 a. Cross sections through Nanos

	Spodnjeeocenski in srednjeeocenski fliš Lower and Upper Eocene flysch	J_3	Malmške plasti Malmian beds
E	Eocenske plasti Eocene beds	J_2	Liasne in doggerske plasti Liasic and Doggerian beds
Pc	Paleocenske plasti Paleocene beds	T_3^3	Retske in noriške plasti Rhaetian and Norian beds
$K?K$	Verjetno kredne plasti in kredne plasti v splošnem Probably Cretaceous beds, Cretaceous beds in general	—	Normalna geološka meja Normal geological boundary
K_2^3	Senonske plasti Senonian beds	-----	Diskordanca Unconformity
$K_2^{2,3}$	Turonske in senonske plasti Turonian and Senonian beds	—	Neotektonski prelom Neotectonic fault
K_2^2	Turonske plasti Turonian beds	—	Meja pokrova in narivne grude Nappe and thrust sheet border
$K_{1,2}$	Spodnjekredne in zgornjekredne plasti Lower and Upper Cretaceous beds	—	Normalna, vertikalna in inverzna lega plasti Normal, vertical, overturned sequence of beds
K_1	Spodnjekredne plasti Lower Cretaceous beds		Os poševne gube Axis of inclined fold
D	Debelovrška vmesna luska Debeli vrh interjacent slice	S	Suhovrška vmesna luska Suhi vrh interjacent slice
		B	Bukovška vmesna luska Bukovo interjacent slice

Legenda k sl. 2 in 2 a

Explanation of fig. 2 and 2 a

jasno izrazili. F. Kossmat, M. Limanowski in A. Winkler se s tem problemom niso posebej ukvarjali, M. Pleničar s sodelavci (1970) je v razlagi osnovne geološke karte, list Postojna, prištel »bukovško lusko« talninski narivni enoti, »debelovrško« in »suhovrško« pa Nanosu. S. Buser (1972) je označil »bukovško lusko« na območju Hrušice kot samostojno narivno enoto, medtem ko je ostali dve omejil s subvertikalnimi prelomi. S. Buser, F. Drobne in R. Gospodarič (1976) so vse tri »vmesne luske« združili v samostojno narivno enoto.

Na enak način kot zgradbo Nanosa pri Vipavi moremo razložiti zgradbo Sabotina in okolice Hruševja; zato sklepamo, da je bila velikost narivanja grud enaka po vsej dolžini narivnega čela.

Kinematski model narivanja

Da bi sestavili kinematski model narivanja, ki bi veljal za celotno jugozahodno Slovenijo, moramo obdelati premike posameznih narivnih enot, in sicer po enakem postopku, kot smo to naredili na Idrijskem za trnovski pokrov (žirovsko-trnovski pokrov, L. Placer, 1973). Te konstrukcije sedaj ne bomo ponavljali. Omenimo naj le, da izhodni element idrijske narivne zgradbe ni bila polegla guba v klasičnem pomenu, temveč guba ob prelomu, ki je nastala v napetostno predisponirani coni v paleozojskih, mezozojskih in kenozojskih kameninah. Cona gubanja je bila nagnjena proti severoseverovzhodu za 10° do 15° . Premik trnovskega pokrova ob nastali narivni ploskvi je znašal okoli 29 km, če upoštevamo še deformacijo zaradi gubanja, pa okoli 32 km. Poleg dolžine premika trnovskega pokrova smo določili tudi premike drugih tektonskih enot, ki jih sedaj imenujemo vmesne luske.

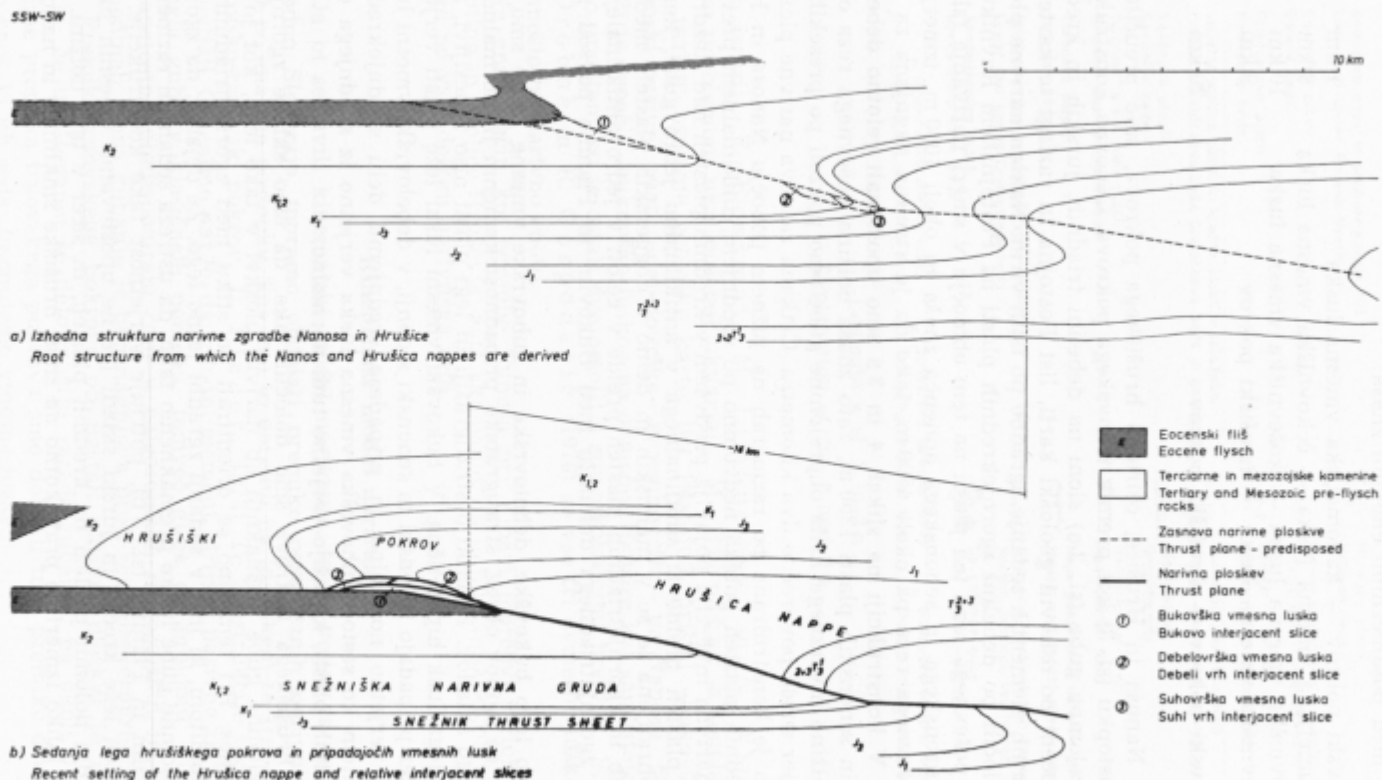
Premik med posameznimi enotami znaša:

trnovski pokrov — kanomeljska vmesna luska	1 km
kanomeljska vmesna luska — čekovniška vmesna luska	9 km
čekovniška vmesna luska — koševniška vmesna luska	10 km
koševniška vmesna luska — hrušiški pokrov	9 km
<hr/>	
trnovski pokrov — hrušiški pokrov	29 km

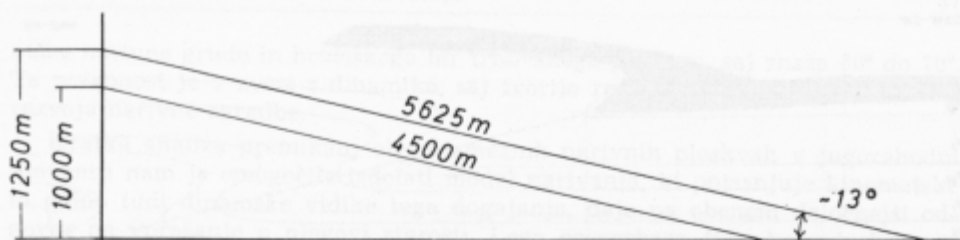
Premik Nanosa in Hrušice, oziroma hrušiškega pokrova, smo preučili po enakem postopku (sl. 3) kot premik trnovskega pokrova. Osnovna konstrukcija izhodne prelomne gube (sl. 3 a) sloni na debelini triadnih, jurskih in krednih plasti, določeni po osnovni geološki karti, list Postojna in razlagi te karte ter na strukturnih elementih sedanje zgradbe po istih virih. Naklon narivne ploskve smo določili po debelini zgornjekrednih plasti na Postojnskem Ravniku in po dolžini poševnega reza teh plasti na tem območju v smeri narivanja (sl. 4). Debelina turonskega in senonskega apnenca znaša tu okoli 1000 m, izmerjena dolžina poševnega reza pa okoli 4500 m, tako da je strmina nagnjena za približno 13°. V konstrukciji na slikah 4 in 3 a smo upoštevali celotno debelino turonskih in senonskih plasti 1250 m, zato znaša dolžina poševnega reza okoli 5600 m. Dolžino inverznega krila obprelomne gube smo povzeli po presekih na sliki 2 a, kjer znaša povprečno dva kilometra. Črtkana zasnova narivne ploskve na sliki 3 a je konstruirana po razmerah na južnem pobočju Nanosa in Hrušice. V krednih plasteh poteka nedvomno po spodnjem, sinklinalnem prevoju, kjer se obnarivna inverzija pojavlja predvsem v krednih plasteh nad Razdrtim. V jurskih plasteh preide iz sinklinalnega v antiklinalno jedro gube, ker je inverzija ohranjena le še v malmskih in delno v doggerskih plasteh, medtem ko v liasnih in zgornjetriadnih plasteh preide v celoti v jedro antiklinale, saj leže plasti zgornjetriadnega dolomita med Bukovim in Planino povsod normalno.

Primarno lego bukovške, debelovrške in suhovrške vmesne luske smo določili glede na njihov obseg, stratigrafsko pripadnost kamenin in normalno ali inverzno lego skladov. Podatki o stratigrafiji in legi plasti niso zanesljivi, zato je izhodna lega lusk hipotetična. V bukovški vmesni luski leže plasti verjetno normalno ter pripadajo turonski in senonski stopnji, v debelovrški vmesni luski leže plasti verjetno normalno in pripadajo srednjemu delu spodnjekrednih plasti, medtem ko sestoji suhovrška vmesna luska verjetno iz spodnjega dela spodnjekrednih plasti, ki ležijo verjetno tudi normalno.

Premik hrušiškega pokrova smo določili tako, da smo sklade zgornjega krila obprelomne gube premaknili ob narivni ploskvi v tako lego, kot jo zavzemajo danes. Pri tem smo se orientirali po stiku med zgornjetriadnim in liasnim dolomitom, ki ima v sedanji zgradbi jasno lego. Ze dejstvo, da zgornje krilo obprelomne gube lahko premaknemo tako, da ustreza sedanjim razmeram med Razdrtim in Planino (sl. 3 b), potrjuje verjetnost take konstrukcije. Na ilišnih plasteh leže kredni in jurski skladi (če ne upoštevamo vmesnih lusk), zgornjetriadni dolomit pa leži na krednih plasteh, in sicer v taki dolžini, kot jo v naravi lahko izmerimo pravokotno na smer hrušiške sinklinale in nanoške antiklinale.



Sl. 3. Kinematika narivanja Nanosa in Hrušice
Fig. 3. Thrusting kinematics of Nanos and Hrušica



Sl. 4. Poševni rez hrušičkega pokrova

Fig. 4. Oblique section of the Hrušička nappe

Mesto vseh treh vmesnih luska je v sedanji zgradbi dokaj dobro določeno, manj jasen pa je njihov prvotni položaj, saj nimamo pravih dokazov o legi plasti. Zato so podatki o njihovem premiku orientacijski, zelo blizu resnice pa je po našem mišljenju ocena celotnega premika hrušičkega pokrova:

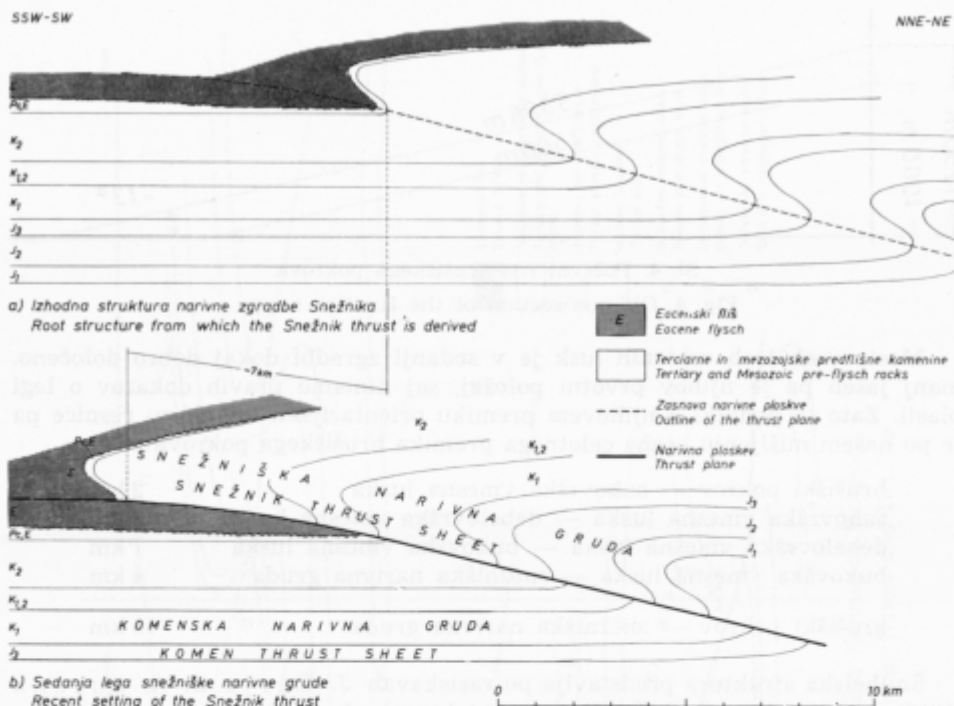
hrušički pokrov — suhovrška vmesna luska	2 km
suhovrška vmesna luska — debelovrška vmesna luska	3 km
debelovrška vmesna luska — bukovška vmesna luska	7 km
bukovška vmesna luska — snežniška narivna gruda	4 km
hrušički pokrov — snežniška narivna gruda	16 km

Šmihelska struktura predstavlja po raziskavah J. Čarja in A. Jurena (1980) dvojno tektonsko krpo. Da gre za tektonsko krpo, so menili že F. Kosmat (1905) in drugi raziskovalci (S. Buser, K. Grad in M. Pleničar, 1967; M. Pleničar, s sodel., 1970; R. Gospodarič, 1976), ki so jo obravnavali kot erozijski ostanek nariva Hrušice, oziroma Nanosa. J. Čar in A. Juren sta to potrdila in dopolnila dosedanje poznavanje z novimi podatki. Na eocenski fliš je najprej narinjena do 20 m debela plošča senonskega apnenca, ki je ponekod lahko tudi izklinjena. Na senonsko starost apnenca kaže fosilna združba, vendar v njem ni tekstur, ki bi dokazovale normalno ali inverzno lego plasti. Na apnencu leži normalno plošča verjetno liasnega dolomita, ki vsebuje ostanke školjk — mogoče litiotid.

Zveza med enotami šmihelske dvojne tektonske krpe in enotami severno od tod ni povsem jasna. Senonski apnenec spodnje plošče bi lahko pripadal bukovški vmesni luski, ki je ponekod že izklinjena, liasni dolomit pa hrušičkemu pokrovu, tako da bi imeli na Šmihelu identično zgradbo kot nad Predjamo.

Dolžino premika snežniške narivne grude (sl. 5) smo rekonstruirali na enak način kot premik trnovskega in hrušičkega pokrova, le da v tem primeru nismo mogli določiti vpadnega kota narivne ploskve. Zato smo po analogiji privzeli enako strmino. Debelino plasti smo določili po osnovni geološki karti, list Ilirska Bistrica, in po razlagi te karte, velikost inverznega krila pa po profilih na osnovni geološki karti in v članku M. Pleničarja (1959) (sl. 5 a). Zaradi inverzije plasti v čelu snežniške narivne grude menimo, da je bila narivna ploskev zasnovana v jedru obprelomne sinklinale ali pa v inverznem krilu.

Dolžino premika snežniške narivne grude smo določili po površinskih učinkih, ki jih kaže osnovna geološka karta listov Ilirska Bistrica in Postojna. Če



Sl. 5. Kinematika narivanja Snežnika

Fig. 5. Thrusting kinematics of Snežnik

ne upoštevamo lokalnih posebnosti, leže pri Gomancih, jugovzhodno od Ilirske Bistrice, zgornjejurske in spodnjekredne plasti na zgornjekrednih, v okolici Ilirske Bistrice pa spodnjekredne in zgornjekredne plasti na paleocenskih in eocenskih plasteh. Proti severozahodu najdemo na flišu najprej zgornjekredne plasti, nato pa paleocenske in eocenske. Pred seboj imamo potemtakem ohranjen dobršen del narivnega profila, ki ga shematsko kaže slika 5 b, kjer smo pravkar opisane odnose dobili s premikom snežniške narivne grude na komensko narivno grudo za okoli sedem kilometrov.

Naslednjo narivno enoto tvori komenska narivna gruda, narinjena na krovinsko grudo koprskega narivnega preloma; čičarijska naluskana zgradba predstavlja njen narivni rob. V tej raziskavi nismo posebej računali dolžin narivanja ob posameznih luskah, temveč smo ocenili skupni premik na podlagi profilov na osnovni geološki karti listov Ilirska Bistrica in Trst, ki znaša okoli tri kilometre.

Jugozahodno od čičarijske naluskane zgradbe najdemo pomembnejšo prelomno mejo šele pri Bujah v Istri. Ob njej znaša, po osnovni geološki karti — list Trst, premik po vpadu okoli 700 m, za kolikor se je ob njem premaknila tudi krovinska gruda koprskega narivnega preloma proti jugozahodu.

Naklon prelomnih ploskev reverzних prelomov v čičarijski naluskani zgradbi in prelomne ploskve pri Bujah je znatno večji kot narivnih ploskev snež-

niške narivne grude in hrušiškega ter trnovskega pokrova, saj znaša 30° do 70°. Ta posebnost je v zvezi z dinamiko, saj tvorijo reverzni prelomi začetni stadij razvoja narivne zgradbe.

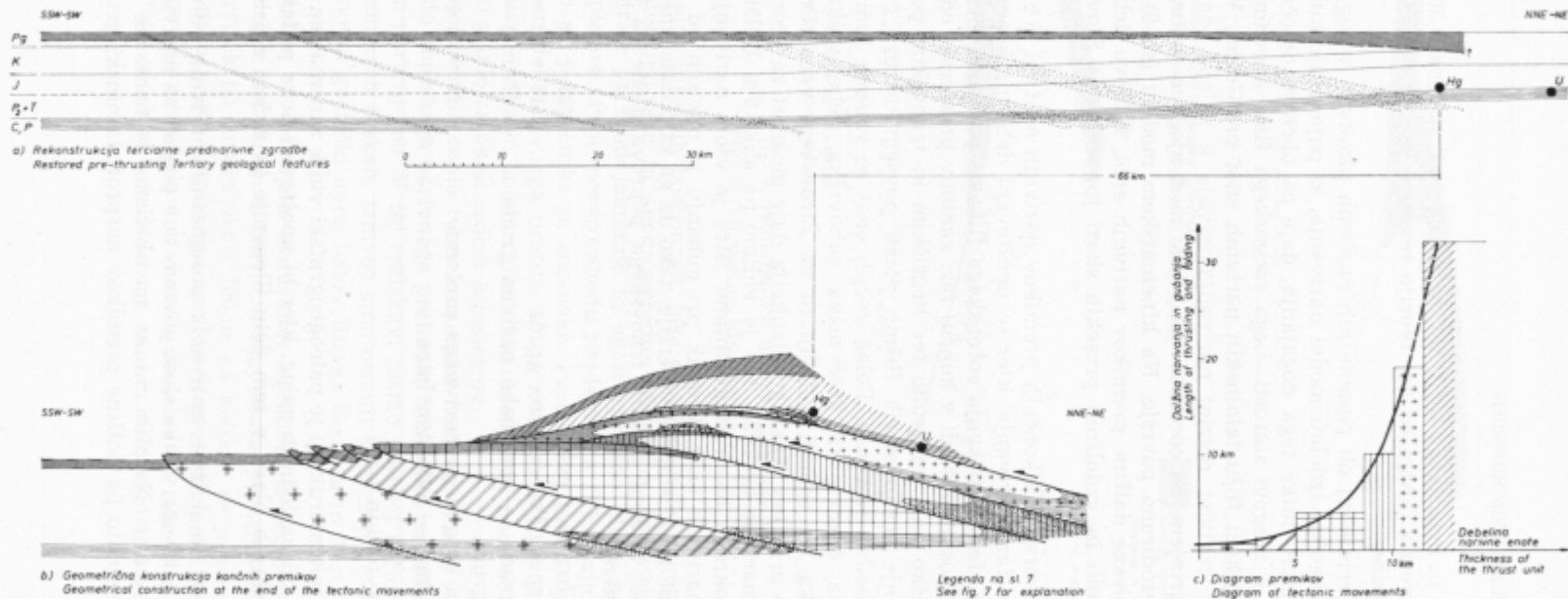
Kratka analiza premikanj ob posameznih narivnih ploskvah v jugozahodni Sloveniji nam je omogočila izdelati model narivanja, ki pojasnjuje kinematske in delno tudi dinamske vidike tega dogajanja, daje pa obenem določnejši odgovor na vprašanje o njegovi starosti. Lega eocenskega fliša krovninskih narivnih enot na eocenskem flišu talninskih narivnih enot pri Gorici, Vipavi in Hruševju nas kljub različni dolžini narivanja navaja k sklepu, da so bile krovninske enote narinjene na eocenski fliš bodisi med njegovo sedimentacijo, ali pa na njegovo erodirano površje. Na kinematskem modelu (sl. 6) so upoštevane vse konstruirane dolžine premikov narivnih enot, njihovo debelino pa smo merili na prečnih in vzdolžnih presekih skozi jugozahodno Slovenijo na sliki 8 a.

Geometrijska konstrukcija končnih premikov narivnih enot (sl. 6 b) je shematska skica končne faze narivanja, kjer so upoštevani debelina krovnih enot, dolžina narivanja in efekt potiskanja eocenskega fliša na približno enako stare kamenine. Iz te predpostavke sledi v končni fazi zanimiv prostorski odnos med komensko in snežniško narivno grudo ter hrušiškim in trnovskim pokrovom. Večkratno prekrivanje enako starih flišnih plasti povsem ustreza geološkim razmeram v jugozahodni Sloveniji. Poleg večjih enot so vrisane tudi manjše, in sicer kanomeljska, čekovniška, koševniška, suhovrška, debelovrška in bukovška vmesna luska ter rudišči v Idriji in na Žirovskem vrhu. Prostorska razmerja na sliki so pravilna. Taka konstrukcija daje možnost za geometrijsko rekonstrukcijo prednarivne zgradbe, kot jo vidimo na sliki 6 a. Dolžina narivanja trnovskega pokrova nasproti avtohtonu Istre je vsota narivanja in gubanja posameznih narivnih enot. Premik pri gubanju je odvisen od velikosti inverznega krila gube in od stopnje inverzije, tako da ga za posamezne narivne enote lahko ocenimo. Skupni premik trnovskega pokrova glede na avtohton Istre znaša potemtakem:

trnovski pokrov — hrušiški pokrov	$(29 + 3) = 32$ km
hrušiški pokrov — snežniška narivna gruda	$(16 + 3) = 19$ km
snežniška narivna gruda — komenska narivna gruda	$(7 + 3) = 10$ km
komenska narivna gruda —	
krovninska gruda koprškega narivnega preloma	$(3 + 1) = 4$ km
koprski narivni prelom — avtohton Istre	0,7 km
<hr/>	
trnovski pokrov — avtohton Istre	65,7 km

Pri geometrijski rekonstrukciji je paleogeografski vidik zanemarjen in ga bo treba obdelati v eni od naslednjih nalog, kjer bi upoštevali nove podatke o genezi in starosti terciarnih plasti v tem delu Slovenije in širšem alpsko-dinarskem prostoru.

Iz analize debeline in dolžine narivanja posameznih narivnih enot z geometrijskega in kinematskega vidika sledi povsem nov pogled na narivno zgradbo jugozahodne Slovenije. Na sliki 6 c so na abscisno os nanese debeline narivnih enot, na ordinato pa dolžine premikov nasproti talninski grudi; upo-



Sl. 6. Kinematika terciarnega narivanja v jugozahodni Sloveniji
Fig. 6. Kinematics of Tertiary thrusting in southwest Slovenia

števan je tudi premik zaradi gubanja. Histogram veže eksponencialna funkcija; po njej se dá sklepati na povsem jasno genetsko zakonitost, ki jo bomo morali spoznati, če bomo hoteli razumeti in prav interpretirati narivno zgradbo našega ali kateregakoli drugega ozemlja.

Dinamski model narivanja

V tej nalogi je problem dinamike narivne zgradbe samo nakazan; temu vprašanju moramo posvetiti obširnejšo raziskavo, ki bo obravnavala genezo ozemlja ne le z mehanskega vidika, temveč tudi s sedimentološkega in biostratigrafskega. Študij v tej smeri naj bi pokazal, ali je narivanje sledilo eroziji, ali pa se je začelo že med sedimentacijo fliša.

Da bi ponazorili dinamski vidik narivanja, moramo geometrijsko konstrukcijo na sliki 6 b prilagoditi razmeram v naravi. Vodilo pri modifikaciji je narivna ploskev trnovskega pokrova, znana na dokaj veliki dolžini od Vipavske doline do severovzhodne meje blegoško-vrhniških nizov. Ta narivna ploskev ni usločena tako, kot jo kaže presek na sliki 6 b, temveč tako, kot jo vidimo na sliki 7. Tudi čelni del komenske narivne grude je usločen v antiklinalo, koprski narivni prelom pa v rahlo sinklinalo. Če spremenimo sedaj skico narivne zgradbe jugozahodne Slovenije po naštetih morfoloških znakih, dobimo dva modela narivne zgradbe, ki ju kaže slika 7. Razlika med obema interpretacijama je v pojmovanju dinamike narivanja, ki jo lahko razlagamo na dva načina:

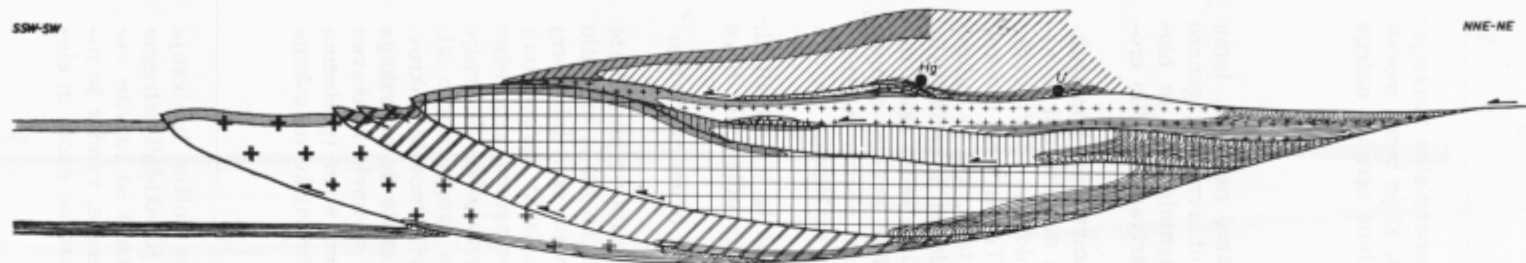
1. kot narivanje po osnovni narivni ploskvi, ki se je razvila v karbonskih plasteh; v njenem čelnem delu so se od nje druga za drugo odlepljale nove narivne ploskve (sl. 7 a),

2. kot narivanje ob vzporednih narivnih ploskvah; v tem primeru karbonske plasti niso imele pomembne vloge (sl. 7 b).

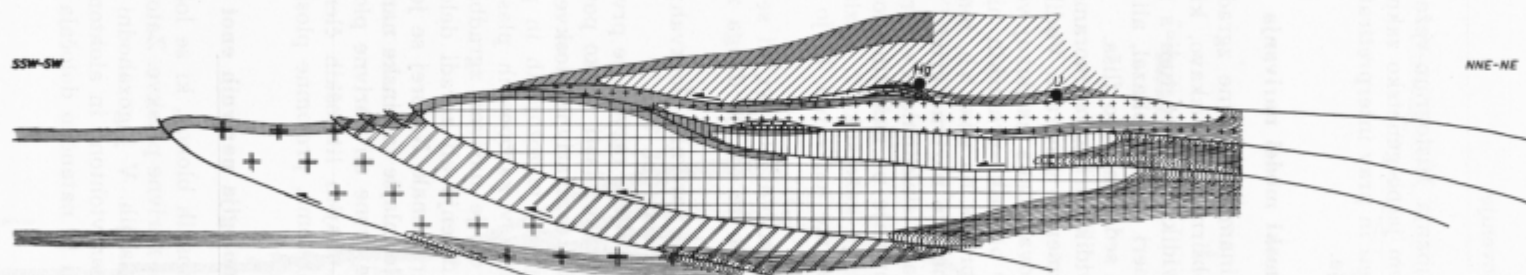
Ob sedanjem poznavanju geološkega razvoja je prva varianta verjetno bliže resnici. Čeprav zavzemajo karbonske plasti veliko površino, se jih je ohranilo v trnovskem pokrovu največ 1000 m. Narivne ploskve narivnih enot leže torej poševno na plasti le v kenozojskih, mezozojskih in paleozojskih karbonatnih kameninah, medtem ko postanejo v karbonskih plasteh polagoma vzporedne s plastovitostjo. Iz tega sledi, da je narivna zgradba jugozahodne Slovenije nastala zaradi gravitacijskega drsenja ali zaradi delovanja tangencialnih sil; končni učinek je v obeh primerih enak. Najprej se je razvil trnovski pokrov, nato so druga za drugo nastajale mlajše talninske narivne enote do koprskega narivnega preloma. Novonastale drsne ali narivne ploskve so imele konkaven profil; zato je njihov vpad v mlajših litoloških členih bolj strm (prelomna ploskev koprskega narivnega preloma, prelomne ploskve čičarijske naluskane zgradbe).

Terminologija narivnih enot

Slika 7 kaže več tipov tektonskih blokov, ki se ločijo po dolžini narivanja ter po obliki, velikosti in strmini narivne ploskve. Zato smo jih skušali ustrezno poimenovati že v prejšnjih poglavjih. V jugozahodni Sloveniji so razvite vse stopnje narivanja, značilne za paravtohtono in alohtono ozemlje, vendar še nimamo ustrezne terminologije, ki bi natančno določala strukturne enote in ele-



a) Narivanje po osnovni narivni ploskvi v karbonskih plasteh
Thrust faulting along thrust plane in Carboniferous beds



b) Narivanje ob vzporednih narivnih ploskvah brez posebne vloge karbonskih plasti
Thrust faulting along several parallel thrust planes beyond the Carboniferous beds



Sl. 7. Dinamski vidik razvoja terciarne narivne zgradbe v jugozahodni Sloveniji

Fig. 7. Development of the Tertiary thrust structure of southwest Slovenia from the viewpoint of dynamics

mente narivne zgradbe. Izraz nariv se npr. uporablja za narivno ploskev, za narivni prelom (= reverzni prelom z naklonom 45° ali manj) in za narinjeno grudo, medtem ko bi morali termin nariv razumeti kot dogajanje, oziroma celotno strukturo, ki sestoji iz narivne ploskve ter talninske grude in narivne ali krovninske grude.

Pokrov je po analogiji sinonim za krovnno grudo.

Trnovski in hrušiški pokrov (krovnna gruda). Pokrov je ploščasta kameninska enota, nastala vzdolž narivnega preloma ali prevrnjene in premaknjene grude, katere amplituda doseže deset in več deset kilometrov.

Snežniška in komenska narivna gruda. Narivna gruda označuje krovninsko grudo reverznega preloma, ki je praviloma znatno premaknjena nasproti talninski grudi (do deset kilometrov). Zaradi večjega premika izgubi reverzni prelom svojo morfološko značilnost. Koprski narivni prelom kaže le majhen premik krovninske grude navzgor ob talninski grudi in zato ni izgubil svoje morfološke značilnosti.

Poseben problem predstavlja poimenovanje manjših narivnih enot, ki leže v našem primeru med večjimi enotami. V literaturi jih različno imenujejo, na splošno pa raziskovalci soglašajo, da gre za odtrgane dele večjih narivnih enot. Da bi se izognili preozki definiciji, smo se odločili za termin vmesna luska, za razliko od lusk, ki so vezane na ponavljajoče se narivanje ob reverznih prelomih. Vmesne luske lahko izvirajo iz spodnjega normalnega krila, srednjega inverznega in zgornjega normalnega krila obprelomne gube. Zato štejemo mednje tudi inverzne pokrove M. Bertranda (1898), odstružke A. Tollmanna (1965) itd. Ločiti pa jih moramo od čelnih lusk in lusk znotraj narivnih enot; zanje bomo morali najti ustrezne slovenske izraze. K. V. Petković (1938) uporablja za takšne strukturne enote izraz notranja tektonska krpa, ki pa ne ustreza povsem, ker označujemo s tektonsko krpo erozijski ostanek kate-rekoli narivne enote.

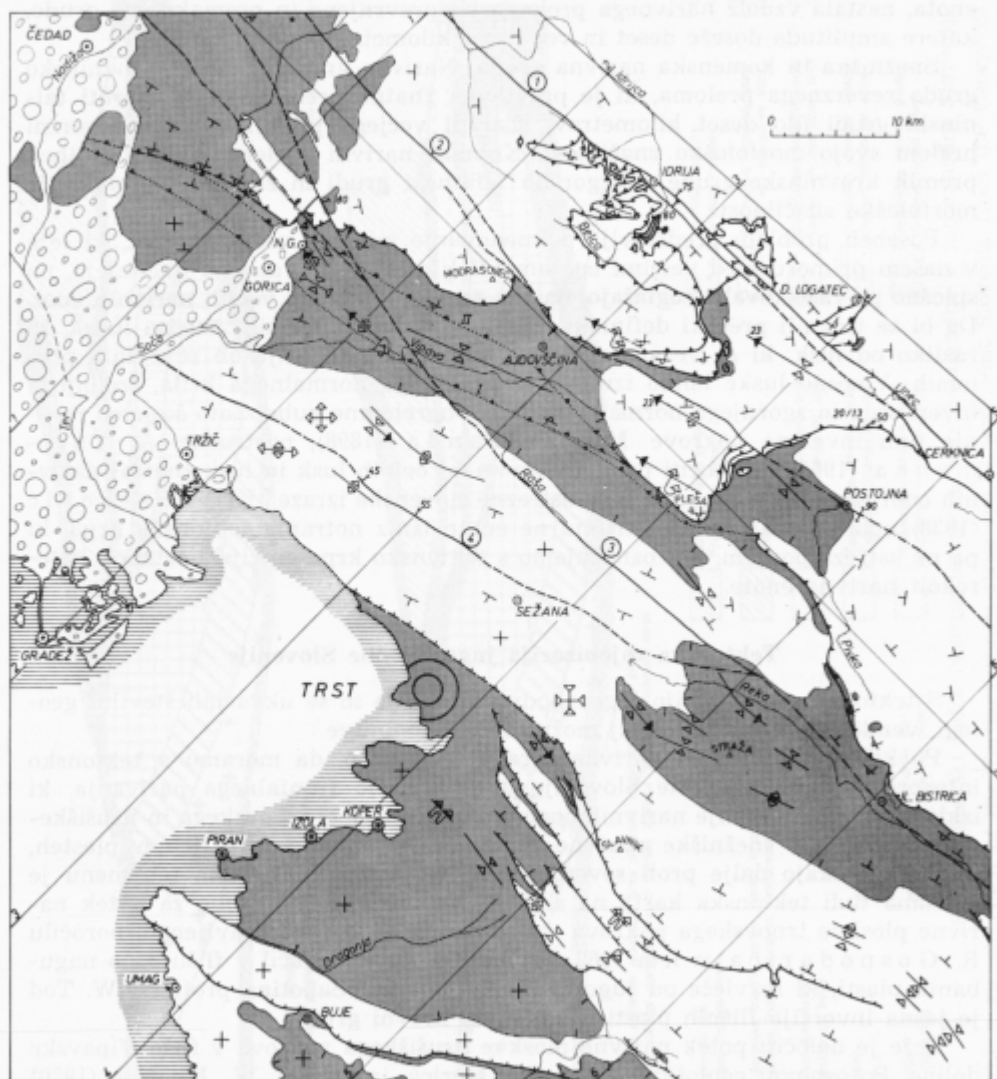
Tektonska rajonizacija jugozahodne Slovenije

S tektonsko rajonizacijo jugozahodne Slovenije so se ukvarjali številni geologi, vendar je ostalo še dovolj možnosti za dopolnitve.

Po kinematski analizi narivne zgradbe je očitno, da moramo v tektonsko interpretacijo jugozahodne Slovenije uvesti načelo frontalnega narivanja, ki izključuje večje sukanje narivnih enot. Narivne ploskve trnovskega in hrušiškega pokrova ter snežniške narivne grude se ne izklinjajo v flišnih plasteh, temveč potekajo dalje proti severozahodu. Na tem strukturnem fenomenu je izdelana tudi tektonska karta na sliki 8. Natančnejše indikacije za potek narivne ploskve trnovskega pokrova v Brdih smo našli v neobjavljenem poročilu R. Gospodariča iz leta 1962. Pri kartiranju je označil v flišu cono nagubanih plasti, ki se vleče od jugozahodnega pobočja Sabotina proti WNW. Tod je jasna inverzija flišnih plasti v narinjeni krovnii grudi.

Teže je določiti potek narivne ploskve hrušiškega pokrova v flišu Vipavske doline. Po osnovni geološki karti — list Gorica, in članku W. Engla (1970) zavzemajo osrednji del doline sinklinalno upognjene plasti numulitne breče, ki tvorijo nepoškodovano strukturo. Zatorej moramo narivno ploskev iskati jugozahodno ali severovzhodno od tod. Najbolj zanesljivo znamenje za bližino

narivne ploskve v flišnih plasteh so inverzni skladi, ki se nahajajo neposredno pod narivno ploskvijo trnovskega pokrova na severovzhodnih obronkih Vipavske doline in dlje od te narivne ploskve pri Erzelju (W. Engel, 1970) ter v velikem ovinku reke Vipave pri Prvačini (Osnovna geološka karta — list Gorica), torej jugozahodno od eocenske numulitne breče. Znaki za obstoj narivne ploskve obstajajo potemtakem na eni in na drugi strani Vipavske doline.



Sl. 8. Tektonska karta jugozahodne Slovenije. (Sestavljena po različnih virih)






























Fig. 8. Tectonic map of southwest Slovenia.

(Compiled by putting together materials gathered from various sources)

V naši interpretaciji smo na sl. 8 vrisali obe varianti (I in II). Glede na pomanjkanje dokazov sta v tej fazi raziskav obe enako verjetni čeprav podajamo razlago le za jugozahodno različico (I). Na slikah 2 in 2 a, kjer smo prikazali geološko zgradbo Nanosa, je na treh presekih (sl. 2 a) vrisana narivna ploskev hrušiškega pokrova. V preseku C se da lega narivnice določiti, na ostalih dveh presekih pa je konstruirana po strukturi karti narivne ploskve, ki smo jo izdelali v ta namen. Narivna ploskev vpada v splošnem proti severu in NNE; zato leži v presekih B in A njena presečna s profilno ravnino absolutno nižje kot v preseku C. Bistveno nižja lega presečnice v preseku A je verjetna tudi zato, ker je tu inverzija plasti v globini verjetno še vedno izražena. Po konstrukciji narivne ploskve na podlagi omenjenih predpostavk dobimo v preseku A njeno presečnico z zemljepisnim površjem dokaj daleč od Vipave, toda blizu Erzelja (sl. 2).

Potek narivne ploskve hrušiškega pokrova skozi Vipavsko dolino po jugozahodni inačici (I) je hipotetično konstruiran tudi iz prečnih in vzdolžnih presekov skozi jugozahodno Slovenijo na slikah 8 in 8 a. Ključni parameter v teh presekih je debelina hrušiškega pokrova, ki smo jo dokaj realno določili v vzdolžnem preseku A na sliki 8 a.

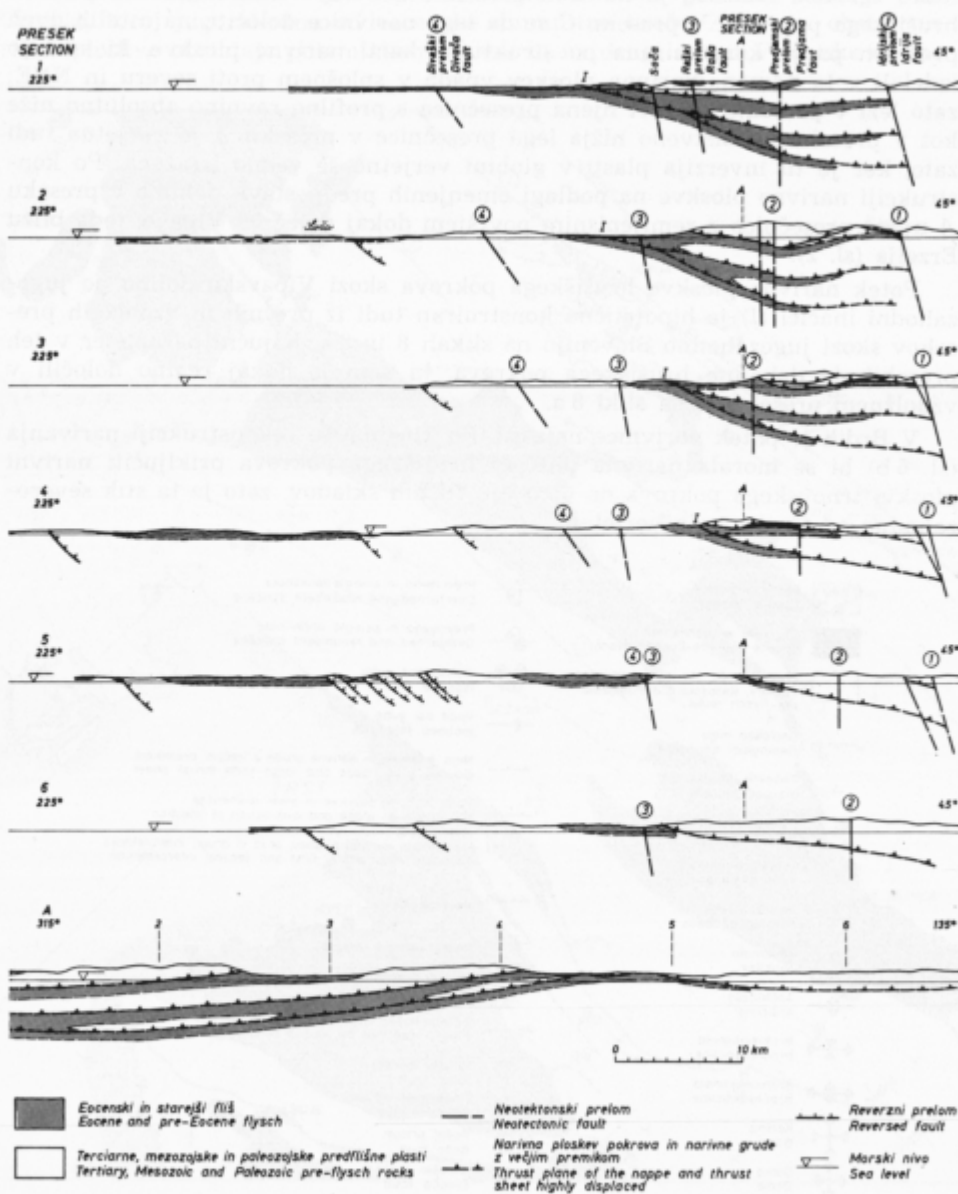
V Brdih je potek narivnice nejasen. Po kinematski rekonstrukciji narivanja (sl. 6 b) bi se morala narivna ploskev hrušiškega pokrova priključiti narivni ploskvi trnovskega pokrova na območju flišnih skladov, zato je ta stik severozahodno od Gorice zelo verjeten.

	Rečne naplavine Alluvial deposits		Prevrnjena in polegla sinklinala Overturned and recumbent syncline
	Eocenski in starejši fliš Eocene and pre-Eocene flysch		Prevrnjena in polegla antiklinala Overturned and recumbent anticline
	Predflišne Tc, Mz, in Pz kamnine Tertiary, Mesozoic and Paleozoic pre-flysch rocks		Izoklinalna guba Isocline
	Geološka meja Geological boundary		Vpad osi gube Inclined fold axis
	Poševne plasti Inclined bedding		Meja pokrova in narivne grude z večjim premikom Boundary of nappe and large-scale thrust sheet
	Horizontalne plasti Horizontal bedding		Vpad narivne ploskve in smer a-lineacije Dip of thrust plane and a-direction of lineation
	Vertikalne plasti Vertical beds		I II Hipotetična narivna ploskev; prva in druga interpretacija Assumed thrust plane; first and second interpretation
	Inverzne plasti Overturned beds		Reverzni prelom Reversed fault
	Sinklinala Syncline		Prelom; vertikalni, poševen Fault, vertical, oblique
	Antiklinala Anticline		Prekrit prelom Fault - concealed
	Brachisinklinala Brachysyncline		Fotogeološko določen prelom Fault - identified by means of photogeology
	Brachyantoclinala Brachyantocline		① Idrijski prelom Idrija fault
	Kotlina Basin		② Predjamski prelom Predjama fault
	Doma Dome		③ Raški prelom Raša fault
			④ Divački prelom Divača fault

Legenda k sl. 8

Explanation of fig. 8

Za naravno ploskev snežniške narivne grude velja enaka zakonitost; pri Hruševju zavije v fliš Pivške kadunje in se priključi narivni ploskvi hrušiškega pokrova verjetno nekje zahodno od Vipave. Drugod v jugozahodni Slo-



Sl. 8 a. Tektonski preseki skozi jugozahodno Slovenijo
Fig. 8 a. Tectonic sections through southwest Slovenia

veniji so strukturni elementi povzeti po osnovni geološki karti listov Gorica, Trst in Ilirska Bistrica. Po tem modelu se dá jugozahodna Slovenija tektonsko rajonizirati na podlagi učinkov narivne tektonike, ki predstavlja tektomorfološki element najvišjega reda. Neotektonske strukture, kot so npr. idrijski, predjamski, raški in divaški prelom, ter sekundarne strukture narivanja, kot npr. gube, so primerne le za rajonizacijo drugega reda. Tektonsko rajonizacijo jugozahodne Slovenije na podlagi narivov kaže slika 9. Novost v interpretaciji predstavlja le potek narivne ploskve trnovskega in hrušiškega pokrova ter snežniške narivne grude v flišu Brd, Vipavske doline in Pivške kačunje, medtem ko so bili vsi drugi strukturni elementi že objavljeni. Na podlagi narivov je del obravnavanega ozemlja rajoniziral tudi U. Premru (1980). Odnos med snežniško narivno grudo (snežniškim narivom) in hrušiškim pokrovom (snežniško-hrušiškim narivom) ter hrušiškim (snežniško-hrušiškim narivom) in trnovskim pokrovom (snežniško-žirovskim narivom) je rešil na podoben način, le da je nekoliko drugače potegnil traso narivnih ploskev v flišnih plasteh Pivške kačunje in Vipavske doline.

Seznanili smo se z vsemi enotami narivne zgradbe jugozahodne Slovenije, ki jih v vertikalnem zaporedju kaže slika 9. Sedaj bomo opisali njihov obseg in utemeljili njihovo poimenovanje.

Trnovski pokrov imenujemo enoto, ki jo je I. Mlakar (1969) imenoval žirovsko-trnovski pokrov, K. Grad in L. Ferjančič (1976) škofjeloško-trnovski pokrov, medtem ko je U. Premru (1980) v skladu s posebnim konceptom meje med Alpami in Dinaridi prvotno enoten nariv razdelil na snežniško-žirovski, cerkniško-žirovski, krmsko-žirovski in žirovski nariv. Vendar velikih struktur ne moremo imenovati po vseh geografskih območjih, ki jih obsega tektonska enota. Zato smo se odločili za prvotno ime v poenostavljeni obliki, čeprav ne ustreza povsem.

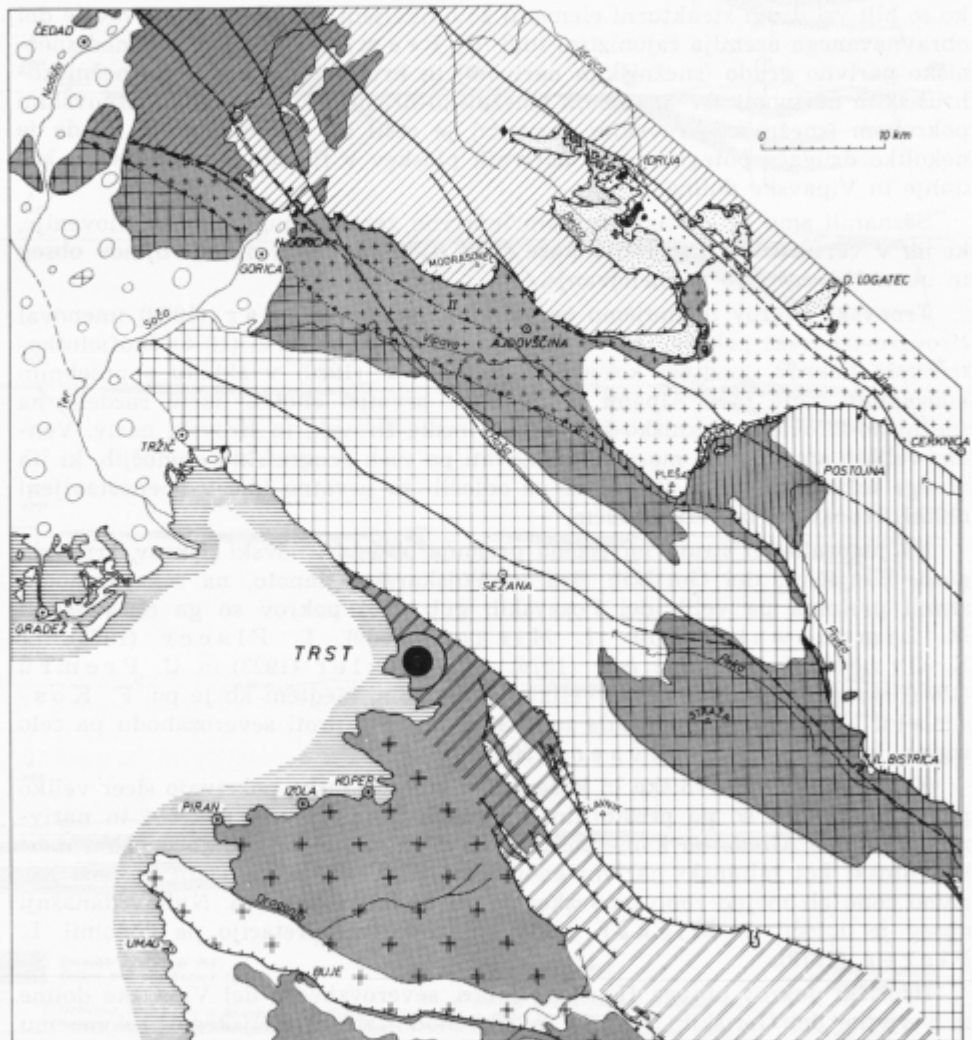
Na jugozahodni strani idrijskega preloma obsega trnovski pokrov Trnovski gozd, Banjščice, del Goriških Brd in Vojskarsko planoto, na severovzhodni strani preloma pa velik del Posavskih gub. Kot pokrov so ga obravnavali M. Limanowski (1910), I. Mlakar (1969), L. Placer (1973) ter K. Grad in L. Ferjančič (1976). A. Winkler (1923) in U. Premru (1980) sta ga imela za nariv z velikim premikom, medtem ko je po F. Kosmatu (1905, 1913) amplituda narivanja manjša, proti severozahodu pa celo izgine, kar je povzel S. Buser (1965, 1976).

Kanomeljska, čekovniška in koševniška vmesna luska pokrivajo sicer veliko površino, vendar so po prostornini majhne v primerjavi s pokrovi in narivnimi grudami. Glede na kameninsko sestavo in razvoj pripadajo v enaki meri krovninski kot talninski narivni enoti, zato jih obravnavamo kot vmesno narivno cono ali mejno cono trnovskega in hrušiškega pokrova. Njihov današnji obseg je določil I. Mlakar (1969), njegovo interpretacijo pa dopolnil L. Placer (1973).

Hrušiški pokrov obsega Hrušico, Nanos, severovzhodni del Vipavske doline in verjetno del Goriških Brd. Na severovzhodni strani idrijskega preloma mu pripada obsežno območje vzhodno in jugozahodno od Logatca. U. Premru (1980) je k snežniško-hrušiškem narivu prištel le območje jugozahodno od idrijskega preloma.

Suhovrška, debelovrška in bukovška vmesna luska imajo v primeri z drugimi naravnimi enotami neznaten obseg in pripadajo vmesni narivni coni ali mejni coni med hrušiškim pokrovom in snežniško narivno grudo. Genetsko pripadajo v enaki meri talninski in krovninski narivni enoti.

Snežniška narivna gruda obsega del Pivške kadunje, Postojnski Ravnik, Javornike, Snežniško pogorje in obsežno območje jugovzhodno od tod. Narivno obliko te enote so omenjali že G. Stache (1859), F. Kossmat (1913), A. Winkler (1923), D. Šikić in M. Pleničar (1975), S. Buser



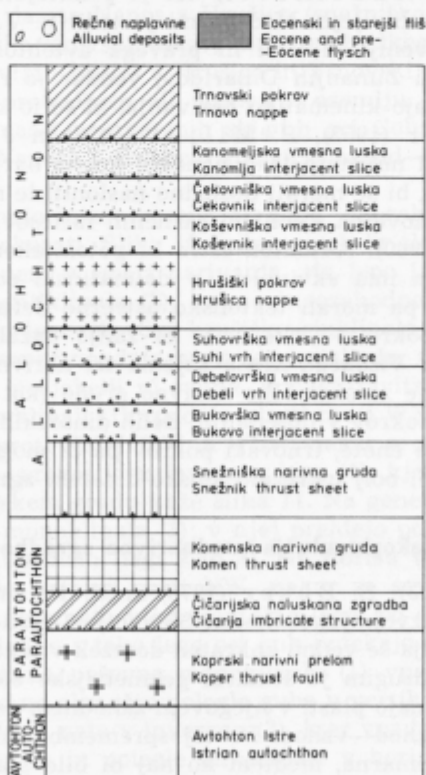
Sl. 9. Tektonska rajonizacija jugozahodne Slovenije

Fig. 9. Tectonic regions of southwest Slovenia

(1976) in U. Premru (1980). Po F. Kossmatu, D. Šikiću, M. Pleničarju in S. Buserju je intenziteta narivanja snežniške grude proti severozahodu vedno manj izrazita; A. Winkler je mislil, da nariv obkroža Pivško kadunjo po njenem jugozahodnem in severovzhodnem robu ter se priključi narivni ploskvi Nanosa in Hrušice pri Predjami. U. Premru je narivno ploskev snežniške narivne grude podaljšal mimo Hruševja do narivne ploskve hrušiškega pokrova pri Stranah.

Komenska narivna gruda zavzema tržaško-komenski antiklinorij, jugozahodno obrobje Vipavske doline, reški antiklinorij, čičarijsko antiklinalo in ozemlje jugovzhodno od tod. Doslej raziskovalci te tektonske enote niso imeli za narivno grudo, čeprav so menili, da so plasti tržaško-komenske planote in Čičarije porinjene na terciarne sklade tržaškega in severnoistrskega območja.

Čičarijska naluskana zgradba obsega naluskani pas starotercialnih skladov od Trsta mimo Črnega kala proti jugovzhodu, kot so opisali tudi M. Pleničar, A. Polšak, D. Šikić (1973); D. Šikić, M. Pleničar (1975) in S. Buser (1976). Genetsko predstavlja čičarijska naluskana zgradba vmes-



Legenda k sl. 9

Explanation of fig. 9

no narivno cono ali mejno cono med komensko narivno grudo in krovninsko grudo koprskega narivnega preloma.

Krovninska gruda koprskega narivnega preloma zavzema terciarno območje severne Istre (tržaška paleogena kadunja) in kredne sklade jugovzhodno od Savudrije.

Avtohton Istre obsega območje južno od preloma, ki poteka od Lambratije mimo Buj in Oprtlja dalje proti jugovzhodu.

Kljub izrazitim narivnim enotam v jugozahodni Sloveniji imajo dosedanja in naša poimenovanja le lokalni pomen, saj so pokrovi, narivne in krovninske grude v jugozahodni Sloveniji del dinarskih megatektonskih enot, ki so okvirno že poimenovane.

Na prvi pogled bi utegnili pomisliti, da novo poimenovanje otežuje sporazumevanje. Vendar menimo nasprotno, da bo pripomoglo k jasnejši genetski razčlenitvi narivne zgradbe, ki je še preveč formalna. Če bi problematiko osvetlili s širšega zornega kota in vključili tiste avtorje, ki so v okviru regionalne rajonizacije nekoliko določeneje obdelali tudi jugozahodno Slovenijo (L. Kober, K. V. Petković, B. Sikošek, W. Medwenitsch, P. Miljuš, J. Aubouin in M. Anđelković) ter jo primerjali z našo, bi ugotovili, da se pogledi dokaj razlikujejo. Med vsemi je trdil le J. Aubouin (1977), da v jugozahodni Sloveniji in Istri ni pravega avtohtona. Vsi avtorji so si edini o narivni zgradbi Zunanjih Dinaridov, vendar jo različno razčlenjujejo, različno pa tudi razlagajo kinematiko narivanja, ki so jo sicer dokaj shematsko prikazali le L. Kober (1952), P. Miljuš (1976) in J. Aubouin (1976).

Če bi hoteli privzeti nekatera tradicionalna imena narivnih enot, kot so jih uvedli dinarski geologi, bi se morali dosledno nasloniti le na čisto narivno rajonizacijo, ki ni vedno istovetna s conami različnih faciesov, kar je lepo prikazal tudi U. Premru (1980). Avtohton Istre bi potemtakem ohranil to oznako, koprski narivni prelom ima ekvivalent v dalmatinski coni M. Anđelkovića (1978), ki bi jo pa morali tektonsko ustrezno definirati. Komenska narivna gruda ustreza pokrovu Učke, zato bi zanjo kazalo uvesti ime učkina narivna gruda. Pokrov Visokega krasa zajema tri narivne enote, zato bi bilo smiselno privzeti to ime za snežniško narivno grudo (kot narivna gruda Visokega krasa). Hrušiški pokrov v dosedanjih delih dinarskih geologov nima jasno definirane ekvivalentne enote, trnovski pokrov pa bi mogel obdržati svoje ime ali prevzeti drugo, če bi bolj ustrezalo alpsko-dinarski zgradbi.

Rekonstrukcija prednarivne zgradbe

A. Winkler (1923), S. Buser (1976) in U. Premru (1980) so podali obrise kinematskega razvoja jugozahodne Slovenije z različnih vidikov. A. Winklerjevo delo predstavlja še vedno enkratni dosežek v tektonskem raziskovanju našega ozemlja. Med drugim je študiral geometrijske elementne zgradbe Trnovskega gozda, kjer imajo plasti v njegovem zahodnem delu smer NNW—SSW, v jugovzhodnem pa zahod—vzhod. Po tej spremembi smeri je sklepal, da je smer zahod—vzhod primarna, medtem ko naj bi bile plasti v zahodnem delu zasukane v sedanjo lego. Mehanizem je razložil z rotacijo starejše narivne grude okoli pokončne osi severozahodno od Gorice. Pri tem naj bi bile spremenile lego le plasti zahodno, oziroma severozahodno od črte Podnanos—Stol v Kara-

vankah, ki jo je imenoval pregibna os. A. Winklerjeva ideja sloni potemtakem na zasuku Trnovskega gozda, medtem ko naj bi bili narivni grudi Nanosa s Hrušico in snežniškega območja zasnovani v predpregibni dobi. Njuna lega predstavlja avtohtono dinarsko smer nasproti avtohtoni alpski smeri (avtohtoni pregib), ki jo je imel prvotno Trnovski gozd.

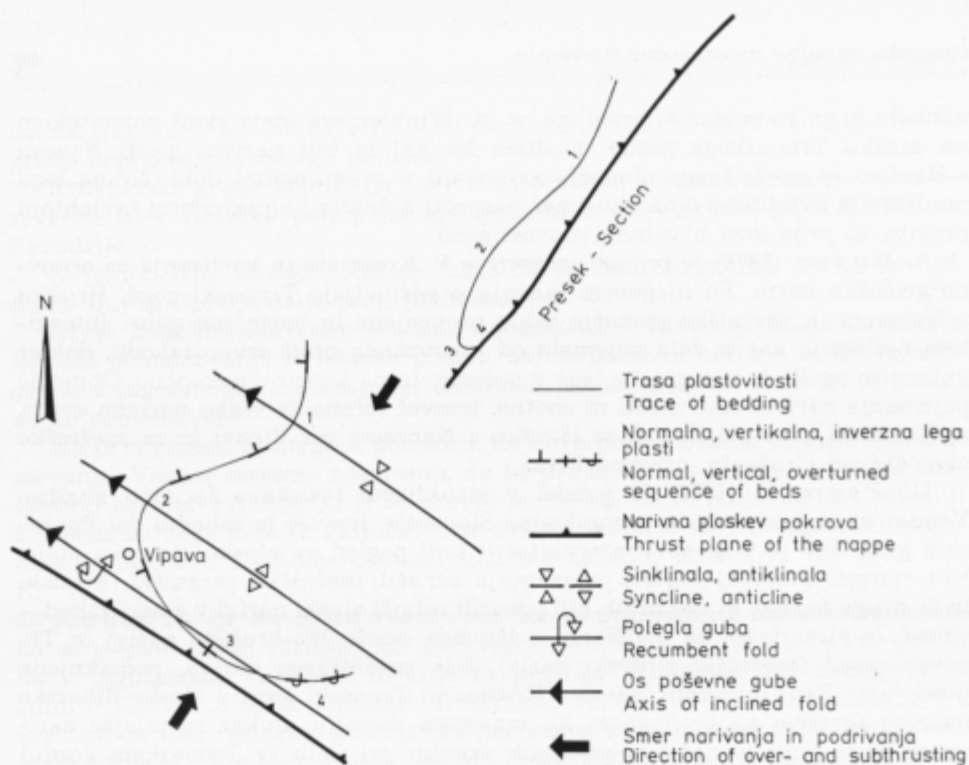
S. B u s e r (1976) je povzel ugotovitve F. Kossmata in kartiranja za osnovno geološko karto. Po njegovem mnenju predstavljajo Trnovski gozd, Hrušica z Nanosom in snežniško območje rahlo prevrnjene in narinjene gube. Intenziteta narivanja naj bi bila pojemale od jugovzhoda proti severozahodu, dokler gube niso prešle iz prevrnjene lege v poševno in na koncu v pokončno. Območje pojemanja narivne aktivnosti ni enotno, temveč ločeno za vsako narivno enoto, za Trnovski gozd pri Gorici, za Hrušico z Nanosom pri Vipavi in za snežniško območje pri Hruševju, oziroma Pivki.

U. P r e m r u (1980) je uvedel v strukturne raziskave facialno analizo. Vendar ni obdelal celotne jugozahodne Slovenije, temveč le zahodni del Posavskih gub. Nov je v njegovi interpretaciji tudi pogled na alpsko-dinarsko mejo. Kot starejši dinarski narivni element je označil snežniški, cerkniški, krimski in še druge narive, ki naj bi jih bili prekrili mlajši alpski narivi v smeri zahod—vzhod, in sicer tako, da sta Nanos s Hrušico (snežniško-hrušiški nariv) in Trnovski gozd (snežniško-žirovski nariv) dela snežniškega nariva, pomaknjena proti jugu. Zato je uvrstil Nanos s Hrušico in Trnovski gozd v alpsko-dinarsko narivno zgradbo na prehodnem ali vmesnem ozemlju. Dokaz za mlajše narivanje proti jugu je našel v inverznih skladih pri Colu (v Trnovskem gozdu) in nad Predjamo (v Nanosu s Hrušico) s smerjo zahod—vzhod in vpadom proti severu.

Da bi utemeljili našo interpretacijo zgradbe jugozahodne Slovenije, jo moramo geometrijsko dokazati. Slika 10 kaže presek in tloris Nanosa in Hrušice. V preseku, postavljenem v smeri narivanja, sta lepo izraženi hrušiška sinklinala (1) in nanoška antiklinala (2), katere jugozahodno krilo prehaja v vertikalno (3) in inverzno lego (4). Osi hrušiške sinklinala in nanoške antiklinala nista horizontalni, temveč vpadata proti severozahodu, zato trasa poljubne plastnice v horizontalni projekciji ni ravna, temveč zavita, kot vidimo na tlorisu (sl. 10). V hrušiški sinklinali (1) vpadajo plasti proti WNW, NW in NNW, v nanoški antiklinali (2) proti NNW, NW in WSW, nakar se prek vertikalne lege (3), ki ima smer osi gub, prevesijo v inverzno lego (4), kjer vpadajo proti severu.

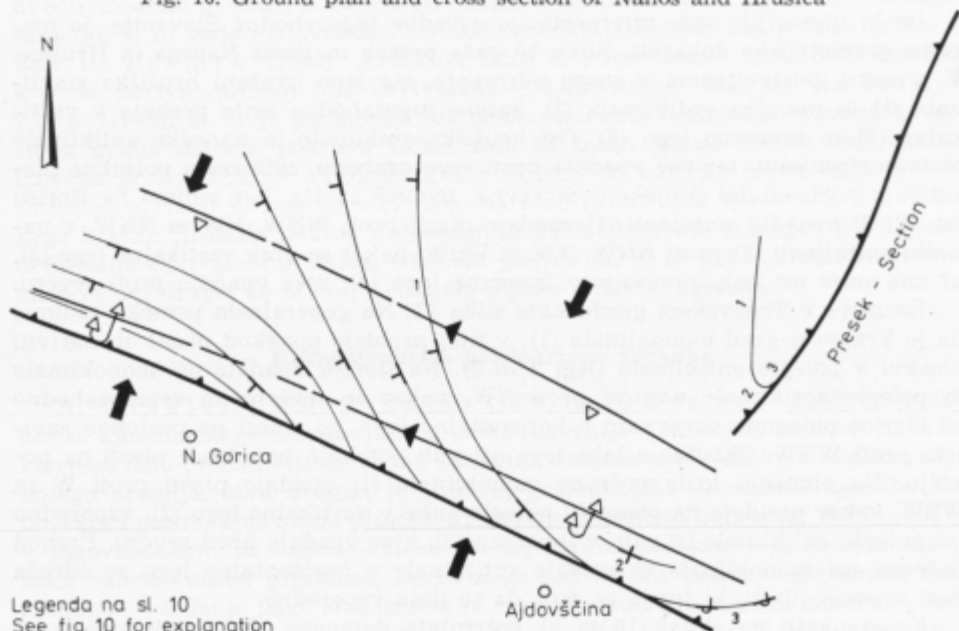
Razmere v Trnovskem gozdu kaže slika 11. Na generalnem preseku vidimo, da je Trnovski gozd monoklinala (1); v njej preidejo ponekod plasti ob narivni ploskvi v poleglo antiklinalo (legi 2 in 3). Na tlorisu vpadata osi monoklinala in poleglo antiklinala najprej proti NW, nakar se severno in severozahodno od Gorice polagoma izravnata v horizontalno lego, po smeri pa postopno zavijeta proti WNW. Skladno s tako lego osi gub potekajo tudi trase plasti na površju. Na območju krila poševne monoklinala (1) vpadajo plasti proti W in WSW, nakar preidejo na območju poleglo gube v vertikalno lego (2), vzporedno osi poleglo antiklinala in nato v inverzno (3), kjer vpadajo proti severu. Prehod poševne osi monoklinala in poleglo antiklinala v horizontalno lego se odraža tudi v smeri plasti, ki težijo za tem, da so jima vzporedne.

Konstrukciji na slikah 10 in 11 potrjujeta domnevo, da je bilo narivanje v jugozahodni Sloveniji enoten proces. Na videz različni geometrijski efekti,



Sl. 10. Tloris in presek Nanosa in Hrušice

Fig. 10. Ground plan and cross section of Nanos and Hrušica



Legenda na sl. 10
 See fig 10 for explanation

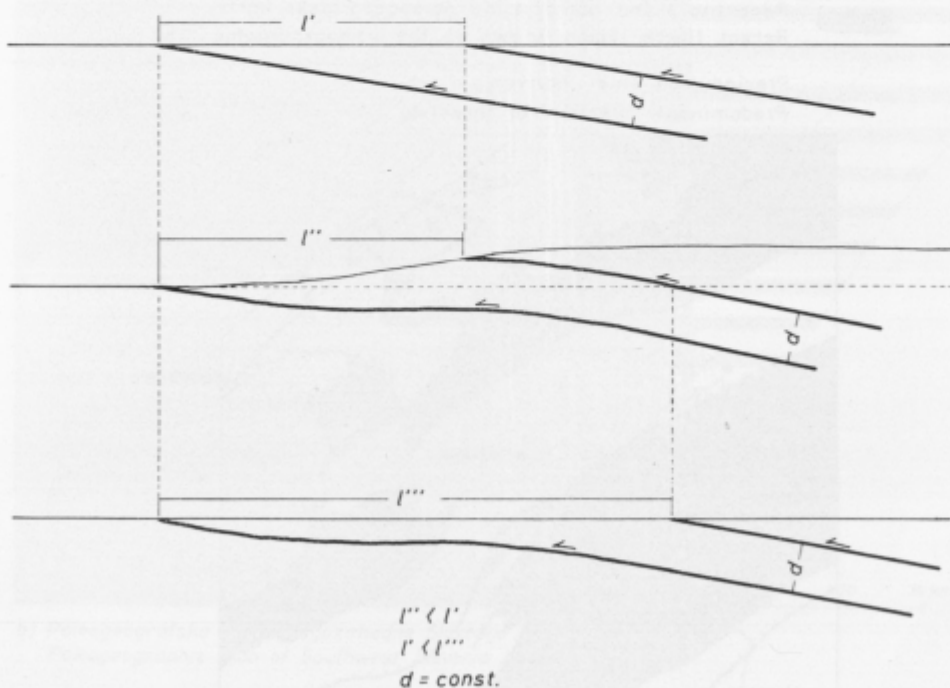
Sl. 11. Tloris in presek Trnovskega gozda, Banjščice in Brd

Fig. 11. Ground plan and cross section of Trnovski gozd, Banjščice and Brda

ki se odražajo v sedanji zgradbi, so nastali pri sinhronih in ponarivnih deformacijah. Zato ne more veljati Winklerjeva hipoteza o rotaciji Trnovskega gozda, saj so njegove plasti nasproti Nanosu s Hrušico v enakem strukturnem odnosu kot plasti Nanosa s Hrušico do snežniške enote. Buserjevo mnenje o pojema-jočem narivanju ni sprejemljivo iz istih razlogov in z vidika dinamike. Prav tako ne ustreza ideja Premruja o naknadnem narivanju Hrušice, Nanosa in Trnovskega gozda proti jugu.












Zanimivo je, da je I. Mlakar (1969) pri določanju dolžine nariva Trnovskega gozda podvomil v obstoj Winklerjeve »fiksne točke« severozahodno od Gorice, saj znaša v preseku 12 km zahodno od tod premik Trnovskega gozda najmanj 18 km. Po njegovem mnenju se narivna ploskev Trnovskega gozda skoraj gotovo nadaljuje v flišnih plasteh proti zahodu in loči eocenske sklade žirovsko-trnovskega pokrova (trnovskega pokrova) od enako starih kamenin goriško-vipavske flišne cone. V prid tej domnevi naj bi govorilo luskanje med krednimi in eocenskimi skladi nad Solkanom, ki ga je omenil že A. Winkler (1923).

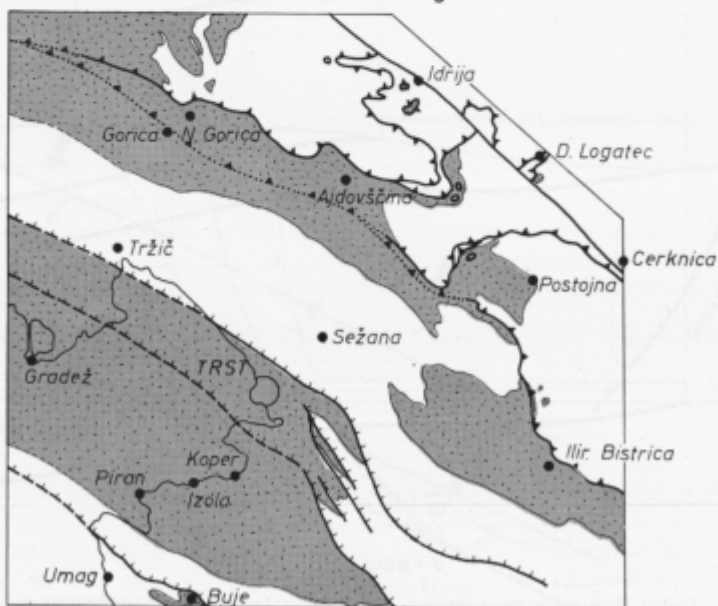
V geološki zgradbi jugozahodne Slovenije se kaže še en zanimiv geometrijski element. Po sliki 8 potekata narivnici komenske in snežniške narivne grude približno v smeri NW—SE, narivni ploskvi hrušiškega in trnovskega pokrova pa v prvem primeru na območju Razdrtega in v drugem, na območju Cola



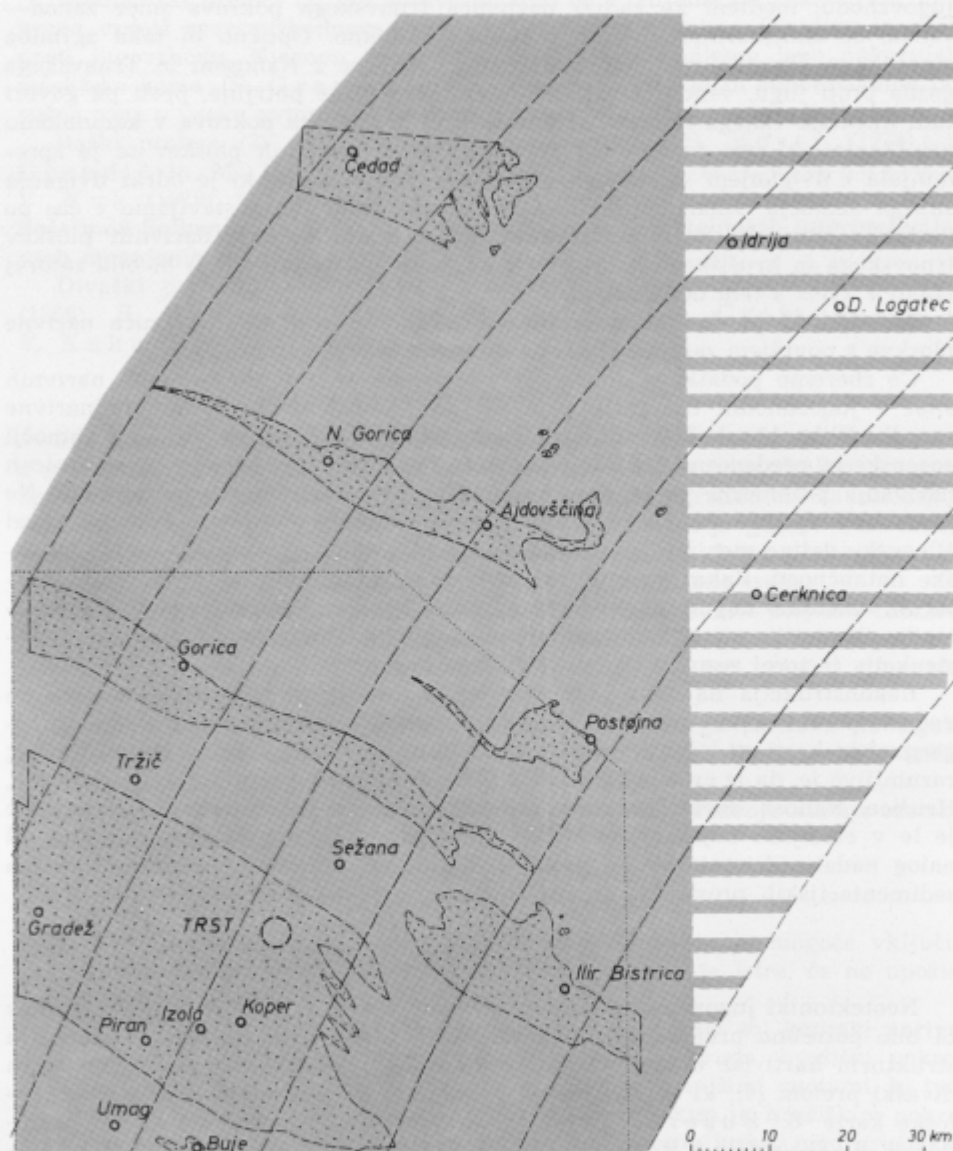
Sl. 12. Vpliv dviganja in sočasne erozije na lego položne narivne ploskve

Fig. 12. Gently inclined thrust plane affected by upwarping and simultaneous erosion

-  Fliš
Flysch
-  Terciarne, mezozojske in paleozojske predflišne kamenine
Tertiary Mesozoic, and Paleozoic pre-flysch rocks
-  Flišna sedimentacija v eocenski in predeocenski dobi
Flysch deposition in the Eocene epoch and pre-Eocene time
-  Verjetna flišna sedimentacija v eocenski in predeocenski dobi
Supposed flysch deposition in the Eocene epoch and pre-Eocene time
-  Idrijski prelom
Idrija fault
-  Meja pokrova in narivne grude z večjim premikom
Boundary of large-scale nappe and thrust sheet
-  Hipotetična narivna ploskev
Assumed thrust plane
-  Reverzni prelom
Reversed fault
-  Vidna, prekrita geološka meja
Geologic boundary, visible, concealed
-  Recentno flišno območje na paleogeografski karti
Recent flysch region shown on the paleogeographic map
-  Prevladujoča smer narivanja
Predominant direction of thrusting



a) Sedanja geološka zgradba jugozahodne Slovenije
Recent geological features of Southwest Slovenia



b) Paleogeografska karta jugozahodne Slovenije pred narivanjem
 Paleogeographic map of Southwest Slovenia before thrusting

Sl. 13. Rekonstrukcija prednarivne zgradbe jugozahodne Slovenije

Fig. 13. A representation of the original structure of southwest Slovenia

zavijeta generalno proti vzhodu. Narivnica hrušiškega pokrova obkroži Pivško kadunjo in Postojnski Ravnik ter zavije nato ob idrijskem prelomu proti jugovzhodu, medtem ko zadrži narivnica trnovskega pokrova smer zahod—vzhod, če zanemarimo idrijsko tektonsko polokno. Optično bi taka zgradba govorila za Premrujevo idejo o narivanju Hrušice z Nanosom in Trnovskega gozda proti jugu, vendar strukturna analiza tega ne potrjuje, proti pa govori tudi lineacija višjega reda v narivni ploskvi hrušiškega pokrova v kamnolomu pri Planini, ki ima jasno smer NE—SW. Smer narivnih ploskev se je spreminjala z dviganjem vzhodnega obravnavanega ozemlja, ki je odraz dviganja širšega območja Dinaridov in hkratne erozije. Dviganje postavljamo v čas po nastanku dinarske narivne zgradbe. Subhorizontalna lega narivnih ploskev trnovskega in hrušiškega pokrova ter snežniškega nariva (sl. 7) bi bila zatorej lahko v zvezi s tem dogajanjem.

Na sliki 12 je shematično prikazano, kako se odmika presečna narivne ploskve s površjem zaradi sočasnega dviganja ozemlja in erozije.

Če zberemo podatke o dolžini in smeri narivanja ter o velikosti narivnih enot v jugozahodni Sloveniji, pridemo do rekonstrukcije njene prednarivne zgradbe Slika 13 a kaže strukturno karto sedanjega stanja z vrisanimi območji eocenske in predeocenske flišne sedimentacije, na sliki 13 b pa so ob smernicah narivanja posamezne enote narivne zgradbe premaknjene v prvotno lego. Ne glede na stopnjo natančnosti trase narivne ploskve hrušiškega pokrova skozi Vipavsko dolino menimo, da je odstopanje od resničnega stanja v mejah geološke natančnosti. Zakaj so smernice narivanja ukrivljene, sedaj ne bomo razlagali, omenimo naj le, da smo vzporedno s študijem narivne zgradbe jugozahodne Slovenije preučevali tudi zgradbo Alp in Dinaridov; priložena rekonstrukcija je torej rezultat obdelave širšega prostora.

Rekonstrukcija na sliki 13 b kaže na to, da se je fliš usedal na znatno večjem prostoru, kot moremo sklepati z današnje geološke karte. Na paleogeografski karti so ločena območja zanesljive in verjetne flišne sedimentacije; razumljivo je, da je erozija odstranila fliš z dvignjenih delov Trnovskega gozda, Hrušice, Nanosa, snežniške enote, Logaške planote in še drugod. Ohranil se je le v erozijsko najmanj izpostavljenih legah in v jedrih sinklinal. Ena od nalog nadaljnjih raziskav je, preučiti migracijo flišne sedimentacije z vidika sedimentacijskih prostorov, erozije in narivne tektonike.

Neotektonika

Neotektoniki jugozahodne Slovenije nismo posvetili posebne pozornosti, ker bi bilo potrebno prej ozemlje ponovno kartirati in fotogeološko obdelati. Na strukturni karti (sl. 8) smo vrisali le idrijski (1), predjamski (2), raški (3) in divaški prelom (4), ki so regionalno pomembni po interpretaciji osnovne geološke karte S. Buserja (1976), po satelitskih posnetkih, kot so jih posredovali S. Grandić in M. Hanich (1976) ter M. Oluić, D. Cvijanović in V. Kuk (1978) ter po lastnih opazovanjih.

Idrijski prelom (1) poteka severozahodno od Kalce po znani trasi, nakar jugovzhodno od tod zavije na severovzhodno obrobje Planinskega polja in gre naprej mimo Cerknice (M. Oluić, D. Cvijanović & V. Kuk, 1978). Jugozahodno stran Planinskega polja obrobja spremljajoči prelom, ki bi bil

po ustni izjavi J. Čarja lahko zálin. Nanj se pri Planini prisloni narivna ploskev hrušiškega pokrova.

Predjamski prelom (2) gre severozahodno od Predjame po znani trasi, nato krene vzdolž severovzhodnega roba Pivške kadunje, mimo Postojne in dalje proti jugovzhodu. Njegovo traso jugovzhodno od Predjame lepo nakazuje satelitska karta (S. Grandić in M. Hanich, 1976) in subvertikalna porušna cona v useku avtomobilske ceste tik nad železniško postajo v Postojni.

Raški prelom (3) so skoraj enako interpretirali S. Buser (1976), S. Grandić in M. Hanich (1976) ter M. Oluić, D. Cvijanović in V. Kuk (1978). V naši interpretaciji smo upoštevali tudi varianto po dolini Soče med Solkanom in Plavami, ker je nakazana na satelitskih interpretacijah vseh omenjenih avtorjev.

Divaški prelom (4) je povzet po osnovni geološki karti, I. Rakovcu (1956), S. Buserju (1976) ter M. Oluiću, D. Cvijanoviću in V. Kuku (1978).

Problematika

Jugozahodna Slovenija skriva še obilo strukturnih vozlov, ki so v zvezi z geometrijo, kinematiko in dinamiko deformacij. Zato smo skušali postaviti ogrodje za reševanje tovrstnih problemov narivne zgradbe in za nadaljnje strukturne ter druge raziskave, potrebne za interpretacijo geneze deformacij. Podlaga zanj je, seveda, dobro poznavanje biostratigrafskega in sedimentološkega razvoja zaporedja sedimentov. V nadaljnjem bi bilo treba:

1. dopolniti kinematski model narivnih deformacij, kamor štejemo tudi določitev vertikalnega izteka krivulje narivanja na sliki 6c, izdelati podobne diagrame za osrednji del Dinaridov in Vzhodnih Alp ter preučiti dinamske vzroke narivanja.

2. natančneje strukturno določiti razmerje trnovskega pokrova do alpske narivne zgradbe, in sicer v smislu splošnih ugotovitev U. Premruja (1980) o naravi alpsko-dinarske meje.

Šele nato bo možno pojasniti vlogo tektonike plošč v razvoju našega ozemlja v sklopu Alp in Dinaridov.

Sklep

1. V koncept narivne zgradbe jugozahodne Slovenije je mogoče vključiti večino deformacij severovzhodno od avtohtonega ozemlja Istre, če ne upoštevamo neotektonskih problemov.

2. Večje enote narivne zgradbe jugozahodne Slovenije so: koprski narivni prelom, komenska narivna gruda, snežniška narivna gruda, hrušiški pokrov in trnovski pokrov. Večje narivne enote so ločene z manjšimi enotami, ki tvorijo vmesne narivne cone ali mejne cone. Med trnovskim in hrušiškim pokrovom leži kanomeljska, čekovniška in koševniška vmesna luska; med hrušiškim pokrovom in snežniško narivno grudo suhovrška, debelovrška in bukovška vmesna luska; med komensko narivno grudo in krovninsko grudo koprškega narivnega preloma pa čičarijska naluskana zgradba. Mejne strukture med snežniško in komensko narivno grudo so zelo verjetne, vendar jih na osnovni geološki karti nismo mogli označiti.

Geological structure of southwestern Slovenia

Summary

Slovenia is an interesting country as seen from the aspect of the Alpine-Dinaric intervening space. The transitional character of the land appears to be reflected also from its southwestern province. A characteristic feature of southwestern Slovenia is thrust faulting. Of special interest are the arrangement and disposition of the rocks at Gorica, Vipava, and Hruševje. There, flysch occurs in the hanging wall as well as in the footwall of the thrust fault. The first to devote attention to these structure was F. K o s s m a t (1905, 1913). According to his interpretation the structures of Trnovo Forest, Hrušica—Nanos, and Snežnik would be recumbent folds thrust forward from southeast to northwest. He believed that the initial powerful pressure had gradually been relieved in this direction and therefore the overturned beds appeared to have come into oblique and even vertical position. The zones of the decreasing tectonic activity would be at Gorica, Vipava, and Pivka covering the tectonic units of Trnovo Forest, Hrušica—Nanos, and Snežnik, respectively. Later S. B u s e r, K. G r a d & M. P l e n i č a r took the same explanation (1967).

A. W i n k l e r observed different directions of the beds of Trnovo Forest: NNW—SSE in northwestern part, and W—E in southeastern part. He considered the W—E direction to be the original Alpine direction, whereas the NNW—SSE direction would have been caused by rotation. The thrust sheet should have turned on its vertical axis northwest of Gorica.

A new conception of the Alpine-Dinaric relations was apprehended by U. P r e m r u (1980): from the facies sequences on can conclude that the Dinaric NW—SE thrusting preceded the Alpine W—E overriding movements. The tectonic units of Nanos—Hrušica and Trnovo Forest are considered to be parts of the Snežnik thrust sheet displaced toward the south. The overturned beds of Trnovo Forest at Col and those of Nanos—Hrušica at Predjama have the direction W—E and dip toward the north. Such relations would show a younger character of the thrusting toward the south.

As neither the amount nor the direction of displacements have ever been examined an attempt has now been made to determine the geometric pattern of tectonic movements. The Nanos anticline and the Hrušica syncline have the same strike and dip of their axes: 304/26 (fig. 1). Similar values show the folds in the footwall (Snežnik area) and hanging wall (Trnovo Forest) of the thrust fault between Postojna and Predjama. Thus a frontal overthrust toward the southwest is in question. Consequently, neither the interpretation of recumbent fold supported by F. K o s s m a t and S. B u s e r, nor the interpretation by A. W i n k l e r involving the rotation, nor the explanation given by U. P r e m r u supposing the thrusting toward the south of both Trnovo Forest and Nanos-Hrušica is correct.

Geological map (fig. 2) shows the main elements of the Nanos structure. Of the neotectonic faults only the Predjama fault is given. The thrust plane of the Hrušica nappe does not end in the southwestern slope of Nanos but continues in the flysch of the Vipava valley. Accordingly the flysch from the hanging wall and footwall of the thrust fault approach each other at Vipava.

Recent geological features result from the anticlinal and synclinal axes inclined northwestward, and from the thrust plane dipping northward and north-north-eastward. Likewise the junction of the intersecting plane and thrust plane dips toward northwest. This interpretation is illustrated by the geological sections in figure 2 a. Both the anticlinal axis of Nanos and the crest of the recumbent anticline plunge northwestward. Thereby the beds appear to be normal at Vipava, vertical at Podnanos and overturned at Razdrto.

In the Nanos thrust the Upper Triassic, Jurassic, and Cretaceous beds are underlain by the Eocene flysch. At Vipava the flysch of the hanging wall and of the footwall of the thrust are of the same age. Therefore an erosion thrust is in question, and the thrusting is to be ranged into late Eocene or Post-eocene time.

In order to draw up a kinematic model proper for thrusting in Southwest Slovenia, distances and directions of displacements relative to particular structural units should be considered. An important part in the geologic structure play the so-called interjacent slices which occur between the large-scale nappes. Their appearance seems to suggest that they result from failure of large-scale tectonic units. The displacement of Trnovo Forest is the sum of the displacements of the Koševnik, Čekovnik, and Kanomlja interjacent slices in the following way:

Trnovo nappe — Kanomlja interjacent slice	1 km
Kanomlja interjacent slice — Čekovnik interjacent slice	9 km
Čekovnik interjacent slice — Koševnik interjacent slice	10 km
Koševnik interjacent slice — Hrušica nappe	9 km
<hr/>	
Trnovo nappe — Hrušica nappe	29 km

Along the southern margin of Nanos and Hrušica the thrust structure becomes rather intricate as some interjacent slices occur bounded by neotectonic faults. They are Debeli vrh, Suhi vrh, and Bukovo interjacent slices. The first consists of Lower Cretaceous and Upper Cretaceous, the second of Lower Cretaceous, and the third of Upper Cretaceous rocks. The displacement of the Nanos and Hrušica unit, named Hrušica nappe, was determined in the following way (fig. 3 b):

Hrušica nappe — Suhi vrh interjacent slice	2 km
Suhi vrh interjacent slice — Debeli vrh interjacent slice	3 km
Debeli vrh interjacent slice — Bukovo interjacent slice	7 km
Bukovo interjacent slice — Snežnik thrust sheet	4 km
<hr/>	
Hrušica nappe — Snežnik thrust sheet	16 km

In the same manner determined thrust length of Snežnik thrust sheet and Komen thrust sheet is seven kilometres (fig. 5).

The Komen thrust sheet is translated over the hanging wall of the Koper thrust fault along the Čičarija imbricate structure. The distance travelled is estimated to be three kilometres.

Considering the entire displacement of the Trnovo nappe we also have to take into account the movement which is due to folding and amounts to 1—3 kilometres. Thereafter the Trnovo nappe has been driven for 65.7 kilometres over Istrian autochthon. Its displacement is the sum of the following movements:

Trnovo nappe — Hrušica nappe	29 + 3 = 32 km
Hrušica nappe — Snežnik thrust sheet	16 + 3 = 19 km
Snežnik thrust sheet — Komen thrust sheet	7 + 3 = 10 km
Komen thrust sheet — hanging wall of the Koper thrust fault	3 + 1 = 4 km
Koper structure — Istrian autochthon	0.7 km
<hr/>	
Trnovo nappe — Istrian autochthon	65.7 km

The mechanism of thrusting illustrated in view of kinematics is seen in fig. 6. The thicknesses of the thrust units are taken from the longitudinal tectonic sections (fig. 8 a), and the dispositions of the thrust planes from the relations of root structures being explained by the above examples. The most steeply inclined fault-planes are those of the Koper thrust fault and Čičarija imbricate structure. They amount to 40° — 70° . The thrust plane within the Carboniferous beds appears, however, to be parallel to the bedding. Therefore, the original thrust plane should have been concave. The figures 6 a and 6 b do not agree with the true geological conditions as no paleogeographic and paleosedimentologic features have been taken into account (fig. 6 a), and the thrust-planes (fig. 6 b) are not drawn properly (in recent position). More important is the conclusion of the analysis shown by the diagram of tectonic movements (fig. 6 c). The exponential function depends on and varies with the thicknesses of the tectonic units and the distances of their thrusting. The law to which thrusting conforms is clearly seen from the diagram. The tectonic movement should still be examined from the viewpoint of dynamics.

According to the tectonic map (fig. 8) drawn on the base of kinematic analysis the thrust units do not end in the flysch but continue toward the north-west. This is what makes our map different from the previous geological maps. Mostly the traces of the thrust-planes could be clearly recognized except in the Hrušica nappe where two alternatives exist, the first along the south-western margin of the Vipava flysch basin and the second along the north-eastern margin.

Literatura

- Andelković, M. 1978, Tektonska rajonizacija Jugoslavije. Zbornik radova, 9. kongres geologa Jugoslavije, 7—13, Sarajevo.
- Aubouin, J. 1977, Brève présentation de la géologie de la Grèce. Bull. Soc. géol. France 1, XIX, 6—10, Paris.
- Bertrand, M. 1898, Le bassin crétacée de Fuveau et le bassin houiller du Nord. Annales des Mines 9, 14, 1—85, Paris.
- Buser, S. 1965, Geološke razmere v Trnovskem gozdu. Geogr. vestnik 37, 123—135, Ljubljana.
- Buser, S. 1968, Osnovna geološka karta SFRJ, list Gorica, 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.

- Buser, S. 1972, Geologija Slovenskega primorja. Ekскурzije, 6. kongres speleologov Jugoslavije, 3—9, Postojna.
- Buser, S. 1973, Tolmač lista Gorica, Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Buser, S. 1976, Tektonska zgradba južnozahodne Slovenije. 8. jugoslovanski geološki kongres, Geotektonika-Geofizika 3, 45—58, Ljubljana.
- Buser, S., Grad, K. & Pleničar, M. 1967, Osnovna geološka karta SFRJ, list Postojna 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Buser, S., Drobne, F. & Gospodarič, R. 1976, Geology and hydrogeology. Underground water tracing, Investigations in Slovenia 1972—1975, 27—38 Institut Karst Research, Ljubljana.
- Buser, S. & Pavšič, J. 1978, Pomikanje zgornjekrednega in paleogenskega flišnega bazena v zahodni Sloveniji. Zbornik radova, 9. kongres geologa Jugoslavije, 74—81, Sarajevo.
- Čar, J. & Juren, A. 1980, Šmihelska tektonska krpa. Geologija 23/2, 279 do 283, Ljubljana.
- Engel, W. 1970, Die Nummuliten-Breccien im Flyschbecken von Ajdovščina in Slowenien als Beispiel karbonatischer Turbidite. Verh. Geol. B.-A. 4, 570—582, Wien.
- Gospodarič, R. 1976, Razvoj jam med Pivško kotlino in Planinskim poljem v kvartarju. Acta carsologica 7/1, 5—139, Ljubljana.
- Grad, K. & Ferjančič, L. 1976, Tolmač lista Kranj, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Grandić, S. & Hanich, M. 1976, Neke karakteristike satelitskih ERTS-1 snimaka i primjer njihovog korištenja u tektonskoj analizi jednog dijela SFR Jugoslavije. 8. jugoslovanski geološki kongres, Geotektonika-Geofizika 3, 73—86, Ljubljana.
- Kober, L. 1952, Leitlinien der Tektonik Jugoslawiens. Posebna izdaja SAN, Geol. inst. 3, Beograd.
- Kossmat, F. 1905, Erläuterungen zur geologischen Karte der Oesterr.-Ungar. Monarchie, Haidenschaft und Adelsberg, Wien.
- Kossmat, F. 1906, Das Gebiet zwischen dem Karst und dem Zuge der Julischen Alpen. Jb. Geol. R.-A., 259—276, Wien.
- Kossmat, F. 1913, Die adriatische Umrandung in der alpinen Faltenregion. Mitt. Geol. Ges., 61—165, Wien.
- Limanowski, M. 1910, Wielkie przemieszczenia mas skalnych w Dynarydach kolo Postojny. Razpr. Wydz. matem.-przyr. Akad. Umiej. III, 10, 109—171, Krakow.
- Miljuš, P. 1976, Osnovne crte geološke gradnje Dinarida i evolucija eugeosinklinale. 8. jugoslovanski geološki kongres, Geotektonika-Geofizika 3, 139—156, Ljubljana.
- Mlakar, I. 1969, Krovna zgradba idrijsko žirovskega ozemlja, Geologija 12, 5—72, Ljubljana.
- Oluić, M., Cvijanović, D. & Kuk, V. 1978, Tektonika i seizmička aktivnost sjeverozapadne Jugoslavije i dijela Italije. Zbornik radova, 9. kongres geologa Jugoslavije, 242—249, Sarajevo.
- Palese, G. 1922, Carta geologica della Venezia Giulia, zona settentrionale, 1:200 000. Società alpina delle Giulie.
- Petković, K. V. 1938, Osnovi tektonske geologije. Kreditna i pripomočna zadruga geol. društva, Beograd.
- Petković, K. V. 1958, Tektonischer Bau der Dinariden Jugoslawiens. Jb. Geol. B.-A. 101, 1, 1—24, Wien.
- Placer, L. 1973, Rekonstrukcija krovne zgradbe idrijsko-žirovskega ozemlja. Geologija 16, 317—334, Ljubljana.
- Pleničar, M. 1959, Tektonski okni pri Knežaku. Geologija 5, 5—10, Ljubljana.

Pleničar, M., Polšak, A. & Šikić, D. 1969, Osnovna geološka karta SFRJ, list Trst, 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.

Pleničar, M. s sodel. 1970, Tolmač lista Postojna, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.

Pleničar, M., Polšak, A. & Šikić, D. 1973, Tolmač lista Trst, Osnovna geološka karta 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.

Premru, U. 1980, Geološka zgradba osrednje Slovenije. *Geologija* 23/2, 227 do 278, Ljubljana.

Rakovec, I. 1956, Pregled tektonske zgradbe Slovenije. Prvi jugoslovanski geološki kongres, 73—83, Ljubljana.

Sikošek, B. 1958, Tektonski sklop jugoslovenskih južnih Alpi. *Zb. rad. Geol. inst. Jovan Žujović* 10, 247—266, Beograd.

Sikošek, B. & Medwenitsch, W. 1965, Neue Daten zur Fazies und Tektonik der Dinariden. *Verh. Geol. B.-A.* 116, 2, 86—102, Wien.

Stache, G. 1859, Die Eocengebiete in Innerkrain und Istrien. *Jb. Geol. R.-A.* 10, 287—298, Wien.

Šikić, D., Pleničar, M. & Šparica, M. 1972, Osnovna geološka karta SFRJ, list Ilirska Bistrica, 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.

Šikić, D. & Pleničar, M. 1975, Tolmač lista Ilirska Bistrica, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.

Tollmann, A. 1965, Geologie der Kalkvorpalpen im Ötscherland als Beispiel alpiner Deckentektonik. *Mitt. Geol. Gesell.* 58, 103—207, Wien.

Winkler, A. 1923, Ueber den Bau der östlichen Südalpen. *Mitt. Geol. Gesell.* 16, 1—272, Wien.

UDK 551.24:553.495(497.12)=863

Škofjeloška obročasta struktura

Ring structure of Škofja Loka in Central Slovenia

Uroš Premru in Trajan Dimkovski

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Kratka vsebina

Na podlagi letalskih in satelitskih posnetkov ter osnovne geološke karte sta avtorja identificirala neotektonsko obročasto strukturo okoli Škofje Loke. Gre za nasledstveno strukturo mladopaleozojske grude, ki je s svojo tektonsko aktivnostjo povzročila premeščanje in koncentracijo mladopaleozojskih sedimentnih rudnih mineralov na epikontinentalnem šelfu. Znotraj škofjeloške obročaste strukture so koncentrirani uranovi in bakrovi minerali, na njenem robu uranovi ter zunaj nje bakrovi minerali. Neotektonska disjunktivna premikanja so razkosala in premaknila posamezna rudna telesa.



Project 143

Abstract

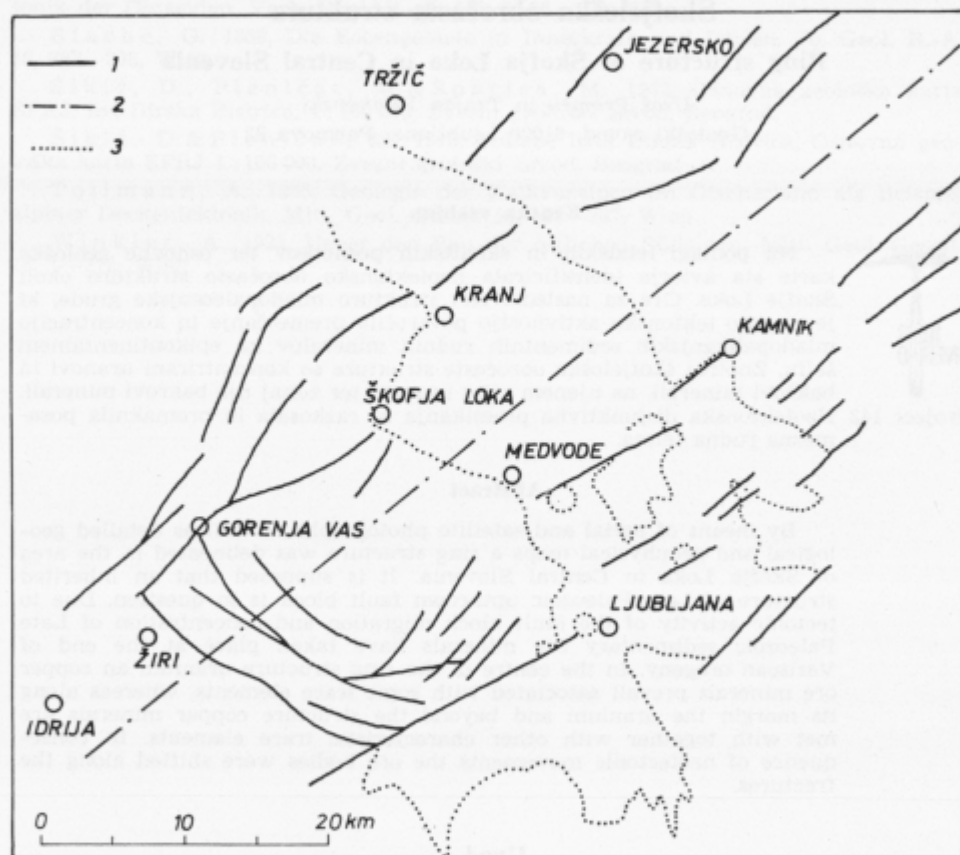
By means of aerial and satellite photographs as well as detailed geological and geophysical maps a ring structure was delineated in the area of Škofja Loka in Central Slovenia. It is supposed that an inherited structure of Late Paleozoic upthrown fault block is in question. Due to tectonic activity of the fault block migration and concentration of Late Paleozoic sedimentary ore minerals have taken place at the end of Variscan orogeny. In the centre of the ring structure uranium and copper ore minerals prevail associated with some trace elements, whereas along its margin the uranium and beyond the structure copper minerals are met with together with other characteristic trace elements. In consequence of neotectonic movements the ore bodies were shifted along the fractures.

Uvod

Škofjeloška obročasta struktura je del zahodnih Posavskih gub, ki se odlikujejo po svoji komplicirani zgradbi ter večjem številu variscičnih in alpidskih strukturno-facialnih con in podcon. Zanje so dalje značilni horizontalni premiki tektonskih enot in narivi na razdalji več kilometrov in celo več deset kilometrov. Disjunktivna neotektonika jih je razkosala na grude. Škofjeloška obročasta struktura je konec variscične orogeneze vplivala na premeščanje in

koncentracijo sedimentnih mineralov urana, bakra, železa, svineca, cinka, arzena in vanadija.

Za neotektonske raziskave smo analizirali letalske in satelitske posnetke in jih primerjali z geološkimi in geofizikalnimi kartami. Za fotogeološko analizo smo imeli na razpolago normalne letalske posnetke v merilu 1:15 000 do 1:30 000. Na njih smo določili trase neotektonskih prelomov. Satelitska posnetka v merilu 1:500 000 smo uporabili kot dopolnilo k analizi letalskih posnetkov. Dva posnetka satelita ERTS-E iz kanalov 6 in 7 MSS sta nam omogočila stereoskopsko opazovanje. Na njih so se dali identificirati vsi prelomni sistemi, ki smo jih našli na letalskih posnetkih, potek glavnih prelomov pa je



Sl. 1. Škofjeloška obročasta struktura, narisana po letalskem in satelitskem posnetku
Fig. 1. The ring structure of Škofja Loka delineated by means of aerial and satellite photographs

1 neotektonski prelom — neotectonic fault

2 os obročaste strukture — axis of the ring structure

3 meja kvartarnih naplavin ljubljanske udorine — boundary of the Quaternary deposits of the Ljubljana fault basin

bil skoraj enak (sl. 1). Za primerjavo smo analizirali tudi morfostrukturne elemente s pomočjo topografske karte merila 1:200 000. S tem smo dobili zvezo med neotektonskimi premiki posameznih blokov in soodvisno oblikovanje reliefa do današnjega časa ob spremljajočih geoloških pojavih, kot so erozija, akumulacija idr. Na podlagi tektonskih podatkov smo postavili hipotezo o nastanku sedimentnih rudišč v mlajšem paleozoiku na območju zahodnih Posavskih gub.

Neotektonski prelomni sistemi

Na podlagi fotogeološke analize smo ločili pet prelomnih sistemov (sl. 2), ki smo jih klasificirali po smeri. Vsakemu izmed njih smo poskušali določiti obdobje aktivnosti. Pri tem se je pokazalo, da ni razlik med vzhodno Slovenijo (U. Premru, 1976) in zahodnim delom Posavskih gub.

Prelomni sistem NW-SE je bil aktiven v več fazah: v začetku srednjega pliocena, v zgornjem delu srednjega pliocena, med koncem würma in začetkom holocena ter v srednjem holocenu. Obe pliocenski aktivnosti je povzročila bočna kompresija s smerjo NW-SE z ekstenzijo vzdolž položne gube. Pri tem so nastali prelomi z vpadom 60° do 90° ter vertikalnimi in horizontalnimi premiki grud. Velikost vertikalne in horizontalne komponente premikov raste in pada v obliki sinusoide vzdolž preloma. Vertikalni premiki znašajo 50 do 300 m, horizontalni 100 do 300 m. Pleistocenke aktivnosti nekaterih delov tega prelomnega sistema je povzročila vertikalna kompresija. Prišlo je do ugrezanja grud v obliki tektonskih jarkov in udorin, ki so jih zapolnili singenetski sedimenti. Velikost premikov znaša do 200 m. Posebno aktivni snopi prelomov so bili na Žirovskem vrhu, med Gorenjo vasjo in Horjulom ter na obrobju ljubljanske udorine med Škofjo Loko in Medvodami.

Prelomni sistem W-E je bil aktiven na vsem ozemlju v srednjem delu zgornjega pliocena. Posamezni snopi so bili reaktivirani še v pleistocenu in holocenu. Na področju Ljubljanskega barja in Kranjsko-sorškega polja so bili aktivni v dobi med mindelskim glacialom in začetkom riško-würmskega interglaciala ter med interstadialom würm I/II in začetkom stadiala würm III. V drugih udorinah so bili aktivni v treh ločenih fazah: v mindelsko-riškem interglacialu, na prehodu med stadialom riss II in riško-würmskim interglacialom, med interstadialom würm II/III in začetkom stadiala würm III. Nekateri prelomi so bili aktivni tudi v zgodnjem holocenu, saj so prestavili rečne struge.

Starost singenetskih sedimentov je dokazana po vzorcih jeder iz vrtine pri Škofji Loki, kjer je A. Šercelj (1970) določil pelod iz enega od zadnjih würmskih stadialov. Iz vrtine pri Senici je določil srednji würm. Iz Horjula so znani sedimenti iz dveh zgodnjewürmskih interstadialov (amersfootskega in brörupskega) (A. Šercelj, 1962/63).

Pliocenska aktivnost prelomnega sistema W-E je nastala zaradi lateralne kompresije v smeri N-S in prečne ekstenzije položne gube. Na temenih gub so nastali gravitacijski prelomi, na južnih krilih gub pa narivni prelomi z vpadi 30° do 50° proti severu. Skoki znašajo 30 do 1000 m. Pravilni razpored gravitacijskih in narivnih prelomov je dobro izražen tudi v zahodnem delu Posavskih gub. Snop prelomov med Kranjem in Železniki je gravitacijski. Proti jugu sledi

snop naravnih prelomov južno od Železnikov. Med Martinjim vrhom nad Železniki in Gorenjo vasjo se razteza širok pas z gravitacijskimi prelomi. Temu pasu sledi proti jugu ponovno pas z naravnimi prelomi med Gabrkom v Poljanski dolini in Medvodami. Narivni so tudi prelomi med Sovodnjem in Selami nad Polhovim Gradcem. Med njimi so razvrščeni gravitacijski prelomi z vpadom 60° do 90° proti severu in jugu, medtem ko narivni prelomi vedno vpadajo proti severu.

Pleistocenska in holocenska tektonska aktivnost je nastala zaradi povsem drugačnih mehanizmov. Inverzna vertikalna kompresija je povzročila ugrezanje posameznih grud ter pripomogla k nastanku večjih in manjših udorin, selške, poljanske, horjulske, Žirovske doline in Ljubljanske kotline ter polj pri Gorenji vasi in Polhovem Gradcu. V srednjem pliocenu so znašali skoki ob prelomih 20 do 200 m, v mlajšem pleistocenu do 10 m in v holocenu do 30 m.

Prelomni sistem SW-NE je dokaj močno izražen. Gre za nasledstveni prelomni sistem, ki je oživil paleozojske in terciarne strukture. Ozemlje prečkajo snopi prelomov v pasovih. Posamezni snopi so med Cerknim in Blegošem, med Gorenjo vasjo in Kranjem ter med Horjulom in Medvodami. Vzrok prelamljanja je bila inverzna vertikalna kompresija, ki je povzročila dviganje in ugrezanje blokov. Prelomni sistem je bil aktiven v štirih fazah: v srednjem pliocenu, v gūnškem glacialu, med koncem gūnškega glaciala in koncem gūnško-mindelskega interglaciala ter sredi holocena. K zadnji aktivnosti štejemo prelome, ki so izoblikovali neotektonske jarke v Poljanski dolini, v Selški dolini med Zalim logom in Železniki, pri Trebiji in ob Šujici. Prelomi so gravitacijski z najpogostejšimi vpadi 60° do 90° , v izjemnih primerih pa 30° . Srednjepliocenska aktivnost je povzročila skoke 100 do 1000 m, gūnška aktivnost do 20 m, v gūnško-mindelskem interglacialu 10 do 800 m, v holocenu pa do 30 m.

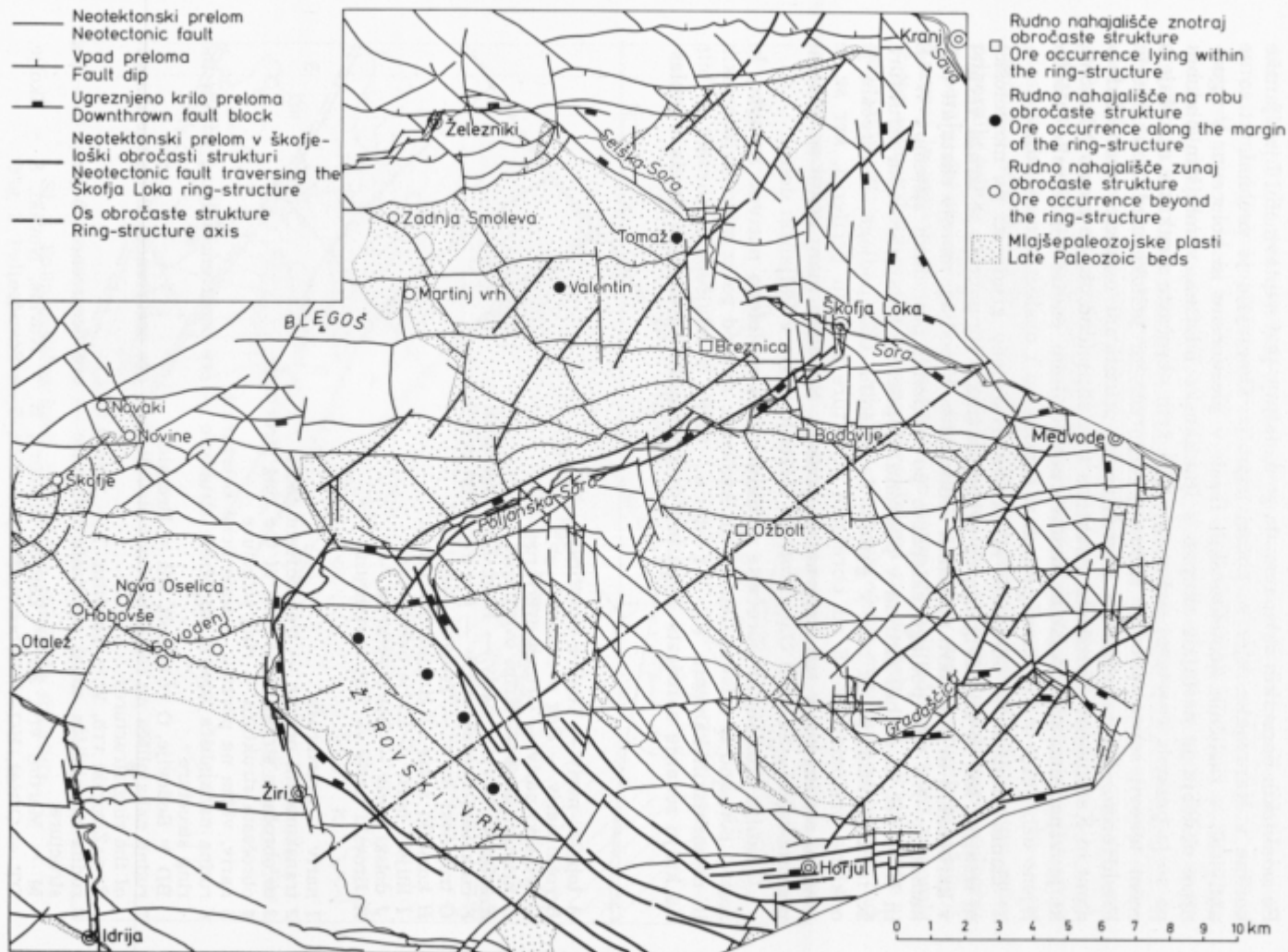
Prelomni sistem N-S je bil aktiven v treh fazah. Najstarejša faza se je uveljavila v spodnjem delu srednjega pliocena. Sledili sta si ena za drugo še dve aktivnosti v poznem holocenu in recentnem času. Zadnja aktivnost je še danes živa in povzroča občasne potrese. Za pliocensko aktivnost domnevamo, da jo je povzročila inverzna vertikalna kompresija. Grude so se dvigale in ugrezale ob gravitacijskih prelomih z vpadi 70° do 90° in skoki 100 do 1000 m. Holocenska in recentna aktivnost sta povzročili vertikalne premike redkokje do 20 m; večina skokov znaša le nekaj cm do enega metra. Po smeri prelomnih snopov sklepamo tudi na horizontalne premike ob prelomih. V tem primeru so morali nastati prelomni snopi zaradi bočne kompresije NW—SE. Prelomni sistem pa se še ni dokončno razvil, ker so bili pritiski slabotni.

Škofjeloška obročasta struktura

Obročasta struktura se razteza v polkrogu od Kranja prek Gorenje vasi, Žirovskega vrha in Horjula do Medvod (sl. 2). Imenovali smo jo po Škofji Loki, ki leži sredi nje. Pokazala se nam je šele po detajlni analizi letalskih posnetkov.

Sl. 2. Neotektonski prelomni sistemi in porazdelitev rudnih nahajališč v škofjeloški obročasti strukturi

Fig. 2. Neotectonic fault systems and distribution of the ore occurrences in the ring structure of Škofja Loka



Po satelitskih posnetkih sklepamo, da se nadaljuje pod naplavinami Ljubljanske kotline v Karavanke, kjer se počasi izgublja. Omejujejo jo prelomi, ki so se aktivirali v različnih neotektonskih fazah v pleistocenu in holocenu. V zgodnjem obdobju je nastajala skupno z ljubljansko udorino, v mlajšem obdobju pa so jo prekrili kvartarni sedimenti. Obe krili obročaste strukture označujejo rečni tokovi; severozahodno Kokra s vzporednimi pritoki med Kranjem in Preddvorom, jugovzhodno pa neotektonsko orientirani osamelci med Medvodami in Kamnikom. Obročasta struktura ima elipsoidno obliko z osjo NE—SW, ki je vzporedna paleozojskim strukturno-facialnim enotam jadranske plošče. Njeno oživiljanje v kvartarni periodi si razlagamo z nasledstveno tektoniko.

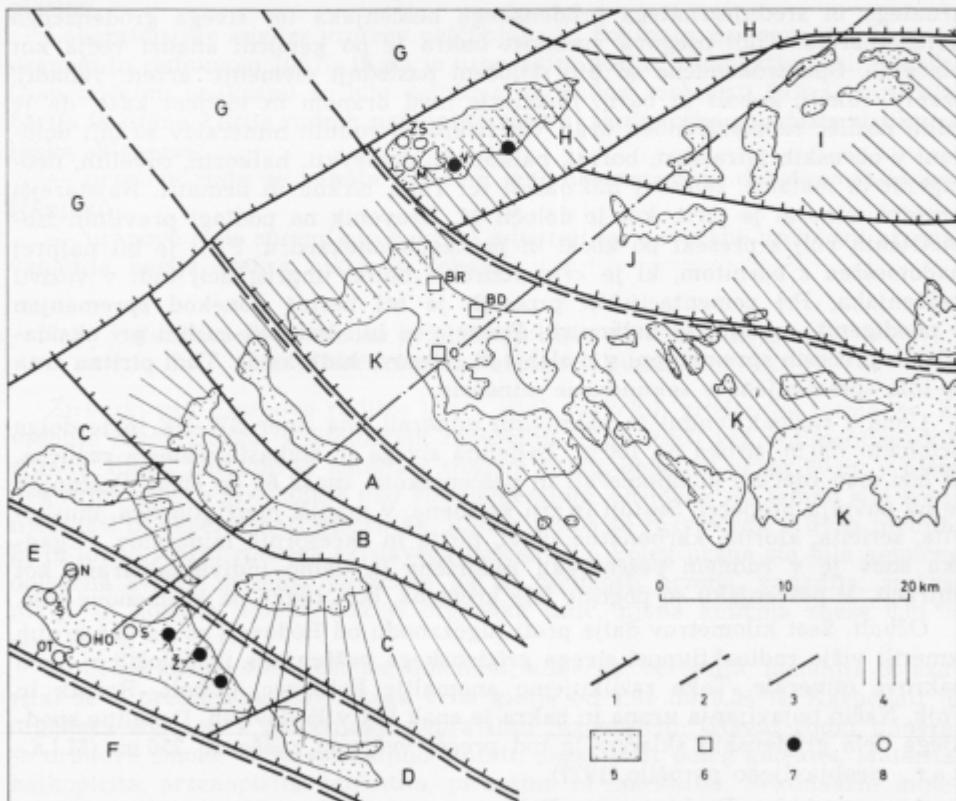
Danes predstavlja obročasta struktura dvignjeno grudo, ki pa morfološko ni izrazita, ker so bila dviganja ob prelomih šibka. Na površju se izraža večidel v karbonskih in permskih molasnih sedimentih. V podlagi morajo obstajati trše kamenine. Na tršo podlago sklepamo po odklonih prelomnih sistemov W—E in NW—SE, ki so bili aktivni v pliocenu. Čeprav se tedaj obročasta struktura še ni dvigovala, pa je bila v globini že prisotna trša podlaga. Povzročala je odklone prelomov W—E od obročaste strukture k njeni periferiji, ker se je povečal strižni kot v trši kameninski podlagi. Nekoliko manj očitni so odkloni prelomov NW—SE med Gaberkom in Gorenjo vasjo v Poljanski dolini.

Ozemlje škofjeloške obročaste strukture ima zapleteno naravno zgradbo, ki sestoji ponekod iz mladopaleozojskih kamenin, drugod pa iz mladopaleozojskih in mezozojskih kamenin (U. Premru, 1980). V mlajšem paleozoiku je bila na kraju sedanje obročaste strukture dvignjena ali ugreznjena gruda v molas-

- A topliški nariv — Toplice overthrust
- B roški nariv — Rog overthrust
- C ortneški nariv — Ortnek overthrust
- D krimski nariv — Krim overthrust
- E krimsko-žirovski nariv — Krim-Žiri overthrust
- F cerkniško-žirovski nariv — Cerknica-Žiri overthrust
- G trojanski nariv — Trojane overthrust
- H kozjaški nariv — Kozjak overthrust
- I litijski nariv — Litija overthrust
- J dolski nariv — Dol overthrust
- K žirovski nariv — Žiri overthrust

- 1 nariv — overthrust
- 2 transkurentni prelom — transcurrent fault
- 3 os obročaste strukture — axis of the ring structure
- 4 obročasta struktura — ring structure
- 5 nariv, viden na površju — superficial overthrust
- 6 rudna nahajališča znotraj obročaste strukture — ore occurrences lying within the ring structure
- BD = Bodovlje, O = Ožbolt, BR = Breznica
- 7 rudna nahajališča na robu obročaste strukture — ore occurrences along the margin of the ring structure:
- Z = Žirovski vrh, V = Valentin, T = Tomaž
- 8 rudna nahajališča zunaj obročaste strukture — ore occurrences beyond the ring structure:
- M = Martinj vrh, ZS = Zadnja Smoleva, N = Novine, Novaki, Š = Škofje,
- OT = Otalež, HO = Hobovše, Nova Oselica, S = Sovodenj

nem bazenu. Za potrditev domneve, da je nastala škofjeloška obročasta struktura iz mladopaleozojske strukture, smo ozemlje palinspastično razvili (sl. 3). Najprej smo v dveh fazah vrnili narive v prvoten položaj, nato pa še posamezne bloke ob transkurentnih prelomih, ki so bili aktivni na prehodu iz krede v paleocen. Pri tem se je pokazalo, da poteka mladopaleozojska škofjeloška obročasta struktura nepremaknjeno in diagonalno na mezozojske strukturno-facialne enote v smeri SW—NE. Njena struktura se zlagoma odpira proti severovzhodu in izgublja svojo značilnost. Prvotna daljša os strukture je merila okoli 60 km in prečna os okoli 25 km. Peščenjak in konglomerat grödenskih plasti vsebujeta na robu obročaste strukture več glincev kot znotraj in zunaj obročaste strukture. Na robu obročaste strukture vsebujejo kamenine poleg odpornih težkih mineralov, cirkona, turmalina in rutila, tudi manj odporne minerale granat, amfibol, piroksen, apatit, epidot, anataz, barit in sfalerit. Znotraj in zunaj obročaste strukture so samo najbolj odporni težki minerali. Težki minerali so neenakomerno porazdeljeni po plasteh. (M. Silvester, neobjavljeno poročilo, 1979). Določena vloga obročaste strukture se odraža tudi



Sl. 3. Palinspastična karta škofjeloške obročaste strukture
Fig. 3. Palinspastic map of the ring structure of Škofja Loka

v porazdelitvi rudnih mineralov v karbonskih in grödenskih plasteh. Znotraj obročaste strukture prevladuje uranova ruda ob spremljavi bakrovih mineralov, na robu uranova in zunaj bakrova. Vsa rudišča so sedimentacijskega nastanka. Njihove parageneze so si med seboj v glavnem podobne. Ruda je vezana na organsko snov. Na vlogo obročaste strukture pri nastajanju rudišče kaže njihova današnja porazdelitev:

1. Nahajališča urana znotraj strukture — Bodovlje, Ožbolt in Breznica
2. Nahajališča urana na robu obročaste strukture — Žirovski vrh, Valentin in Tomaž
3. Nahajališča bakra zunaj obročaste strukture — Škofje in druga manjša rudišča.

*Rudna nahajališča znotraj škofjeloške obročaste strukture
Bodovlje, Ožbolt, Breznica*

Bodovlje. Štiri kilometre jugozahodno od Škofje Loke so v Bodoljski grapi že pri regionalni prospekcijski leta 1972 izmerili povečano radioaktivnost drobnorzrnatega in srednjezrnatega grödenskega peščenjaka ter sivega grödenskega konglomerata. Tudi njegova vsebnost bakra je po kemični analizi večja kot običajno. Spektrokemično so bili določeni naslednji elementi: arzen, vanadij, srebro, nikelj, kobalt in barij. Razmerje med uranom in torijem kaže, da je edini nosilec radioaktivnosti uran. Od bakrovih rudnih mineralov so bili določeni v obruskih tetraedrit, bornit, halkopirit, domeykit, halkozin, covellin, neodigenit in malahit, železovi hidroksidi ter rutil, cirkon in hematit. Najstarejši prvotni mineral je pirit, kot je določil M. Drovenik na podlagi pravilnih izometričnih polj s preseki po kocki in pentagondodekaedru. Pirit je bil najprej nadomeščen z bornitom, ki je kristaliziral v obliki impregnacij tudi v vezivu peščenjaka. Pri cementacijskih procesih je bil bornit ponekod spremenjen v neodigenit, covellin in halkopirit. Pozneje so bili bakrovi sulfidi pri oksidacijskih procesih spremenjeni v malahit in železove hidrokside. Tudi piritna zrna so bila spremenjena v sekundarne minerale.

Cona z radioaktivnimi in bakrovimi minerali ima smer SW-NE in je dolga približno 700 m, široka pa 100 m. Debelina sivega in sivkasto zelenega različka, ki leži med rdečimi konglomerati in peščenjakom, znaša 60 do 80 m. Peščenjak je na površju preperel. Sestoji iz zrn kremena, v manjši meri glinenca, muskovita, sericita, klorita, karbonatne snovi, pirit in akcesornih mineralov. Organska snov je v rudnem peščenjaku razpršena in delno individualizirana kot antracit. V peščenjaku so pogoste žile kremena, bolj redke pa kremenove leče.

Ožbolt. Šest kilometrov dalje proti jugozahodu od Bodovlj so na več krajih izmerili višjo radioaktivnost sivega grödenskega peščenjaka in določili v njem bakrove minerale. Tako razlikujemo anomalije Polhovec, Ožbolt—Rožnik in Fojk. Način pojavljanja urana in bakra je enak kot v Bodovljah. Debelina spodnjega dela grödenskih skladov je tod precej večja in znaša do 250 m (Mlakar, neobjavljeno poročilo, 1977).

Anomalija Polhovec. Poleg urana in bakra, ki sta bila določena kemično, je spektrokemična analiza pokazala višje vsebnosti vanadija, barija, srebra, itrija ter cinka, arzena, titana, mangana, magnezija in železa.

Od rudnih mineralov urana vsebuje peščenjak smolnato rudo, kofinit ter vanadate urana, od bakrovih mineralov pa halkopirit, tetraedrit, malahit in azurit. Določeni so bili še sfalerit, arzenopirit in pirit.

Halkopirit se pojavlja kot nepravilna zrna. Vsebuje redke vključke tetraedrita, pirit in arzenopirita. Drobna zrna uranove smolnate rude tvorijo skupine nepravilnih agregatov z redkimi vključki halkopirita in bolj redko pirit. Arzenopirit je drobnozrnat in idiomorfno razvit. Pojavlja se kot samostojna kristalna zrna, ali kot zrnati agregat in je redko zraščeno s halkopiritom. Pirit se javlja v sledovih.

Drugi dve radioaktivni anomaliji v Bodoljski grapi, Ožbolt (Rožnik) in Fojk še nista dovolj raziskani. Na oko so v sivem srednjezrnatem sljudnatem peščenjaku vidni uranovi in bakrovi sekundarni minerali ter povišana vsebnost organske snovi (Mlakar, neobjavljeno poročilo, 1977).

Breznica. Zahodno od Škofje Loke so na območju vasice Breznica pod Lubnikom na desnem pobočju Brezniške grape izmerili radioaktivno anomalijo v sivem srednje in debelozrnatem grōdenskem peščenjaku. V neposredni bližini poteka po Brezniški grapi tektonski kontakt med grōdenskimi in triadnimi plastmi.

Laboratorijske analize vzorcev peščenjaka so pokazale, da je ravnotežje med uranom in radiumom 100 % in da je uran edini nosilec radioaktivnosti. S spektrometričnimi analizami so bile določene anomalne vsebnosti bakra, vanadija, barija in titana. Glede rudnih nahajališč znotraj škofjeloške obročaste strukture lahko sklenemo:

— uranova ruda se nahaja v sivem srednjezrnatem in debelozrnatem peščenjaku

— uranovo rudo spremljajo bakrovi minerali ter povečane vsebnosti arzena, vanadija, barija, srebra, niklja in kobalta.

Rudna nahajališča na robu škofjeloške obročaste strukture Žirovski vrh, Valentin, Tomaž

Žirovski vrh. Uranovo rudišče leži v sivih različnih grōdenske formacije, ki vsebuje rdeče vložke. V litološkem zaporedju se da ločiti več sedimentacijskih ritmov. Rudni horizont se nahaja v tretjem ritmu, debelem okrog 60 m; v njem peščenjak močno prevladuje nad konglomeratom. Orudena sta temno sivi srednjezrnat in debelozrnat peščenjak. Rudna telesa so razvrščena v dveh nivojih, ki ju ločijo vložki rdečega skrilavega peščenjaka. Poleg urana sta bila kemično določena svinec in cink, povečane pa so vsebnosti arzena, vanadija, srebra, niklja in kobalta. Pomembna je organska snov, njena količina znaša 0,01 % do 3,35 %.

Količina karbonatov (kalcita, dolomita, ankerita, cerussita, malahita in azurita) se v peščenjaku Žirovskega vrha giblje od 1,02 do 9,34 %. Karbonati in organska snov so v peščenjaku nepravilno razporejeni. Glavni rudni mineral je uranova smola, ki jo spremljajo sulfidi, zlasti pirit poleg galenita, sfalerita, halkopirita, arzenopirita, tenantita, pirhotina in markazita. Sekundarni minerali so dumontit, torbernit, autunit, gunit, kovelin, bornit in Fe hidroksidi.

V primerjavi z nahajališči znotraj obročaste strukture vsebuje ruda Žirovskega vrha več Pb in Zn ter manj Cu in As.

Valentin in *Tomaž*. Severozahodno od Škofje Loke so med Mlako in Praprotim na dveh krajih izmerili radioaktivne anomalije, od katerih se največ pričakuje na škofjeloškem ozemlju. Gre za grōdenske kamenine pri *Valentinu* in *Tomažu*, ki jih imajo geologi za erozijske ostanke na karbonski podlagi. Rdeča formacija je debela 200 do 250 m, siva pa do 100 m. Po podatkih strukturnega vrtenja se rdeči klastiti nahajajo v talnini sivih. Rdeča formacija vsebuje sive medplasti in obratno, v sivi formaciji so pogostne rdeče medplasti, debele 2 do 20 m. Za rdečo formacijo so dalje značilni ploščasti vložki diabaza in diabazovega tufa, debeli eden do dva metra. V rdečih plasteh prevladujeta drobnozrnati meljevec in peščenjak nad konglomeratom, sive pa sestojeta iz srednjezrnatega in debelozrnatega peščenjaka in konglomerata z vložki temno sivega apnenca, debelimi nekaj decimetrov do enega metra.

Radioaktivne anomalije v sivem srednjezrnatem in debelozrnatem peščenjaku ter konglomeratnem peščenjaku okrog *Valentina* obsegajo površino 1,5 km².

Količina karbonatne komponente v rdečih kameninah je višja (CaO 5,39 %, MgO 1,80 % in CO₂ 6,13 %) kot v sivih (CaO 3,32 %, MgO 0,70 % in CO₂ 3,32 %). Žvepla je v rdečih skladih manj (0,01 %) kot v sivih (0,18 %). Organškega ogljika vsebujejo rdeče usedline 0,5 %, sive pa 0,87 %. Uran in torij približno enako vplivata na radioaktivnost. V rudnih vzorcih so bili poleg urana kemično določeni še svinec, cink, baker in živo srebro. V vzorcih diabaza so bili določeni uran, torij in kalij.

Kemične analize površinskih vzorcev grōdenskih kamenin iz nahajališča *Tomaž* so pokazale sorazmerno visoko koncentracijo urana, cinka, bakra in svinca.

Rudna nahajališča zunaj škofjeloške obročaste strukture

Najbolj raziskano je bakrovo rudišče Škofje (M. Drovenik, 1968, M. Drovenik, M. Pleničar & F. Drovenik, 1980). Drugod so grōdenske plasti s pojavi bakra tanke. Sem štejemo Hobovše, Sovodenj, Novo Oselico, Otalež, Novine, Novake, Zadnji vrh, Zadnjo Smolevo, Martinj vrh in Masore. Ta nahajališča niso sistematično raziskana v takšni meri, da bi jih mogli primerjati med seboj in z rudiščem Škofje. Verjetno gre za različne mineralne parageneze, ki še niso točno definirane. Lega rudonosnih plasti v celotnem grōdenskem razvoju na tem območju tudi še ni določena.

Sklep

Med Škofjo Loko in Idrijo se nahaja v grōdenskih klastitih na več krajih uranova in bakrova ruda sedimentnega nastanka. V polkrogu od Kranja prek Žirovskega vrha in Horjula do Medvod se razteza neotektonska obročasta struktura, interpretirana kot nasledstvena struktura mladopaleozojske grude. Ta struktura, ki smo ji dali ime po Škofji Loki, je imela pomembno vlogo pri nastajanju mladopaleozojskih sedimentnih rudišč. Na to kaže sedanja porazdelitev rudnih mineralov; znotraj obročaste strukture so koncentrirani uranovi in bakrovi minerali, v nahajališčih na robu strukture prevladuje uranova ruda, zunaj strukture pa bakrova. Prav tako je značilna porazdelitev težkih mineralov in glincev. Na robu strukture so koncentrirani glinenci, poleg odpornih

težkih mineralov pa dobimo tam tudi manj odporne. Zunaj in znotraj obročaste strukture pa se nahajajo le najbolj odporni težki minerali. Znotraj obročaste strukture vsebuje grōdenski peščenjak poleg urana baker ter povečane vsebnosti arzena, vanadija, barija, srebra, kobalta in niklja. V nahajališčih na robu strukture spremljajo uran svinec in cink ter povečane vsebnosti arzena, vanadija, srebra, niklja in kobalta. V nahajališčih zunaj strukture spremljajo bakrovo rudo svinec, cink in antimon ter povečane vsebnosti srebra, zlata, vanadija in kobalta.

Na podlagi teh ugotovitev smo postavili hipotezo o nastanku sedimentnih rudišč v mladopaleozojskih skladih. Obročasta struktura nakazuje po vsej verjetnosti tektonski jarek znotraj molasnega bazena, v katerega so bili transportirani skupaj s klastičnim materialom tudi različni rudni minerali. Pri tem je prišlo do prvotne delne koncentracije. Pri sukcesivnem ugrezanju jarka, ki ga je povzročila neznana trša kameninska podlaga, se je finoizrnati material skupaj z organsko snovjo in rudnimi minerali transportiral po pobočju tektonskega jarka radialno na niže ležeče grude. Pri tem je prišlo zaradi različnih pogojev transporta do ponovne koncentracije in selekcije posameznih rudnih mineralov. Na pobočju in pod njim, tj. na robu obročaste strukture, se je koncentrirala združba odpornih težkih mineralov, urana, železa, svinca in cinka. Največje koncentracije urana so zato razmeščene na robu pobočja, oziroma na robu škofjeloške obročaste strukture.

Za potrditev postavljene hipoteze so potrebne še dodatne sedimentološke in geokemične raziskave. V primeru, da bi hipoteza držala, bi odločilno vplivala na vrednotenje rudišč, znanih do sedaj, kakor tudi na nadaljnje usmerjanje na robu obročaste strukture, bodisi na površju ali pod narivi.

Literatura

- Dimkovski, T., Kump, P. & Tomšič, J. 1976, Geokemične raziskovalne metode, uporabne na območju permo-karbonskih kamenin v Sloveniji. Savetovanje — Nove metode geoloških istraživanja i oprema. JKLMS, 207—218, Opatija.
- Dolenec, T., Lukacs, E. & Pečnik, M. 1979, Uranopilit, zippeit in johanit — recentni sekundarni uranovi minerali iz rudišča Žirovski vrh. Rudarsko-metalurški zbornik, št. 2—3, 179—184, Ljubljana.
- Drovenik, M., Pleničar, M. & Drovenik, F. 1980, Nastanek rudišč v SR Sloveniji. Geologija 23, 1. del, Ljubljana.
- Drovenik, M. 1968, Pseudomorfoze rudnih mineralov po rastlinskih drobcih v bakrovem rudišču Škofje. Rudarsko-metalurški zbornik, št. 2, 141—146, Ljubljana.
- Grad, K. & Ferjančič, L. 1976, Osnovna geološka karta SFRJ, Tolmač za list Kranj. Zvezni geološki zavod Beograd.
- Lukacs, E. & Florjančič, A. P. 1974, Uranium ore deposits in the Permian sediments of Northwest Yugoslavia. Proceedings of a symposium "Formation of uranium ore deposits" International Atomic Energy Agency, 313—329, Vienna.
- Premru, U. 1976, Neotektonika vzhodne Slovenije. Geologija 19, Ljubljana.
- Premru, U. 1980, Geološka zgradba osrednje Slovenije. Geologija 23, 2. del, Ljubljana.
- Šercelj, A. 1962/63, Pelodne analize pleistocenskih sedimentov v Horjulski dolini. Arheološki vestnik 12—13, Ljubljana.
- Šercelj, A. 1970, Würmska vegetacija in klima v Sloveniji. Razprave SAZU XIII, Ljubljana.

UDC 537.873.01(497.12):502

Glinasti izvorniki pegmatitov

Feldspars from pegmatites of Ravne in Carinthia

Ernst Fiala

Geologisch-bergbauwissenschaftliche Universität Leoben, Professor in

Kratka vsebina

Glinasti izvorniki pegmatitov vzhajajo v karinskih pegmatitovskih poljih okoli Ravne v Karinskem gorju. Vsebujejo predvsem kalijev feldspat, ki je v obliki kristalov s premerom do 1 mm. Vsebujejo tudi kalcijev feldspat, ki je v obliki kristalov s premerom do 0,5 mm. Na osnovi raziskave je ugotovljeno, da se v izvornikih nahajajo tudi kalcijev feldspat, ki je v obliki kristalov s premerom do 0,5 mm.

Abstract

Feldspars of the Ravne pegmatites are composed of interstitial, small-sized crystals with reflections in horizontal and vertical directions. Characteristic field sizes to 0,5 mm having 5% percent abundance in the average. The origin of the Ravne pegmatites is explained by the magmatic origin of the pegmatites. The origin is attributed to the

Uvod

Ravenski izvorniki karinske Karinke nastane v okolici Ravne na Karinskem g. in vsebujejo s pegmatitovimi fragmenti. Ti izvorniki glavnino je glinasti in kalcijev feldspat, največja pa sta tudi kalcijev feldspat. Sestava je izredno homogena. Glinasti izvorniki s kalcijevimi kristaliki, in razloženje nastanka podajajo po ugotovitvi V. Nikitina (1936) razloženje diagrama. Vsebujejo tudi kalcijev feldspat in kalcijev feldspat.

Ugotovitev je ugotovila Ekonomski center Maribor-šteta na Karinskem. Petrološki raziskave je izdelal Carl Gantner. Ugotovitev je bila objavljena v zborniku.

UDK 552.322.4(234.3)(497.12)=863

Glinenci ravenskih pegmatitov

Feldspars from pegmatites of Ravne in Carinthia

Ernest Faninger

Prirodoslovni muzej Slovenije, 61000 Ljubljana, Prešernova 20

Kratka vsebina

Glinence ravenskih pegmatitov sestavljajo mikroklin, postopni prehodi iz ortoklaza v mikroklin in plagioklazi reda albit-oligoklaz s povprečno $9\frac{1}{2}\%$ anortita. Ravenski pegmatiti predstavljajo mobilizate, nastale v zvezi z regionalno metamorfozo. Starost je po vsej verjetnosti variscična.

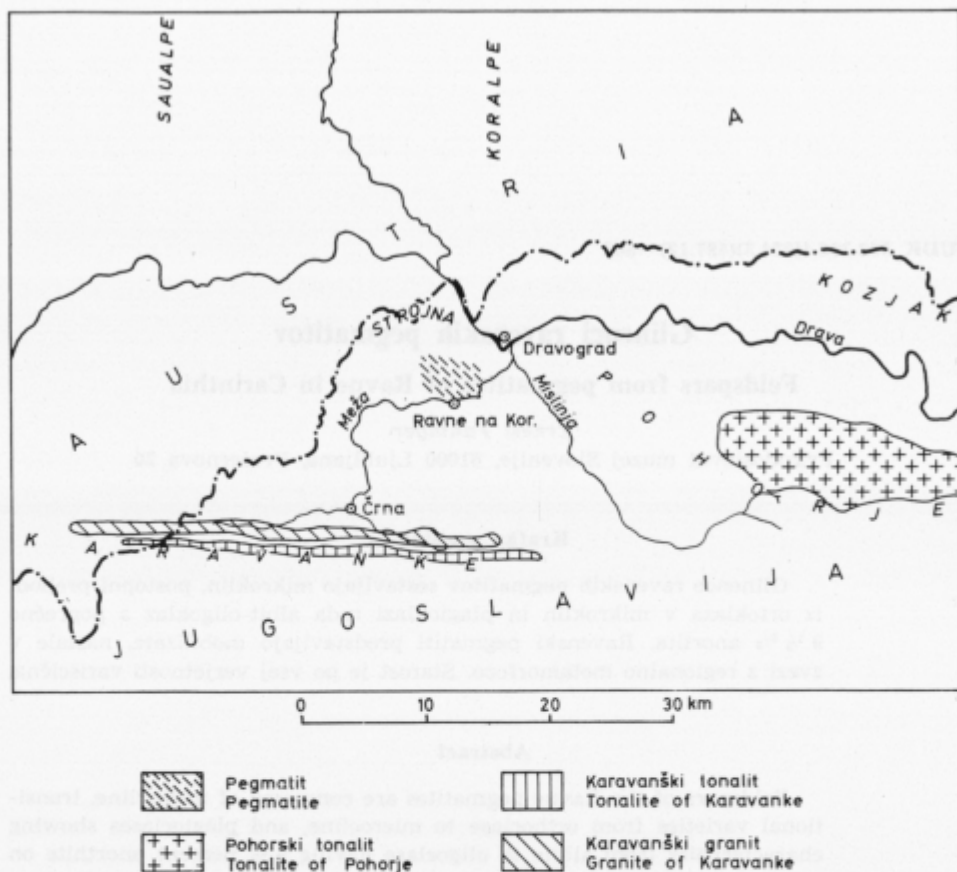
Abstract

Feldspars of the Ravne pegmatites are composed of microcline, transitional varieties from orthoclase to microcline, and plagioclases showing characteristics from albite to oligoclase having $9\frac{1}{2}\%$ percent anorthite on the average. The origin of the Ravne pegmatites is explained by the mobilization during a regional metamorphism. Their age is admitted to be Variscan.

Uvod

Regionalno metamorfne kamenine Strojne, posebno v okolici Raven na Koroškem (sl. 1), so prepredene s pegmatitnimi žilninami, ki sestojijo v glavnem iz glincev in kremenca, navzoča pa sta tudi šorlit in muskovit. Struktura je zrnata, tekstura homogena. Glinence smo preiskali s teodolitnim mikroskopom, za vrednotenje meritvenih podatkov pa uporabili V. Nikitinov (1936) kvadrantni diagram. Preučili smo nastanek ravenskih pegmatitov in njihovo starost.

Raziskavo je omogočil Ekonomski center Maribor-Ravne na Koroškem. Fotografске posnetke je izdelal Ciril Gantar. Obema se lepo zahvaljujem za sodelovanje.



Sl. 1. Položajna skica Raven na Koroškem

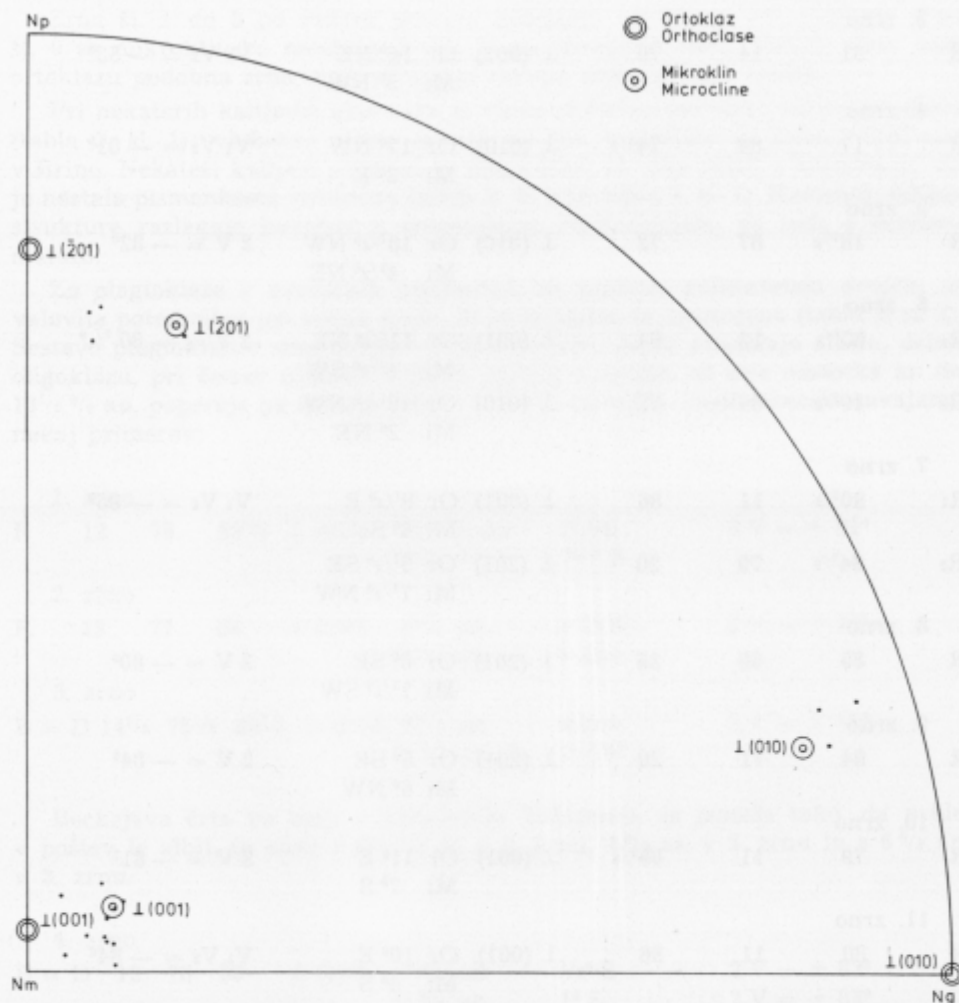
Fig. 1. Location sketch map of Ravne in Carinthia

Mikroskopske raziskave glinencev

Pod mikroskopom lahko ugotovimo, da pripadajo glinenci ravenskih pegmatitov kalijevim glinencem in plagioklazom. Nekateri kalijevi glinenci imajo lepo razvito mikroklinško mrežo (tabla 1, sl. 1). V tem primeru gre nedvomno za mikroklin; o tem nas prepriča naslednji podatek:

R 80 13 $82\frac{1}{2}$ \perp (001) Mi 1° SW 2 V = -86°

Drugi kalijevi glinenci ustrezajo, po videzu sodeč, ortoklazu (tabla 1, sl. 2), ali pa imajo le lokalno razvito mikroklinško mrežo, sicer pa so podobni ortoklazu. S teodolitnim mikroskopom smo preiskali 15 ustreznih zrn in ugotovili, da kažejo po legi optične indikatriše na postopen prehod iz ortoklaza v mikroklin (sl. 2), kot optičnih osi pa ustreza celo mikroklinu:



Sl. 2. Nikitinov kvadrantni diagram 15 izmerjenih zrn kalijevih glinencev
 Fig. 2. Nikitin's quadrant diagram for 15 measured grains of potassium feldspars

1. zrno						
R ₁	77 ^{1/2}	70	24 ^{1/2}	⊥ (201)	Or 13 ^o E Mi 4 ^{1/2} ^o SE	V ₁ V ₂ = - 83 ^o
R ₂	79	13	82	⊥ (001)	Or 11 ^o NE Mi natančno	
2. zrno						
R	85	10	80	⊥ (001)	Or 4 ^o NE Mi 7 ^{1/2} ^o NW	2 V = - 84 ^o

3. zrno						
R	81	14	79	\perp (001)	Or 14° NE Mi 3° NW	$V_1 V_2 = -83^\circ$
4. zrno						
R	17	84	74 $\frac{1}{2}$	\perp (010)	Or 17° NW Mi 2° E	$V_1 V_2 = -81^\circ$
5. zrno						
R	18 $\frac{1}{2}$	87	72	\perp (010)	Or 18 $\frac{1}{2}$ ° NW Mi 4 $\frac{1}{2}$ ° NE	$2 V = -82^\circ$
6. zrno						
R ₁	80 $\frac{1}{2}$	12	84	\perp (001)	Or 11 $\frac{1}{2}$ ° NE Mi 1 $\frac{1}{2}$ ° SW	$2 V = -80\frac{1}{2}^\circ$
R ₂	19 $\frac{1}{2}$	84 $\frac{1}{2}$	72	\perp (010)	Or 19 $\frac{1}{2}$ ° NW Mi 2° NE	
7. zrno						
R ₁	80 $\frac{1}{2}$	11	86	\perp (001)	Or 9 $\frac{1}{2}$ ° E Mi 4° S	$V_1 V_2 = -85^\circ$
R ₂	84 $\frac{1}{2}$	70	20	\perp ($\bar{2}$ 01)	Or 5 $\frac{1}{2}$ ° SE Mi 7 $\frac{1}{2}$ ° NW	
8. zrno						
R	85	68	23	\perp ($\bar{2}$ 01)	Or 8° SE Mi 7 $\frac{1}{2}$ ° SW	$2 V = -80^\circ$
9. zrno						
R	84	71	20	\perp ($\bar{2}$ 01)	Or 5° SE Mi 6° NW	$2 V = -84^\circ$
10. zrno						
R	79	11	89 $\frac{1}{2}$	\perp (001)	Or 11° E Mi 7° S	$2 V = -81^\circ$
11. zrno						
R	80	11	86	\perp (001)	Or 10° E Mi 4° S	$V_1 V_2 = -84^\circ$
12. zrno						
R	78	14 $\frac{1}{2}$	81	\perp (001)	Or 14° NE Mi 2° NE	$V_1 V_2 = -83\frac{1}{2}^\circ$
13. zrno						
R	79	11	85 $\frac{1}{2}$	\perp (001)	Or 10 $\frac{1}{2}$ ° SE Mi 4° S	$2 V = -82^\circ$
14. zrno						
R	83	09	86	\perp (001)	Or 7° E Mi 4° SW	$2 V = -76^\circ$
15. zrno						
R	85 $\frac{1}{2}$	05	88	\perp (001)	Or 4° SE Mi 8° SW	$2 V = -82^\circ$

Zrna št. 1 do 8 po videzu povsem ustrezajo otroklazu. Pri velikem zrnu št. 9 se mikroklinška mreža pojavlja le na skrajnem robu. Ostala, sicer tudi ortoklazu podobna zrna, imajo lokalno razvito mikroklinško mrežo.

Pri nekaterih kalijevih glinencih je vidno slabotno pertitsko izločanje albita (tabla 2, sl. 1); vlakenca albita merijo 0,1 mm v dolžino in kakšno 0,01 mm v širino. Nekateri kalijevi glinenci in plagioklazi so tako zrasli s kremenom, da je nastala pismenkasta struktura (tabla 2, sl. 2 in tabla 3, sl. 1). Nastanek takšne strukture razlagajo povečini z evtektičnim kristaljenjem, pa tudi z metasomatozo.

Za plagioklaze v ravnenskih pegmatitih so značilni polisintetski dvojčki in valovita potemnitev pri večjih zrnih, ki so navadno še upognjena (tabla 3, sl. 2). Sestavo plagioklazov smo določili v 46 primerih; delno pripadajo albitu, delno oligoklazu, pri čemer njihova sestava variira v mejah od dva odstotka an do $16\frac{1}{2}\%$ an, poprečje pa ustreza albitu z $9\frac{1}{2}\%$ anortita. Za ilustracijo navajamo nekaj primerov:

1. zrno

R	12	78	$89\frac{1}{2}$	\perp (010)	$9\frac{1}{2}\%$ an 32% an	1° SE $1\frac{1}{2}^\circ$ S	$2V = + 81^\circ$
---	----	----	-----------------	---------------	----------------------------------	--	-------------------

2. zrno

R	13	77	88	\perp (010)	9% an 33% an	1° NW točno	$2V = + 78^\circ$
---	----	----	----	---------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

3. zrno

B = D	$14\frac{1}{2}$	$75\frac{1}{2}$	$89\frac{1}{2}$	\perp (010)	6% an 34% an	točno 2° SW	$2V = + 76^\circ$
-------	-----------------	-----------------	-----------------	---------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

Beckejeva črta na meji s kanadskim balzomom se ponaša tako, da pride v poštev le albit, in sicer z $9\frac{1}{2}\%$ an v 1. zrnu, 9% an v 2. zrnu in s 6% an v 3. zrnu.

4. zrno

B = D	12	78	89	\perp (010)	10% an 32% an	$\frac{1}{2}^\circ$ S 1° S	$2V = + 83^\circ$ $2V = + 83^\circ$
-------	----	----	----	---------------	------------------------	--------------------------------------	--

Zrno ne meji na kanadski balzam. Glede splošnega ponašanja plagioklazovih zrn, ki omogočajo opazovanje Beckejeve črte na meji s kanadskim balzomom, lahko tudi v tem primeru upoštevamo podatek z nižjo vrednostjo anortita, to je albit z 10% an.

5. zrno

R	$13\frac{1}{2}$	77	88	\perp (010)	$8\frac{1}{2}\%$ an $33\frac{1}{2}\%$ an	$1\frac{1}{2}^\circ$ NW $\frac{1}{2}^\circ$ NE	$2V = + 79^\circ$
---	-----------------	----	----	---------------	---	---	-------------------

Zrno ne meji na kanadski balzam; zato upoštevamo, iz istega razloga kot pri zrnu št. 4, podatek z nižjim odstotkom anortita, to je albit z $8\frac{1}{2}\%$ an.

6. zrno							
R	85	20	70	\perp (001)	$10^{1/2}$ ‰ an	$3^{1/2}$ ° NW	$V_1 V_2 = + 86^{1/2}$ °
7. zrno							
R	85	$19^{1/2}$	71	\perp (001)	$10^{1/2}$ ‰ an	3 ° NW	$V_1 V_2 = + 80$ °
8. zrno							
R	83	$19^{1/2}$	73	\perp (001)	10 ‰ an	$1^{1/2}$ ° NW	$2 V = + 86$ °
9. zrno							
B	10	$80^{1/2}$	87	[010]	$8^{1/2}$ ‰ an	$1^{1/2}$ ° NW	$2 V = + 80$ °
D	$80^{1/2}$	$10^{1/2}$	89	\perp RS	$8^{1/2}$ ‰ an	točno	$2 V = + 80$ °

Med plagioklazi smo našli tudi antipertite (tabla 4, sl. 1 in 2). Kalijeve glinenci, izločeni v plagioklazih, so prav različnih oblik in velikosti; to pomeni, da so antipertiti nastali v zvezi z metasomatskimi procesi. Kalijevo metasomatozo lahko dokažemo pri plagioklazih, ki jih ob robovih delno nadomeščajo kalijeve glinenci (tabla 5, sl. 1). Zelo je razširjena sericitizacija plagioklazov.

Torej sestojijo glinenci ravninskih pegmatitov iz mikrokлина, postopnih prehodov ortoklaza v mikroklin in plagioklazov vrste albit-oligoklaz s poprečno $9^{1/2}$ ‰ an. Kalijeve glinenci vsebujejo zelo slabotno pertitsko izločen albit, za plagioklaze pa je značilna kalijeve metasomatoze.

Ravninske pegmatite uvrščamo v skupino pegmatitnih žilnin, značilnih za ves vzhodnoalpski kristalinik. Ker doslej še niso mogli nikjer odkriti globočnin, katerih diferenciacijske produkte bi predstavljale omenjene žilnine, jih nekateri označujejo tudi kot pegmatoidne žilnine. Njihov nastanek si razlagajo prav različno. Tako npr. A. Kieslinger (1935, p. 108) genetsko veže nastanek ustreznih pegmatitnih žilnin Pohorja, Korice in Strojne na neko granitno intruzijo; njene vrhne dele morda predstavljajo gorce granitnega gnajsa v Mislinjskem jarku. Nimajo pa obravnavani pegmatiti ničesar skupnega s sorazmernom mladim, alpidskim pohorskim tonalitom. Nasprotno ima P. Beckmannagetta (1967) pegmatitne ali pagmatoidne žilnine Korice, kot jih imenuje, za mobilizate, nastale med regionalno metamorfozo v samih regionalno metamorfnih kameninah. Njihova starost ni določljiva, gotovo pa niso alpidске.

Po našem mnenju ravninski pegmatiti ne predstavljajo produktov magmatske diferenciacije. Na Strojni namreč ni najti nikjer globočnin, na katere bi lahko genetsko vezali nastanek pegmatitov. Tudi globočnine južneje ležeče karavanške magmatske cone (E. Faninger & I. Strucl, 1978) ne prihajajo v poštev, ker je karavanški tonalit izredno siromašen z aplitnimi žilami; poleg tega vsebujejo od kalijevih glincev samo ortoklaz (E. Faninger, 1976, p. 159). Varisčni granit sicer vsebuje glince podobne sestave (E. Faninger, 1976, p. 160) kot ravninski pegmatiti, toda če bi ravninski pegmatiti res predstavljali diferenciate karavanškega granita, bi moral biti z enakimi žilami preprečen tudi staropaleozojski skrilavec, ki pokriva karavanško magmatsko cono. Vendar v skrilavcu ni pegmatitnih žil. Zato nam drugo ne ostane, kot da tudi nastanek ravninskih pegmatitov vezemo na regionalno metamorfozo. Predstavljajo torej mobilizate, nastale pri anatektičnih procesih za časa

regionalne metamorfoze v globljih delih orogena, odkoder so se izpotili v višje predele in se strdili v obliki pegmatitnih žilnin. Ker ravenski pegmatiti niso vskriljeni, sklepamo, da so morali nastati v končni fazi zadnje regionalne metamorfoze, ki je dokončno oblikovala vzhodnoalpski kristalinik. Ta pa je bila variscična, kot so pokazale raziskave na sosednji Svinški planini (E. Clar & sodel., 1963, p. 49). Za variscično starost ravenskih pegmatitov govori tudi mikroklin poleg postopnih prehodov ortoklaza v mikroklin (S. Karamata, 1959, p. 29).

Na podlagi petrografskih raziskav lahko torej sklepamo, da predstavljajo ravenski pegmatiti variscično tvorbo. Seveda bo treba starost še preveriti z radiometrično metodo. Doslej so pri podobnih prav tako nevskriljenih pegmatitih v Wölzer Tauern z Rb/Sr-metodo določili starost muskovita: 248 ± 29 milijonov let (E. Jäger & K. Metz, 1971). Slično variscično starost lahko pričakujemo tudi pri ravenskih pegmatitih.

Feldspars from pegmatites of Ravne in Carinthia

Summary

Metamorphic rocks of Strojna (Carinthia), especially those occurring at Ravne (fig. 1) are cut by many pegmatitic dike rocks composed mainly of feldspars and quartz; however, schorlite and muscovite are present, too. Universal stage was used for optical study of feldspars and V. V. Nikitin's quadrant diagram for evaluation of data obtained by measuring. In addition, the origin of the pegmatites of Ravne and their age are considered.

Under the microscope potassium feldspars and plagioclases could be distinguished clearly enough in the Ravne pegmatites. Some potassium feldspars exhibit a well developed microcline lattice (plate 1, fig. 1). In this case the microcline is present without doubt as it was proved by the measuring of one grain. Other potassium feldspars apparently correspond to orthoclase (plate 1, fig. 2) or they have somewhat developed the microcline lattice, otherwise, however, they resemble the orthoclase. Optic indicatrix of the 15 measured potassium feldspars indicates a transition from orthoclase to microcline (fig. 2), and the angle of the optic axes corresponds to microcline.

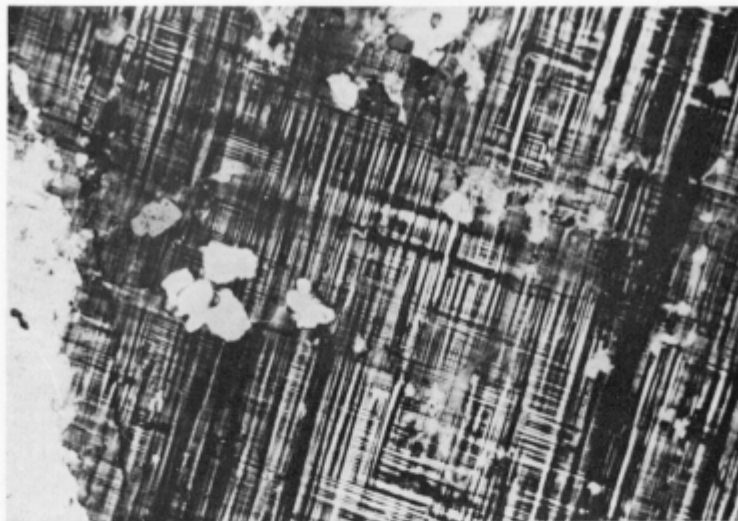
Some potassium feldspars show a weak perthitic exsolution of albite (plate 2, fig. 1). The strings of albite are 0.1 mm long and 0.01 mm wide. Some potassium feldspars and plagioclases are graphic intergrown with quartz (plate 2, fig. 2 and plate 3, fig. 1). Such intergrowths are generally interpreted to be the result of the simultaneous crystallization but they can also be connected with the metasomatic processes.

The plagioclase feldspars of the Ravne pegmatites are characterized by polysynthetic twinning. Their large grains exhibit an undulatory extinction and are usually bent (plate 3, fig. 2). Partly they suit albite, partly oligoclase. Their composition ranges from two to $16\frac{1}{2}$ percent anorthite, the average of 46 grains corresponds to albite having $9\frac{1}{2}$ percent anorthite. Among plagioclases also antiperthite occurs (plate 4, figs. 1, 2). Textural features indicate that the antiperthite developed in the process of metasomatism. Potassium metasomatism

is proved by the samples where the rims of plagioclases are replaced by potassium feldspars (plate 5, fig. 1). Plagioclases are usually sericitized.

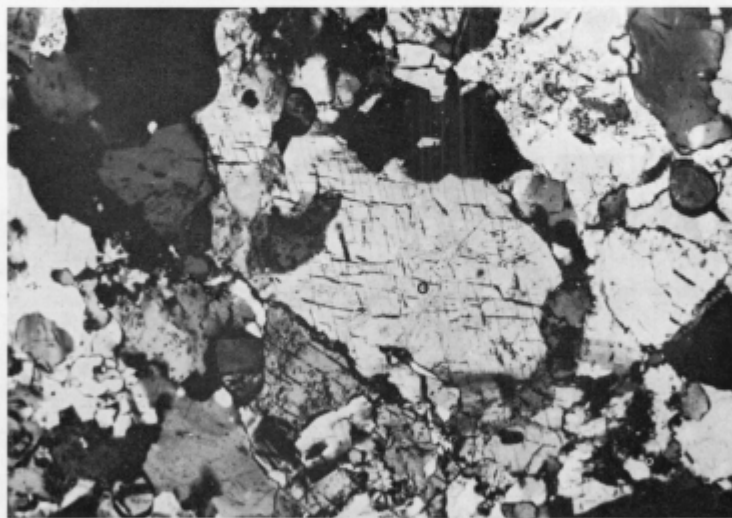
The Ravne pegmatites belong to the group of the pegmatitic dike rocks characteristic of the entire Austroalpine. Sometimes they are considered to be pegmatoid dike rocks. Somewhere they display schistosity, elsewhere they are homogeneous. Their origin is differently explained. According to A. Kieslinger (1935, p. 108) the origin of the pegmatitic dike rocks of Pohorje, the Koralps, and Strojna appears to have been conditioned by a granitic intrusion which could not be evidenced reliably. Doubtlessly they could not be related with the rather young alpine tonalite of Pohorje. On the contrary P. Beck-Mannagetta (1967, p. 7) considered the pegmatoid dike rocks of the Koralps to be mobilizates having originated from the metamorphic rocks during their regional metamorphism. Their age is undeterminable, but an alpine origin cannot be taken into account.

The Ravne pegmatites did not result from a magmatic differentiation as no outcrops of plutonic rocks appear at the surface of Strojna. Neither are they in relation to the plutonic emplacement in the Eastern Karavanke Alps (E. Faninger & I. Štrucl, 1978) as the alpine tonalite there is poor in aplite and only orthoclase is present of the potassium feldspars (E. Faninger, 1976, p. 202). Feldspars of a similar composition occur in granite from the Variscan age of the Karavanke Alps (E. Faninger, 1976, p. 204). If the Ravne pegmatites were in genetic relation to this granite, then the Early Paleozoic schists overlying the plutonic emplacement of the Karavanke Alps should be cut by the pegmatitic dike rocks of the same kind. But such a geologic relation could not be encountered there. Consequently the Ravne pegmatites are interpreted to be mobilizates having originated during a regional metamorphism, and that at the end phasis of its development as they display no schistosity. According to the investigations in the adjacent Saualps (Carinthia) the last metamorphism of the Austroalpine took place during the Variscan orogeny (E. Clar and al., 1963, p. 49). Besides all kinds of transitional varieties from orthoclase to microcline it is microcline that also points to the Variscan age of the Ravne pegmatites (S. Karamata, 1959, p. 33—34). Indeed, the age is to be proved by radiometric dating. The muscovite-age of a similar pegmatite without schistosity from the Wölzer Tauern (Styria) determined by Rb-Sr method is 248 ± 29 million yrs. (E. Jäger & K. Metz, 1971). Such an age could be expected for the Ravne pegmatites.



Sl. 1. Mikroklin z lepo razvito mikroklinsko mrežo. Pegmatit, Ravne na Koroškem, 37 ×, nikola +

Fig. 1. Microcline showing a well developed microcline lattice. Pegmatite of Ravne in Carinthia, 37 ×, nicols crossed

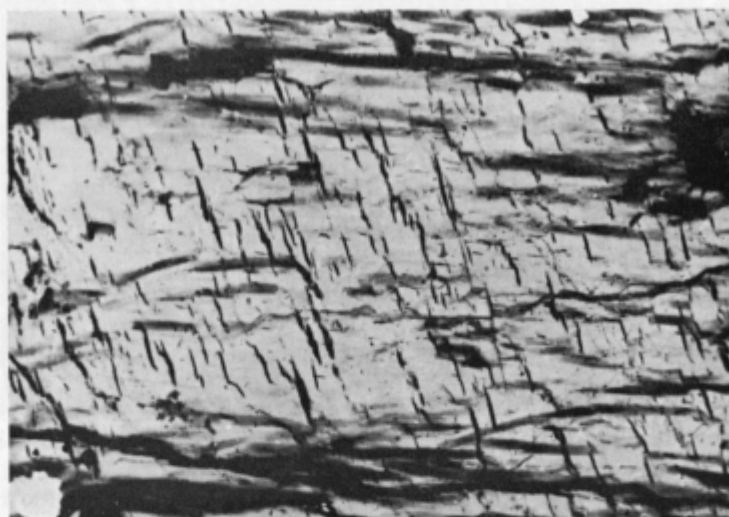


Sl. 2. Kalijev glinenec z videzom crtoklaza (o). Pegmatit, Ravne na Koroškem, 37 ×, nikola +. V zrnju zapažamo dva sistema razkolnih razpok. Tanjše pripadajo (001), debelejšje pa (201). Meritveni podatki:

Fig. 2. Potassium feldspar (o) appears to be orthoclase. Pegmatite of Ravne in Carinthia. 37 ×, nicols crossed. Note two sets of cleavage; the fine cracks correspond to (001) and the thick fissures to (201). The measurements data:

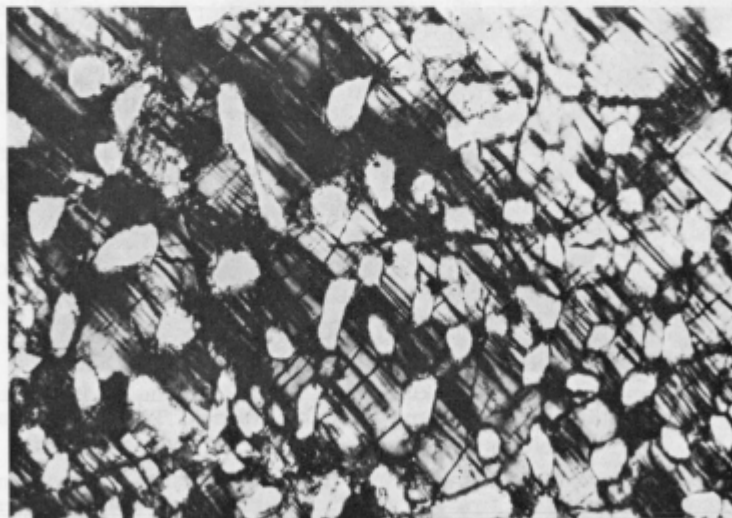
R ₁	80½	11	86	⊥ (001)	Or 9½° E	V ₁ V ₂ = — 85°
					Mi 4° S	
R ₂	84½	70	20	(201)	Or 5½° SE	
					Mi 7½° NW	

Tabla — Plate 2



Sl. 1. Perthit. Vzporedna vlakenca (temno) v mikroklinu predstavljajo albit. Pegmatit, Ravne na Koroškem, 37 \times , nikola +

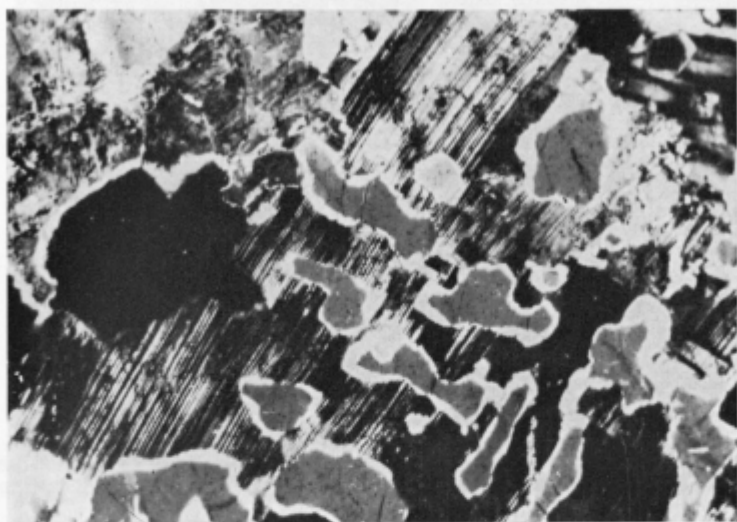
Fig. 1. Perthite. Parallel strings (dark) in microcline is albite. Pegmatite of Ravne in Carinthia, 37 \times , nicols crossed



Sl. 2. Pismenkasto zraščanje mikroklina s kremenom. Pegmatit, Ravne na Koroškem, 37 \times , nikola +

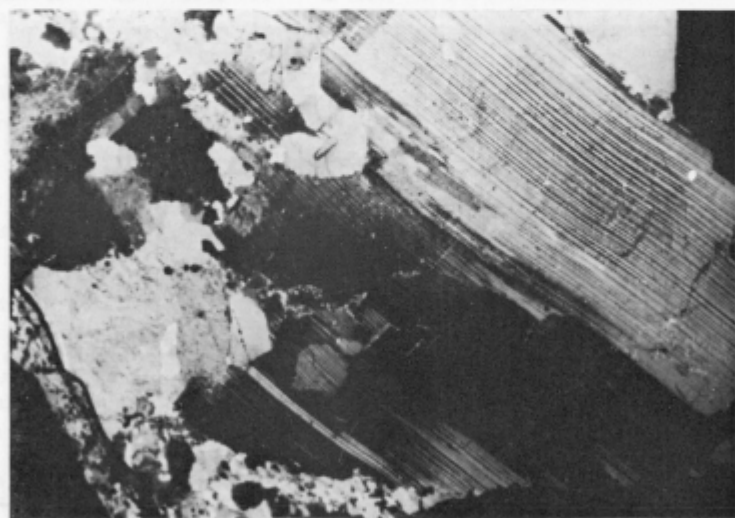
Fig. 2. Graphic intergrowth of microcline and quartz. Pegmatite of Ravne in Carinthia, 37 \times , nicols crossed

Tabla — Plate 3



Sl. 1. Pismenkasto zraščenje plagioklaza s kremenom, 37 \times , nikola +. Pegmatit, Ravne na Koroškem

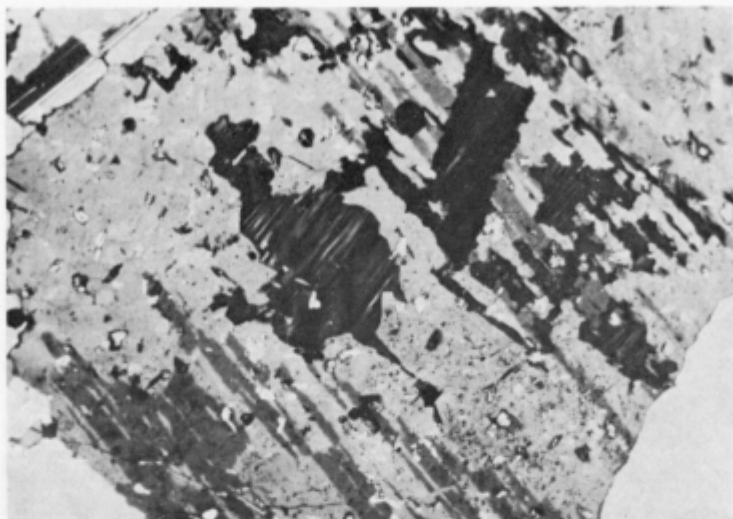
Fig. 1. Graphic intergrowth of plagioclase and quartz. Pegmatite of Ravne in Carinthia, 37 \times , nicols crossed



Sl. 2. Plagioklaz z lepo razvitimi polisintetskimi dvojčki, ki so rahlo upognjeni. Pegmatit, Ravne na Koroškem, 15 \times , nikola +

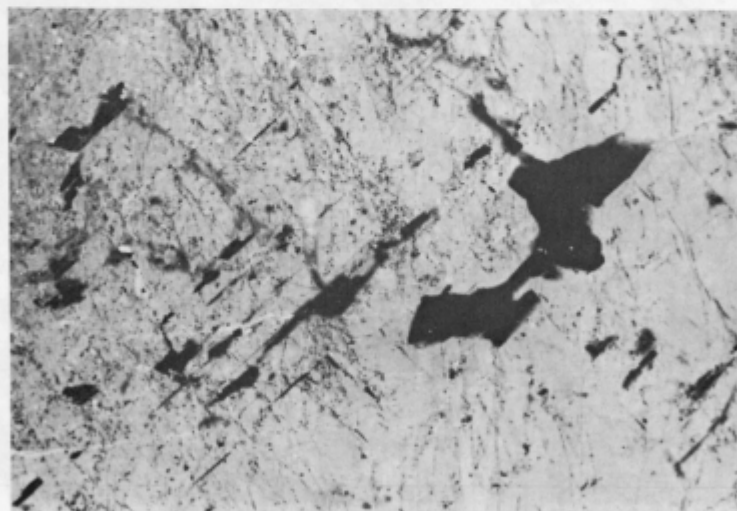
Fig. 2. Plagioclase showing well developed polysynthetic twinning slightly bent. Pegmatite of Ravne in Carinthia, 15 \times , nicols crossed

Tabla — Plate 4



Sl. 1. Antipertit. Svetlejši predeli zrna z lokalno razvitimi dvojčičnimi lamelami predstavljajo plagioklaz. Temnejši predeli so kalijeve glinenci, v katerih že zapažamo porajanje mikroklinske mreže. 37 \times , nikola +. Pegmatit, Ravne na Koroškem

Fig. 1. Antiperthite. Plagioclase (light) showing twin lamellae. Potassium feldspars (dark) characterized by initial growth of the microcline lattice. Pegmatite of Ravne in Carinthia, 37 \times , nicols crossed



Sl. 2. Antipertit. Svetli deli zrna predstavljajo plagioklaz, temne lise v njem pa kalijeve glinence. Pegmatit, Ravne na Koroškem, 37 \times , nikola +

Fig. 2. Antiperthite. The light area of the grain is plagioclase and the dark spots belong to potassium feldspars. Pegmatite of Ravne in Carinthia, 37 \times , nicols crossed



Sl. 1. Plagioklaz (p), ki ga delno nadomešča kalijev glinenec (o). Razkolne razpoke so v obeh glinenecih vzporedne in ustrezajo (001). Pegmatit, Ravne na Koroškem, 37 ×, nikola +

Fig. 1. Plagioclase (p) partly replaced by potassium feldspar (o). Note the parallel cleavage of both feldspars corresponding to (001). Pegmatite of Ravne in Carinthia, 37 ×, nicols crossed

Meritveni podatki za oba glinenca:

The measurements data:

Plagioklaz: R 85 19½ 71 ⊥ (001) 3° NW 10½ % an V₁ V₂ = + 80°
Plagioclase:

Kalijev glinenec: R 90 06 84 ⊥ (001) Or 1° N 2 V = - 80°
Potassium feldspar:

Literatura

Beck-Mannagetta, P. 1967, Die »venoide« Genese der Koralpengneise. Joanneum, Mineralogisches Mitteilungsblatt 1/2, 6—9, Graz.

Clar, E., Fritsch, W., Meixner, H., Pilger, A. & Schönerberg, R. 1963, Die geologische Neuaufnahme des Saualpenkristallins (Kärnten), VI. Carinthia II, Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, 73. bzw. 153. Jg., 23—51, Klagenfurt.

Jäger, E. & Metz, K. 1971, Das Alter der Pegmatite des Raumes Bretstein-Pusterwald (Wölzer Tauern, Steiermark). Schweiz. Mineralogische u. Petrographische Mitteilungen, Band 51, Heft 2/3, 411—414, Zürich.

Faninger, E. 1976, Karavanški tonalit. Geologija, 19. knjiga, 153—210, Ljubljana.

Faninger, E. & Štrucl, I. 1978, Plutonic Emplacement in the Eastern Karavanke Alps. Geologija, 21. knjiga, 1. del, 81—87, Ljubljana.

Karamata, S. 1959, Alkalni feldspati u našim intruzivima. Glasnik Prirodnačkog muzeja, Serija A, Knjiga 11, 3—39, Beograd.

Kieslinger, A. 1935, Geologie und Petrographie des Bachern. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Nr. 7, 101—110, Wien.

Nikitin, V. V. 1936, Die Fedorow-Methode. Borntraeger, Berlin.

Paleontologija in stratigrafija Paleontology and stratigraphy

UDK 501.3+351.36(497.12)-803

Karbonske in permnske plasti pri Logu v Julijskih Alpah

Carboniferous and Permian beds at Log in the Julian Alps

Anton RAVNIK

Katedra za biologijo in paleontologijo, Univerza Karloška v Ljubljani,
61000 Ljubljana, Akademski trg 12

Priloga Komarščji Delnici

Geološki-paleontološki pregled, Slovenska in Jugoslavska
11000 Zagreb, Svetiteljski trgovišče 4/II

Kratka vsebina

Midpaleozoic rocks below Karavanki passes just below Save at Log in the opposite direction of the opposite side of the river, where it is possible to find the Triassic sequence of the Julian Alps. There are outcrops of Upper Carboniferous beds of gzhelian stage and Lower Permian Triassic formation occur. The latter shows both carbonates and clastic development. Another thin layer Schuchertian permianoid siltstone which is described from the Triassic situation.

Angrez

Late Paleozoic horizons of the Karavanki Alps outcrop below the Save valley towards Log on the opposite side of the river, where it is possible to find the Triassic sequence of the Julian Alps. There are outcrops of Upper Carboniferous beds of gzhelian stage and Lower Permian Triassic formation occur. The latter shows both carbonates and clastic development. Another thin layer Schuchertian permianoid siltstone which is described from the Triassic situation.

Uvod

V okviru raziskovalne naloge (stratigrafski razvoj severnih Julijskih Alp so bile v letih 1961 odkrite karbonske in permnske plasti južno od Loga, vzhodno od Kranjske gore). Pomembna so postopoma spodajpermnske plasti z eno serijo fusulinoidov podvrsta in ena vrsta, ki je bila takoj preiskran ali opisana v Sloveniji, razumna je dalje vrsta alpa in tudi Krištopina, prvič ne-
sporno dobljena v Jugoslaviji. Novi odkriti sta najprej vključeni gulič ali jele-
paleozojskih skrilavci, ki prehajajo pod dolino Save in južnih Karavank v Ju-



UDK 551.3+551.736(497.12)=863

Karbonske in permske plasti pri Logu v Julijskih Alpah

Carboniferous and Permian beds at Log in the Julian Alps

Anton Ramovš

Katedra za geologijo in paleontologijo, univerza Edvarda Kardelja,
61000 Ljubljana, Aškerčeva 12

Vanda Kochansky-Devidé

Geološko-paleontološki zavod, Sveučilište u Zagrebu,
41000 Zagreb, Socijalističke revolucije 8/II

Kratka vsebina



Project 5

Mlajšepaleozojska podlaga Karavank preide pod dolino Save pri Logu na nasprotno stran reke, kjer jo pokrivajo triadni skladi Julijskih Alp. Med Kranjsko goro in Gozd-Martuljkom se pokažejo v dveh golicah na površju zgornjekarbonski skladi gželijske stopnje in spodnjepermska trogkofelska formacija v karbonatnem in klastičnem razvoju. Med drugimi fosili je bila določena tudi nova podvrsta fuzulinidne vrste *Schubertella paramelonica* iz trogkofelskega apnenca; po Alpah je dobila ime *alpina*.

Abstract

Late Paleozoic basement of the Karavanke Alps continues below the Sava valley towards Log on the opposite side of the river, where it is overlain by the Triassic sequence of the Julian Alps. There two outcrops of Upper Carboniferous beds of gshelian stage and Lower Permian Trogkofel formation occur. The latter shows both carbonate and clastic development. Among other fossils *Schubertella paramelonica alpina* n. subsp. is described from the Trogkofel limestone.

Uvod

V okviru raziskovalne naloge Biostratigrafski razvoj severnih Julijskih Alp so bile v tretji fazi odkrite karbonske in permske plasti južno od Loga, vzhodno od Kranjske gore. Pomembne so predvsem spodnjepermske plasti z eno novo fuzulinidno podvrsto in eno vrsto, ki je bila tukaj prvikrat najdena v Sloveniji, zanimiva je dalje rdeča alga iz rodu *Efluegelia*, prvič nesporno določena v Jugoslaviji. Novi najdišči sta najbolj vzhodni golici mlajšepaleozojskih skladov, ki prehajajo pod dolino Save iz južnih Karavank v Ju-

lijske Alpe. Karbonske in permske plasti Julijskih Alp zahodno od Kranjske gore in v sosednjih Karavankah sva obdelala že prej; sedaj sta prišli na vrsto novi najdišči, ki predstavljata najbolj vzhodni del odkrite paleozojske podlage pod debelo triadno skladovnico.

Delo so finančno omogočili Raziskovalna skupnost Slovenije, Kulturna skupnost občine Jesenice in Tehniški muzej Železarne Jesenice. Vsem se toplo zahvaljujemo.

Dosedanje raziskave

Na avstrijski rokopišni geološki karti lista Bovec v merilu 1:75 000 so označene med Martuljkom in Kranjsko goro samo triadne plasti. Vzhodno od Velike Pišnice, še v Kranjski gori, je našel F. Teller (1910, 172) prve zgornjekarbonske golice na južni strani savske doline v grapi, ki poteka proti savski strugi okoli 200 m preden prečka stara cesta Veliko Pišnico. F. Teller (l. c. 173) je posebej navedel, da leži to najdišče en kilometer zahodnojužno-zahodno od najdišča karbonskega skrilavca, peščenjaka in fuzulinskega apnenca na pobočju severno od Loga, to je že na karavanski strani, in da sta obe najdišči ločeni med seboj le s kvartarnimi naplavinami savske nižine. Najbolj vzhodno najdišče v severnih Julijskih Alpah je omenil še enkrat (l. c., 182), ko je napisal, da se pokaže paleozojska podlaga na površje 2,6 km zahodno od Martuljkove soteske.

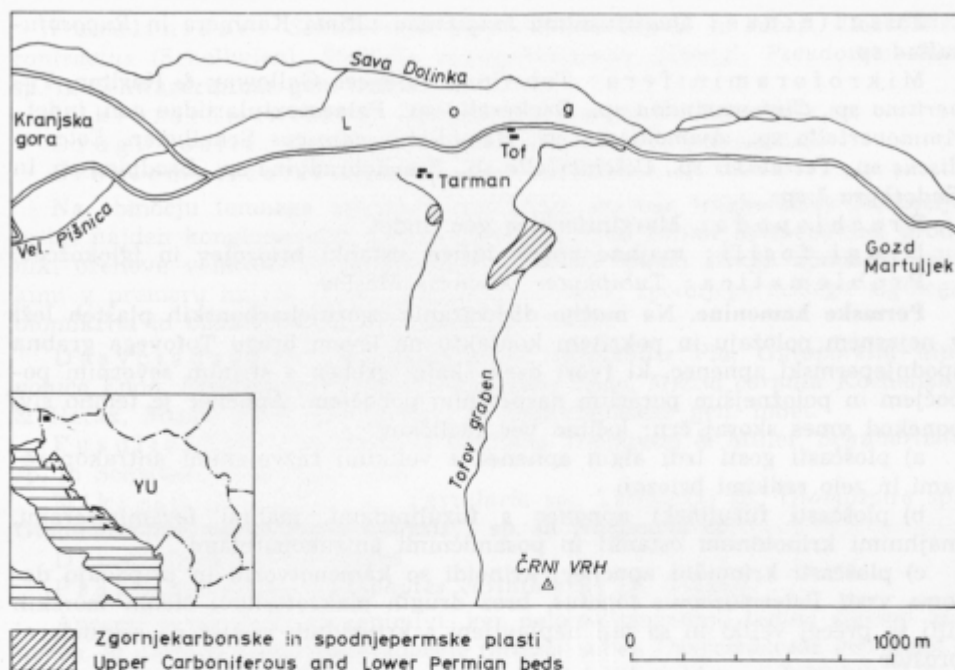
Na pregledni Kossmatovi geološki karti (1913, Taf. (1) III) zahodnega slovenskega ozemlja se vleče na julijski strani med Gozd-Martuljkom in Ratečami južno od kvartarnih naplavin najprej pas karbonskih in permokarbonskih plasti, južno od tod pa nekoliko širši enoten pas permskih in spodnjetriadnih kamenin. Očitno sta oba pasova na tej pregledni karti zelo shematsko prikazana in dejansko nista tako kontinuirana.

Biostratigrafski razvoj mlajšepaleozojskih skladov južno od Loga

Golici mlajšepaleozojskih plasti ležita južno od Loga med Gozd-Martuljkom in Kranjsko goro, večja ob Tofovem grabnu južno od Tofove domačije, manjša pa v grapi južno od Tarmanove domačije (sl. 1).

Golica ob Tofovem grabnu

Zgornjekarbonske kamenine. V levem bregu Tofovega grabna, ki je v spodnjem ravninskem delu široka hudourniška struga z velikimi kosi in bloki, se pokaže slabih 500 m od Tofove domačije najprej okoli dva metra močno dislociranega temno sivega glinastega apnenca z rjavkastimi pegami. V vrhnjem delu je apnenec močno razkosan in deloma zmečkan v glino. Na njem leži temno sivi sljudni kremenov peščenjak, delno glinast, delno nekoliko laporast; vsebuje zoglenele rastlinske ostanke in rjavkasto prepereva. Njegova vidna debelina na površju znaša kake štiri metre; močno je tektonsko dislociran. Na peščenjaku leži dobra dva metra razkosanega kremenovega konglomerata s prevladujočimi belimi kremenovimi prodniki in redkimi črnimi liditnimi oblicami in kremenovim ter peščenim vezivom. Konglomeratu sledi okoli šest metrov črnkasto modrikaste glinice s škrlicami modro sivega glinastega sljud-



Sl. 1. Razširjenost karbonskih in permskih plasti južno od Loga
 Fig. 1. Distribution of Carboniferous and Permian beds south of Log

nega skrilavca, iz katerega je glina nastala. V isti sklop spada ob zgornjem koncu glinastega dela okoli meter debela čer črnega glinastega apnenca z iglokožci. Nad glino je ozemlje pokrito in na površju niso razgaljene nobene druge karbonske kamenine. V prodniku črnega mikritnega apnenca nekoliko niže v strugi je bilo poleg nekaj redkih fuzulinidnih foraminifer tudi nekaj posamičnih majhnih marginiferidnih brahiopodov, ki pa jih ni bilo mogoče preparirati iz trde kamenine. V zgornjekarbonsko serijo spadajo tudi ostanki črnega nekoliko glinastega apnenca s kamenotvornimi antrakoporelami in zelo redki prodniki glinastega apnenca s številnimi fuzulinidnimi foraminiferami iz vrste *Quasifusulina longissima ultima*. Zgornjekarbonski različki apnenca so temno sivi ali črni biomikriti, delno prepredeni z belimi kalcitnimi žilami. V različku s številnimi fuzulinidami in malimi foraminiferami skoraj ni apnenčevih alg, nasprotno pa v antrakoporelskem apnencu večinoma manjkajo fuzulinide, ki pač v alginih goščavah niso mogle uspevati, pač pa so v njem kar pogostne male foraminifere.

V različkih zgornjekarbonskega apnenca so bile določene naslednje okamenine:

Dasycladaceae: *Anthracooporella spectabilis* Pia, *Pseudoepimastopora* sp., *Epimastopora piai* Korde, *Epimastopora* sp. in *Gyroporella* sp.

Rhodophyta: *Efluegelia johnsoni* (E. Flügel) in *Archaeolithophyllum missouriensum* Johnson.

Fusulinidae: *Quasifusulina longissima ultima* Kanmera in *Rugosofusulina* sp.

Mikroforaminifera: *Tuberitina bulbacea* Galloway & Harlton, *Tuberitina* sp., *Climacammina* sp., *Deckerella* sp., *Palaeotextulariidae* gen. indet., *Ammovertella* sp., *Ammodiscus* sp., *Hemidiscus carnicus* Schellwien, *Eoliasiodiscus* sp., *Tetrataxis* sp., *Calcivertella* sp., *Pseudobradyna* sp., *Bradyna* sp. in *Endothyra* ? sp.

Brachiopoda: Marginiferidae gen. indet.

Drugi fosili: majhne polžje hišice, ostanki brizojev in iglokožcev.

Problematica: *Tubiphytes obscurus* Maslov.

Permske kamenine. Na močno dislociranih zgornjekarbonskih plasteh leži v nejasnem položaju in pokritem kontaktu na levem bregu Tofovega grabna spodnjeperski apnenec, ki tvori ozek skalni greben s strmim severnim pobočjem in položnejšim poraslim nasprotnim pobočjem. Apnenec je temno siv, ponekod vmes skoraj črn; ločimo več različkov:

a) ploščasti gosti trdi algin apnenec z velikimi razvejanimi antrakoporelami in zelo redkimi brizoji

b) ploščasti fuzulinski apnenec s fuzulinidami, malimi foraminiferami, majhnimi krinoidnimi ostanki in posamičnimi antrakoporelami

c) ploščasti krinoidni apnenec; krinoidi so kamenotvorni in pripadajo deloma vrsti *Palermocrinus togatus*, brez drugih makrofosilov; členki morskih lilij so precej veliki in so bili naplavljeni s krinoidnih rastišč na sekundarni prostor

č) ploščasti krinoidni apnenec; krinoidov je manj in so majhni, debelejši peclji so redki

d) plastnati in slabo plastnati apnenec s krinoidnimi ostanki in brez drugih vidnih fosilnih ostankov. V posameznih delih so bile najdene zelo redke psevdoschwagerine, oziroma schwagerine, ki pa niso bile zajete v nobenem zbrusku

e) ploščasti in nekoliko glinasti apnenec s prevlekami skorjastih alg z malo ostankov iglokožcev. Skorjaste alge še niso bile sistematično obdelane.

Pokriti del pobočja med odpornimi kameninami sestoji verjetno iz peščeno-skrilave kamenine, ki je običajna v apnencu klastične trogkofelske formacije. Našli smo jo pogosto v Karavankah in v enakem razvoju zahodno od Kranjske gore. Ta skladovnica, debela okoli 10 m, vsebuje tudi biomikrit in droben apnenčev konglomerat s presedimentiranimi zgornjekarbonskimi fuzulinidami (*Rugosofusulina*, *Quasifusulina*) in malimi foraminiferami (*Ammodiscus*).

V tej skladovnici ni bilo mogoče dokazati obmejnih plasti ali psevdoschwagerinskega apnenca. Apnenčevi različki in klastične kamenine pripadajo spodnjemu permu in predstavljajo klastični razvoj trogkofelske formacije. Glinasti skrilavec in peščenjak, ki drugje v tem razvoju prevladujeta, sta bila bržkone pri tektonskih dogajanjih odtrgana od bolj trdnega apnenca in v tem najdišču manjkata.

Različki apnenca v temno sivi apnenčevi skladovnici vsebujejo naslednje fosile:

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia, *Epimastopora alpina* Kochansky & Herak, *Epimastopora piai* Korde in *Connexia slovenica* Kochansky-Devidé.

Codiaceae: *Eugonophyllum* sp. in *Neoanchicodium catenoides* Endo.

Fusulinidae: *Schubertella paramelonica alpina* n. subsp., *Darvasites contractus* (Schellwien), *Staffella zisongzhengensis* (Sheng), *Pseudoreichelina* sp. in Schwagerininae gen. indet.

Mikroforaminifera: *Palaeotextularia* sp. in *Tetrataxis* sp.

Drugi fosili: Crinoidea pl. gen., Bryozoa (Trepotomata).

Problematica: *Tubiphytes obscurus* Maslov.

Na območju temnega apnenca klastičnega razvoja trogkofelske formacije je bil najden konglomeratni blok s prevladujočimi belimi kremenovimi prodniki orehove velikosti in posamičnimi prodniki temno sivoga apnenca, velikimi v premeru največ 10 cm. Raziskani prodniki spodnjepermskega alginoga biomikrita in biomikrita so dali naslednje fosile:

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia, *Gyroporella nipponica* Endo, *Pseudogyroporella mizziaformis* Endo, *Mizzia cornuta* Kochansky & Herak, *Mizzia yabei* (Karpinsky) in Dasycladaceae gen. indet.

Fusulinidae: *Schubertella australis* Thompson & Miller, *Schubertella* sp. in Schwagerininae gen. indet.

Mikroforaminifera: *Textularia* sp., *Tetrataxis* sp., *Glomospira* sp., *Globivalvulina* sp., *Endothyranopsis* ? sp. in *Nodosaria* sp.

Drugi fosili: Crinoidea.

Problematica: *Tubiphytes carinthiacus* (E. Flügel).

Apnenčevi prodniki so zanimivi, ker deloma pripadajo temno sivemu apnencu, ki vsebuje redke dazikladaceje (*Mizzia yabei*, Dasycladaceae gen. indet.). Apnenec s takšnimi zelenimi algami doslej ni bil najden v Julijskih Alpah na prvotnem kraju.

Na temnem in črnem apnencu leži v nejasnem položaju rožnati, rdeči, mesnato rdeči in rdečkasto rjavi apnenec z značilnimi različki pisanega trogkofelskega apnenca v Dolžanovi soteski nad Tržičem. Barva kamenine se večinoma brez postopnih prehodov naglo spreminja in seveda nima stratigrafskega pomena. Najbolj pogosten je krinoidni apnenec, za njim sledi algin apnenec, nato pa rdeči apnenec s krinoidi, apnenčevimi algami in zelo redkimi brahiopodi. Fusulinide niso v pisanem apnencu pogostnejše kot v Dolžanovi soteski. Pomembno pa je, da vsebuje apnenec tudi tu paratriticite. Apnenec spremlja rdečkasta trogkofelska breča z različnimi trogkofelskimi kosi (biosparitni, oosparitni, mesnato rdeči biomikritni) in zgornjekarbonskimi intraklasti. V rožnatem in rdečem trogkofelskem apnencu (intrabiomikrit) so bili določeni tile fosili:

Dasycladaceae: *Pseudoepimastopora* sp.

Rhodophyta: *Efluegelia johnsoni* (E. Flügel).

Fusulinadae: *Paratriticites*, verjetno *P. jesenicensis* in *Schubertella* sp.

Mikroforaminifera: *Palaeotextularia* sp., *Tetrataxis* sp.

Brachiopoda: *Meekella* cf. *demissa* Schellwien, *Martinia* sp.

Drugi fosili: Crinoidea in Bryozoa.

Trogkofelska rožnata in rdeča breča vsebuje kose oosparitov, biosparitov, mesnato rdeči biomikrit in karbonske kose. Določene so bile približno iste vrste fosilov kot v darvasitnem apnencu, vendar so fuzulinide redkejše in pripadajo naslednjim oblikam:

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia in *Epimastopora piai* Korde.

Codiaceae: *Eugonophyllum* sp.

Rhodophyta: *Efluegelia johnsoni* (E. Flügel).

Fusulinidae: *Schubertella australis* Thompson & Miller, *Boultonia* sp., Fusulinida gen. indet. in *Protriticites* sp. (resedimentiran iz zgornjekarbonskih plasti).

Mikroforaminifera: *Tuberitina* sp., *Tetrataxis* sp., *Globivalvulina* sp. in *Pseudobradyna* sp.

Drugi fosili: Anthozoa, Crinoidea, Bryozoa in Sphaerae.

Problematica: *Tubiphytes obscurus* Maslov in *Bacinella* sp.

Na pisanem trogkofelskem apnencu leži v nejasnem kontaktu na zelo zaraščenem svetu svetlo sivi, sivi in ponekod blede rožnati neplastnati grebenski apnenec ali nejasno plastnati organogeni apnenec, ki imata značilnosti karavanškega trogkofelskega apnenca. Tudi nad Tofovim grabnom ima ta apnenec največjo debelino. Ni pa bilo mogoče ugotoviti, ali leži sivi apnenec povsod na rožnatem in rdečem apnencu, ali pa pisani apnenec prehaja tudi lateralno v sivega. Svetlo sivi apnenec vsebuje predvsem krinoide, med fusulinidami pa darvasite; ta apnenec lahko vzporejamo z darvasitnim apnencem v Karavankah, na primer z apnenčevo čerjo pri Lenčku. Iz tega apnenca, ki je intrabiomikrit, biosparit ali biopelsparit, poznamo naslednje fosile:

Dasycladaceae: *Epimastopora* sp.

Fusulinidae: *Staffella* sp., *Schubertella* sp., *Darvasites* sp., *Paratriticites* sp. in Schwagerininae gen. indet.

Mikroforaminifera: *Palaeotextularia* sp., Palaeotextulariidae gen. indet. in *Tetrataxis* sp.

Drugi fosili: Crinoidea, Echinoidea in Bryozoa.

Problematica: *Tubiphytes obscurus* Maslov.

Najdišče v Tarmanovi grapi

Zgornjekarbonske kamenine. Južno od Tarmanove domačije so razgaljene v Tarmanovi grapi ob robu gozda in travnika na majhnem področju močno dislocirane zgornjekarbonske in spodnjepermske plasti. Ob prelomu mejé na zmečkani ladinski glinovec.

Med zgornjekarbonske kamenine spada sivi srednjezrnati kremenov konglomerat s kremenovim in peščenim vezivom. Zelo redki so v njem liditovi prodniki. V strugi leže večji in manjši kosi konglomerata, izrinjeni pri premikanjih. Redki so kosi temno sivega kremenovega peščenjaka s precej sljude in redkimi zoglenelimi rastlinskimi ostanki. Vrhnjim karbonskim plastem pripada skoraj gotovo tudi modro siva glina s posamičnimi ostanki skrilavih ploščic, ki je nastala pri premikanju in gnetenju modrikasto sivega glinastega skrilavca. V tem najdišču ni zgornjekarbonskega apnenca, dokazanega paleontološko.

Spodnjepermske kamenine. V Tarmanovi grapi nisva našla rotnoveških plasti in na površju ni apnenca z značilnimi psevdoschwagerinami, oziroma schwagerinami. Prevladuje temno sivi in sivi apnenec, ki je bil tektonsko razkosan v večje in manjše bloke in ponekod celo zdrobljen. Prepreden je z belimi

kalcitnimi žilami. Manj je drobnozrnate apnenčeve breče z resedimentiranimi zgornjekarbonskimi triticiti in zdrobljenimi antrakoporelami. V posameznih delih kamenine so številne fuzulinide, ki jih spremljajo pogosti ostanki apnenčevih alg. Redki so majhni marginiferidni brahiopodi, ki jih ni bilo mogoče dobiti celih iz kamenine. Povečini je apnenec brez fuzulinid, pač pa vsebuje ostanke iglokožcev in apnenčevih alg. Zanimivo je, da v Tofovem grabnu manjka apnenec, bogat s fuzulinidami, čeprav je tam kar precej kameninskih različkov z različnimi fosili, ki pripadajo naslednjim oblikam:

Dasycladaceae: *Anthracoporella spectabilis* Pia, *Epimastopora alpina* Kochansky & Herak in *Epimastopora* sp.

Fusulinidae: *Schubertella paramelonica alpina* n. subsp., *Schubertella* cf. *kingi* Dunbar & Skinner, *Bivaella* sp., *Darvasites contractus* (Schellwien), *Pseudofusulina* cf. *rakoveci* Kochansky-Devidé, *Pseudofusulina* sp. in *Triticites* sp. (resedimentiran iz zgornjekarbonskih plasti)

Mikroforaminifera: *Tuberitina* sp., *Deckerella* sp., *Palaeotextularia* sp. in *Glomospira* sp.

V tem najdišču ni rožnatega ali rdečega trogkofelskega apnenca in tudi ne svetlo sivega grebenskega apnenca. Vzrok temu so bila tektonska dogajanja, pri katerih so prišle opisane mlajšepaleozojske kamenine ob prelomu v kontakt z ladinskimi glinovcem.

Opis taksonov

Chlorophyta

Mizzia yabei (Karpinsky)

Tab. 1, sl. 1

1972 *Mizzia yabei* (Karpinsky), H o m a n, str. 221—223, tab. 6, sl. 49—50 (tu sinonimija).

W. H o m a n je opisal 40 zbruskov z omenjeno vrsto iz Karnijskih Alp; našel jo je v vseh treh oddelkih rotnoveških plasti in v trogkofelskih skladih. E. F l ü g e l je ni nikoli našel. V Jugoslaviji je vrsta znana iz trogkofelskega apnenca zahodnih Karavank (2 najdišči) in sedaj je bil določen en tipični vzdolžni prerez podolgastega členka s slabo poapnelim držalom. Slednje je razlog, da sva prerez, ki je po velikosti vejic podoben vrsti *Gyroporella nipponica*, s katero je v združbi, prištel miciji. Pri nas je vrsta vsekakor redka.

Rhodophyta

Efluegelia johnsoni (E. Flügel, 1966)

Tab. 1, sl. 2

1980 *Efluegelia johnsoni* (E. Flügel), F l ü g e l, E., str. 163, tab. 8, sl. 9, 10 (tu sinonimija)

Rod *Efluegelia* Vachard (v: M a s s a & V a c h a r d, 1979, str. 34) iz zgornjega karbona in celega perma, je prištel V a c h a r d med Porifera, medtem ko je ostal F l ü g e l pri skupini Rhodophyceae inc. sed. F l ü g e l je kot avtor vrste opisal pod imenom roda *Cuneiphycus* Johnson, 1960 skorjaste sesilne prevleke, spojene med seboj s tankimi stolpiči. Vendar je izhodiščni *Cuneiphycus* večji, bolj grobo zgrajen ter ima debelejšje skorje in stolpiče bolj redko

postavljene. Za sedaj sta priznana oba rodova, le glede njihove višje taksonomske prištevnosti se avtorji ne morejo zediniti, ker pač o njihovih fosilnih ostankih premalo vemo. Vrsto *E. johnsoni* poznamo že iz sedmih opisov. Tudi v Jugoslaviji je vrsta verjetno bolj razširjena, kot bi sklepali po literaturi. V. Kochansky-Devidé jo je do sedaj namenoma prezrla, ker se ji je zdelo, da kaže premalo značilnosti za postavitev taksona. Z Loga imamo torej prvo zanesljivo najdišče v Jugoslaviji, in sicer iz karbonskih plasti, mesno rdečega apnenca in iz breče trogkofelske stopnje.

Talus je bil inkrustiran; tvori prevleke na drugih organizmih, najbolj pogosto na krinoidnih pecljih. Posamezne skorje rastejo malo zakrivljene, v širokem loku, ena čez drugo v pravilnih presledkih. Stolpiči med posameznimi neravnimi skorjami cikcakastega prereza so vidno tanjši od skorij. Stolpiči — vertikalne vezi — so precej blizu drug drugemu, tako da so »okenca«, ki jih vidimo v vertikalnem prerezu, bolj visoka kot široka.

E. johnsoni se razlikuje od vrste *Cuneiphycus aliquantulus* Johnson po bolj fini zgradbi, gostejših in tanjših skorjah in posebno po tem, da so stolpiči veliko bliže drug drugemu. Tudi raste navadno le malo izbočena, redko prstasto, kar je za *Cuneiphycus* navadna oblika.

Primerki iz Slovenije se v vsem ujemajo s tistimi v Karnijskih Alpah, le da niso rumeni kot med, kar bi naj bila značilnost avstrijskih primerkov.

Fusulinidae

Schubertella paramelonica alpina n. subsp.

Tab. 2, sl. 2, 3

1965 *Schubertella* ex gr. *paramelonica* Sulejmanov; Ramovš & Kochansky-Devidé, str. 9—11, tab. 2, sl. 10—14.

1970 *Schubertella* ex gr. *paramelonica* Sulejmanov; Kochansky-Devidé, str. 190 in 229—230, tab. 4, sl. 1—5.

1973 *Schubertella* cf. *paramelonica* Sulejmanov; Kochansky-Devidé & aut., str. 7.

? 1978 *Schubertella* ex gr. *melonica* Dunbar & Skinner; Leven & Ščerbovič, str. 85, tab. 1, sl. 6

1980 *Schubertella* ex gr. *paramelonica* Sulejmanov; Kahler & Kahler, str. 188—189, tab. 1, sl. 8

Schubertella je v Sloveniji, Avstriji in severnovzhodni Italiji (Goggau, Seikofel, Forni Avoltri) precej pogosta in razširjena vedno le v trogkofelskih skladih. Obsega torej alpsko ombočje, kar je dalo podvrsti ime: alpinus, — a = = alpski, — a.

Holotip je aksialno prerezan primerek generacije A iz zbruska 28 a Log, Tarmanova grapa, zbirka zbruskov katedre za geologijo in paleontologijo fakultete za naravoslovje in tehnologijo v Ljubljani. Tab. 2, sl. 3.

Stratum typicum: Zgornji del spodnjega perma, trogkofelski skladi, mikrobrečasti facies.

Locus typicus: Tarmanova grapa, Log pri Martuljku, Slovenija.

Diagnoza: Manjša podvrsta vrste *Schubertella paramelonica* Sulejmanov, 1949, z zelo izrazitim dimorfizmom: makrosferična generacija je zaobljeno bikonična (razlika od *S. paramelonica minor*) z 2,5 do 3 navoji; mikrosferična

ovoidna generacija pa je znatno večja in ima do 5,5 navojev, navitih bolj na ozko.

Opis podvrste: Os hišic generacije *A* je zelo malo premaknjena, medtem ko je v juvenariju generacije *B* zelo poševna ali celo vertikalna na poznejšo os. Zdi se, da so primerki generacije *B* bolj pogostni. Generaciji se ločita tudi po zunanji obliki: generacija *A* je bikonična, generacija *B* pa ovoidna; tudi v generaciji *B* se vidi, da sta v 3. ali 4. navoju pola nekoliko bolj priostrena, kar daje približno bikonično obliko. Navoji priraščajo v generaciji *A* nekoliko hitreje. Septa so zakrivljena in v polih le rahlo nagubana. Ustje je vidno in homi dobro razviti. Prolokulum ima premer 0,088 mm pri holotipu (0,080 drugi fotografirani primerek). Ostale dimenzije: L 0,83 mm (0,82), D 0,46 (0,45), L/D obeh primerkov je 1,8. Navoji so trije.

Primerjava: *S. melonica* Dunbar & Skinner je večja in nekoliko širša, bolj okroglih hom. *S. paramelonica* Sulejmanov je tudi večja in nekoliko hitreje prirašča. Podvrsta *S. paramelonica minor* Sulejmanov je manjša in napihnjeno ovoidna. Poudariti je treba, da so si vse te oblike zelo blizu in tudi starostno ekvivalentne (zgornja formacija Leonard v Teksasu, srednji in zgornji tastubski in redko sterlitamaksi horizont v Priuralju in trogkofelski apnenec do vključno skladov Gogaua v Alpah). Gre torej za lep primer ozkih vika-rijskih taksonov.

Staffella zisongzhengensis (Sheng)

Tab. 2, sl. 5

1979 *Staffella zisongzhengensis* (Sheng); Nguyen, D. T., str. 112—113, tab. 15, sl. 1—2 (tu sinonimija).

Ta vrsta ni debelo navtiloidna kot je pri večini stafel, temveč je sferična in v aksialnem prerezu vendar neznatno rombična. Dolžina (L) edinega primerka je 0,78 mm, premer (D) 0,84 mm, L/D 0,93, zunanji premer začetnega prekata 0,055 mm, največja debelina spiroteke, ki mestoma kaže keriotekalno plast, pa 0,01 mm. Ima sedem navojev. Primerek je nekoliko manjši in ne dosega 10 navojev kot jih ima holotip.

Vrsta je znana v zgornjem permu v južni Kitajski (združba: vrste najmlajših fuzulinidnih rodov *Codonofusiella*, *Reichelina* in dolgotrajnih *Nankinella* in *Dunbarula*) v apnencu Wuchiaping (Sheng, 1963). V Kampučiji navaja Nguyen nekoliko starejšo zgornjepermsko združbo (*Sumatrina*, *Colania*, *Kahlerina*, *Verbeekina*), na drugem najdišču so *Lepidolina*, *Chusenella*, *Verbeekina*. Golica spodnjepermskega apnenca ob Tarmanovi grapi je do sedaj najstarejše najdišče te vrste v Sloveniji.

Pregled izsledkov

Na novo odkriti najdišči predstavljata najbolj vzhodni del razgaljenih mlajšepaleozojskih skladov v severnih Julijskih Alpah in so del karavanško-julijske predmezozojske podlage.

Paleontološko sva dokazala vrhnje zgornjekarbonske plasti (gželijska stopnja) in zelo različne kamenine spodnjepermske trogkofelske formacije (artinskijska in chihsijska stopnja). Rotnoveške plasti in srednje ter zgornjepermske

kamenine tamkaj niso nikjer na površju; močna tektonska premikanja so predmezozojsko podlago zgubala in razlomila in ob prelomih so se posamezni deli premaknili v različnih smereh in se izrinili iz paleozojske skladovnice. Prvikrat je bila v Jugoslaviji v zgornjekarbonskih plasteh in v vrhnjem delu spodnjeperskega apnenca nesporno ugotovljena rdeča alga *Efluegelia johnsoni*, opisana je nova spodnjeperska fuzulinidna podvrsta *Schubertella paramelonica alpina* in prvikrat v Sloveniji najdena tudi *Staffella zisongzhengensis*, ki ima v spodnjeperskih plasteh Julijskih Alp svoje doslej najstarejše znano najdišče.

Description of the new subspecies

Schubertella paramelonica alpina n. subsp.

Pl. 2, figs. 2, 3

1965 *Schubertella* ex gr. *paramelonica* Sulejmanov; Ramovš & Kochansky-Devidé, pp. 9—11, pl. 2, figs. 10—14.

1970 *Schubertella* ex gr. *paramelonica* Sulejmanov; Kochansky-Devidé, pp. 190 and 229—230, pl. 4, figs. 1—5.

1973 *Schubertella* cf. *paramelonica* Sulejmanov; Kochansky-Devidé & aut., p. 7.

? 1978 *Schubertella* ex gr. *melonica* Dunbar & Skinner; Leven & Ščerbovič, p. 85, pl. 1, fig. 6.

1980 *Schubertella* ex gr. *paramelonica* Sulejmanov; Kahler & Kahler, pp. 188—189, pl. 1, fig. 8.

The mentioned form of *Schubertella* appears to be very common in Slovenia, Austria and Italy, but always only in Trogkofel beds. Thus it is recorded from the Alpine area and therefrom the name of the new subspecies is derived.

Holotype: Axial section of the specimen representing the form A. Thin section No. 28 a Log. Pl. 2, fig. 3.

Repository: Collection of the Department of Geology and Paleontology, Faculty of Sciences and Technology, 61000 Ljubljana.

Type horizon: Upper part of Lower Permian beds. Trogkofel formation, microbreccia.

Type locality: Tarman's gully. Village Log near Martuljek, W Slovenia, NW Yugoslavia.

Diagnosis: A small sized subspecies of the species *Schubertella paramelonica* Sulejmanov 1949, showing distinct dimorphism: megaspheric generation is roundly biconic (this makes the main difference from *Schubertella paramelonica minor*), having 2,5 to 3 volutions; microspheric ovoid generation is, however, rather large sized and very closely coiled, up to 5.5 volutions.

Description: The shell axis of the A-generation is very little tilted, whereas in juvenarium of the B-generation it is rather inclined or even perpendicular to the later axis. The specimens of the B-generation appear to be most common. The generations also differ in their shapes: the A-generation is biconical, the B-generation however ovoid; but the polar zones of the third or fourth volution are somewhat more acutely pointed and consequently almost biconical. The A-generation more tightly coiled. Septa bent and slightly plica-

ted at polar zones only. Aperture is visible and chomata massive and broad. Diameter of proloculum 0.088 mm (holotype) and 0.080 (the second specimen photographed). Other measurements: L 0.83 mm (0.82), D 0.46 (0.45), L/D for both specimens 1.8; number of volutions 3.

Remarks: *Schubertella melonica* Dunbar & Skinner is larger in size and wider, having more spherical chomata. *Schubertella paramelonica* Sulejmanov is also larger in size, tightly coiled. The subspecies *Schubertella paramelonica minor* Sulejmanov is smaller in size, but ovally swollen. It is noteworthy that all the forms mentioned above are closely related and equivalent in stratigraphic position (Upper Leonardian formation of Texas, Middle and Upper Tastub and Sterlitamak /rarely/ of Priuralje region, and Trogkofel limestone inclusive of Gogau beds in the Alps), and thus represent close vicarious taxa.

Literatura

Flügel E. & Flügel-Kahler, E. 1980, Algen aus den Kalken der Trogkofel-Schichten der Karnischen Alpen. In: E. Flügel: Die Trogkofel-Stufe im Unterperm der Karnischen Alpen. Carinthia II, 36, Sonderh., 113—182. Klagenfurt.

Homan, W. 1972, Unter- und tief-mittelpermische Kalkalgen aus den Rattendorfer Schichten, dem Trogkofelkalk und dem Tressdorfer Kalk der Karnischen Alpen (Oesterreich). Senckenbergiana lethaea 53, 135—313, Frankfurt/M.

Johnson, J. H. 1960, Palaeozoic Solenoporaceae and related red algae. Quarterly Colorado School of Mines 55, Nr. 3, XIII + 77, 23 tab. Golden, Colorado.

Kahler, F. & Kahler, G. 1980, Fusuliniden aus den Kalken der Trogkofel-Schichten der Karnischen Alpen. In: E. Flügel: Die Trogkofel-Stufe im Unterperm der Karnischen Alpen. Carinthia II, 36, Sonderh., 183—258. Klagenfurt.

Kochansky-Devidé, V. 1970, Permski mikrofosili zahodnih Karavank. Geologija 13, 175—256, Ljubljana.

Kochansky-Devidé, V., Buser, S., Cajhen, J. & Ramovš, A. 1973, Podroben profil skozi trogkofelske plasti v potoku Košutnik v Karavankah. Razprave Slov. akad., razr. IV, 16, 171—184, Ljubljana.

Kossmat, F. 1913, Die adriatische Umrandung in der alpinen Faltenregion. Mitt. Geol. Ges. 6, 61—165, Taf. III, IV, Karte des alpin-dinarischen Grenzgebietes. Wien.

Leven, E. Ja. & Ščerbovič, S. F. 1978, Fuzulinidy i stratigrafija assel'skogo jarusa Darvaza. Izd. »Nauka«, 1—162, Moskva.

Massa, D. & Vachard, D. 1979, Le Carbonifère de Libye occidentale: biostratigraphie et micropaléontologie. Revue l'Inst. franç. pétrole 34, No. 1, 3—48, 19. sl., 9 tab., Paris.

Nguyen, D. T. 1979, Etude micropaléontologique (Foraminifères) de matériaux du Permien du Cambodge. Thèse, Univ. de Paris Sud, Centre d'Orsay, 1—166.

Ramovš, A. 1974, Biostratigrafski dosežki v paleozoiku Slovenije v zadnjih 20 letih. 8. jugoslov. geol. kongres, Bled 1.—5. oktobra 1974: 2: paleontologija, sedimentologija, stratigrafija, 27—44, Ljubljana.

Ramovš, A. & Kochansky-Devidé, V. 1979, Karbonske in permske plasti v severnih Julijskih Alpah. Geologija 22, 21—54, Ljubljana.

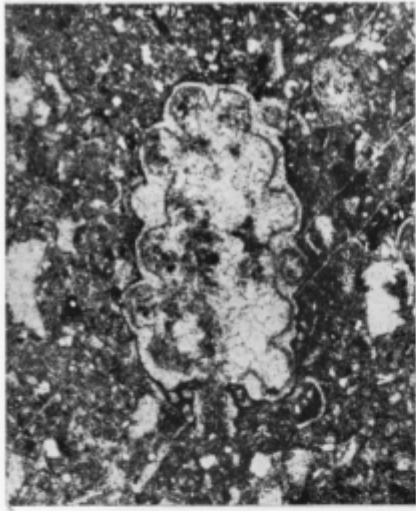
Rokopisna geološka karta lista Bovec (Flitsch) v merilu 1:75 000. Dunajski geološki zavod.

Sheng, J. C. 1963, Permian Fusulinids of Kwangsi, Kueichow and Szechuan. Palaeont. Sinica (N. S. B.) No. 149 (10), Akad. Sinica, 122—247, 36 tab., Peking.

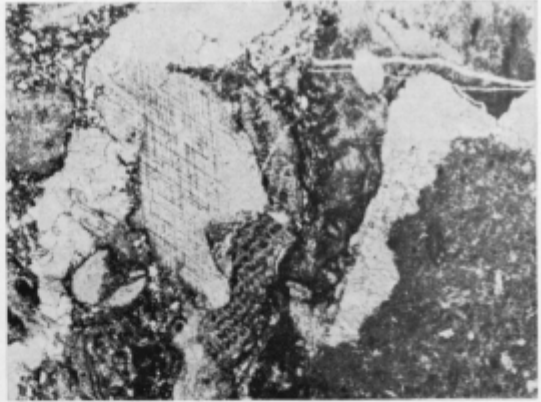
Teller, F. 1910, Geologie des Karawankentunnels. Denkschr. Math.-naturwiss. Kl. Akad. Wissensch. 82, 143—250, Taf. II, III, Wien.

Tabla 1 — Plate 1

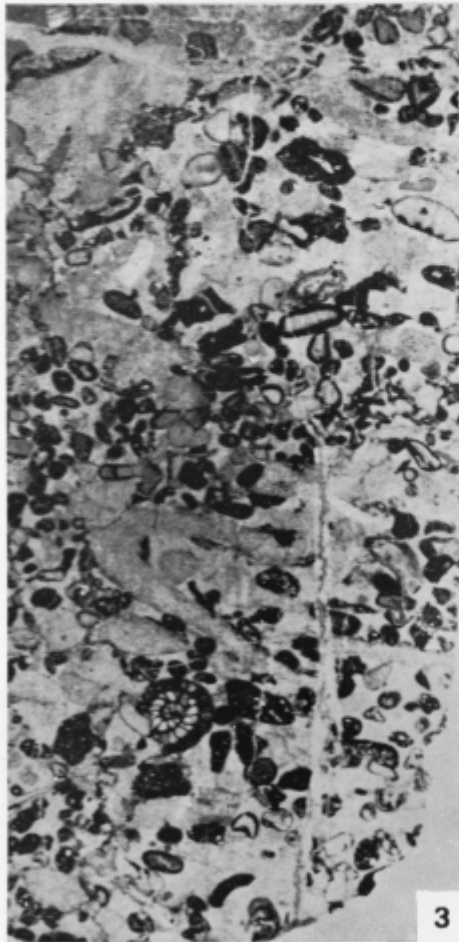
- 1 *Mizzia yabei* (Karpinsky)
Spodaj je viden majhen členek, obraščen s sesilnimi foraminiferami
Tofov graben, Log, 70/1—80. × 20
A small stem segment with attached foraminifers (below)
Tof's graben, Log, 70/1—80. × 20
- 2 *Efluegelia johnsoni* (E. Flügel)
Tofov graben, Log, 25 a/79. × 30
Tof's graben, Log, 25 a/79. × 30
- 3 Biopelsparit z rodov *Darvasites*, dasikladacejami in krinoidnimi peclji
Tofov graben, Log, 25 a/79. × 6
Darvasites, Dasycladaceae, and crinoidal fragments from biopelsparite
Tof's graben, Log, 25 a/79. × 6
- 4 *Gyroporella nipponica* Endo (zgoraj — above)
Tubiphytes obscurus Maslov (spodaj — below)
Tofov graben, Log, 70/1—80. × 20
Tof's graben, Log, 70/1—80. × 20
- 5 *Anthracoporella spectabilis* Pia
Vidne so dvakrat rogovilaste vejice
Tofov graben, Log, 70/1—80. × 60
Twice-dichotomous branches are seen
Tof's graben, Log, 70/1—80. × 60
Bradyina sp. (desno — right)
Tofov graben, Log, 70/1—80. × 60
Tof's graben, Log, 70/1—80. × 60



1



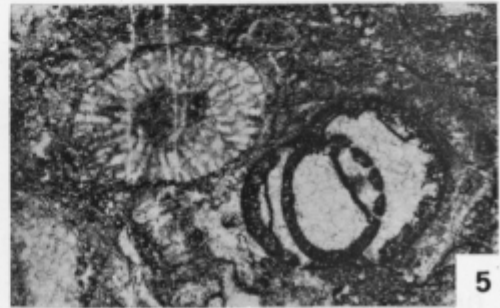
2



3



4



5

Tabla 2 — Plate 2

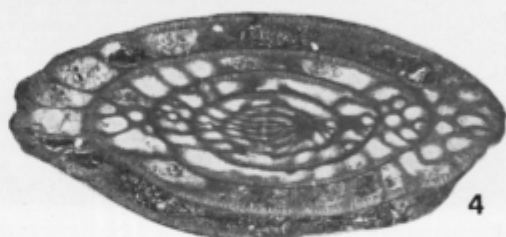
- 1 *Archaelithophyllum missouriensum* Johnson
Tofov graben, Log, T₂/80-a. × 20
Tof's graben, Log, T₂/80-a. × 20
- 2—3 *Schubertella paramelonica alpina* n. subsp. × 60
 - 2 Iz zbruska — From a thin section
Tofov graben, Log, T₄/80-a
Tof's graben, Log, T₄/80-a
 - 3 Holotypus
Tarmanova grapa, Log, 28 a/80
Tarman's gully, Log, 28 a/80
- 4 *Darvasites contractus* (Schellwien)
Tofov graben, Log, T₄/80-a. × 20
Tof's graben, Log, T₄/80-a. × 20
- 5 *Staffella zisongzhengensis* (Sheng)
Tofov graben, Log, T₄/80-a. × 40
Tof's graben, Log, T₄/80-a. × 40
- 6 *Pseudobradyna* sp
Tofov graben, Log, T₂/80-c. × 60
Tof's graben, Log, T₂/80-c. × 60
- 7 *Ammodiscus* sp
Tofov graben, Log, T₁/80-b. × 60
Tof's graben, Log, T₁/80-b. × 60
- 8 *Hemidiscus carnicus* Schellwien
Tofov graben, Log, T₃/80-b. × 60
Tof's graben, Log, T₃/80-b. × 60
- 9, 10 *Calcivertella* sp
Tofov graben, Log, T₂/80-c; T₁/80-a. × 40
Tof's graben, Log T₂/80-c; T₃/80-a. × 40



1



2



4



3



5



6



7



8



9

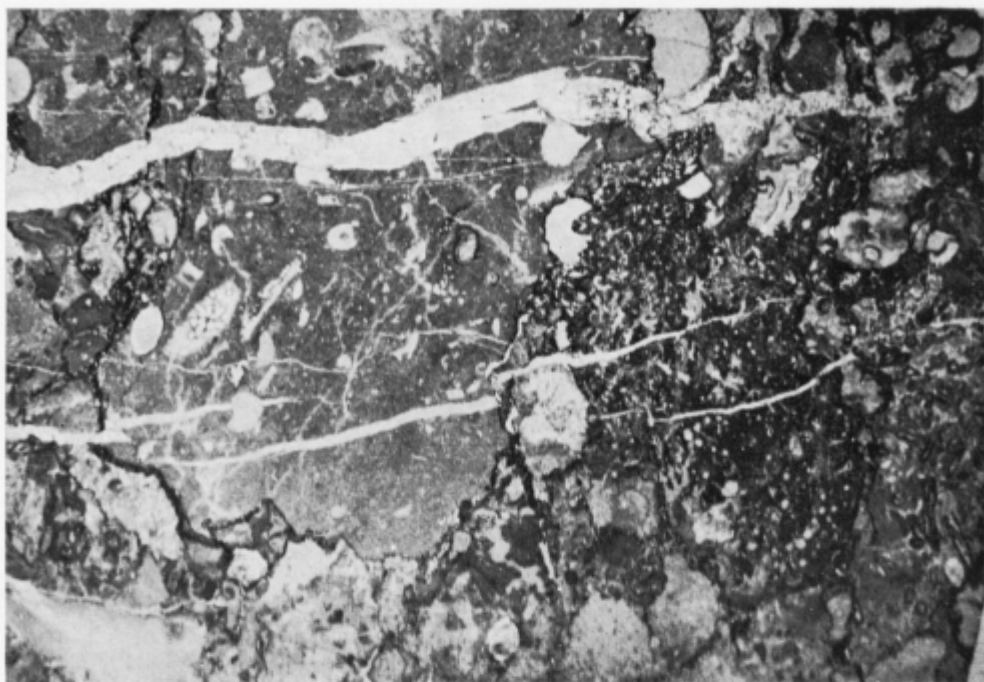


10

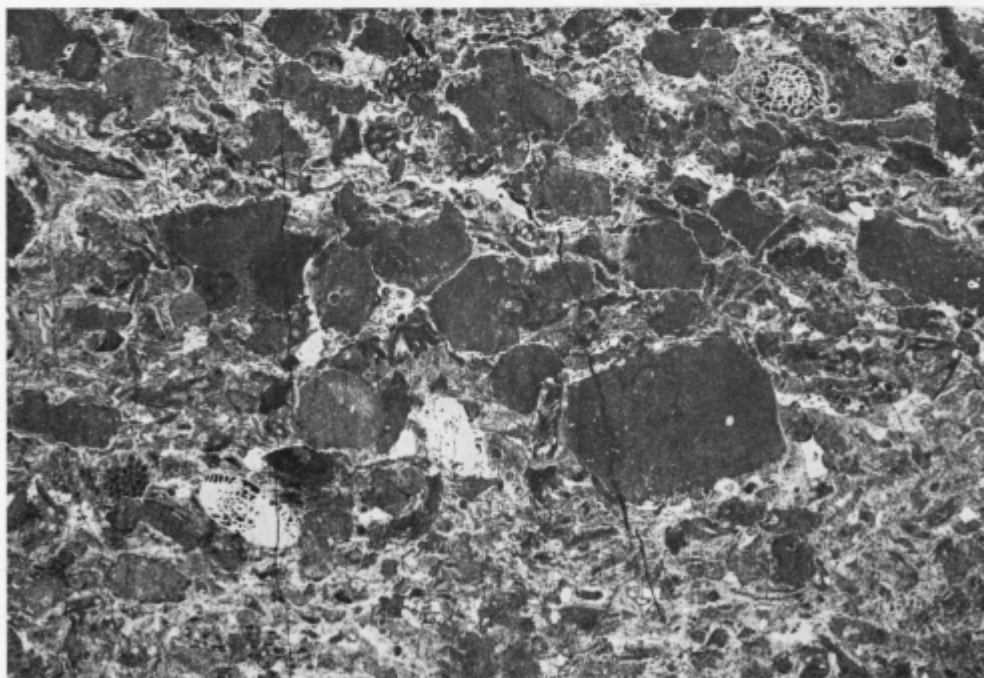


Tabla 3 — Plate 3

- 1 Apnenčeva breča iz različnih trogkofelskih kosov
 Tofov graben, Log, 25 a./79. Negativ, $\times 6$
 Limestone breccia composed of various fragments of Trogkofel beds
 Tof's graben, Log, 25 a./79. Negative, $\times 6$
- 2 Trogkofelski biomikritni apnenec s presedimentiranima zgornjekarbonskima rodovoma *Rugosofusulina* in *Quasifusulina* ter s krinoidnimi peclji
 Tofov graben, Log, 71/80. Negativ, $\times 6$
 Reworked Upper Carboniferous genera *Rugosofusulina* and *Quasifusulina*, and crinoid stems incorporated in Trogkofel biomicrite limestone
 Tof's graben, Log, 71/80. Negative, $\times 6$



1



2

UDK 551.763.1:561.26+563.12(497.12)=863

Biostratigrafija jurskih plasti južno od Prezida v Gorskem kotaru

Biostratigraphy of Jurassic beds south of Prezid in Gorski Kotar

Stevo Dozet in Ljudmila Šribar

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Kratka vsebina

Južno od Prezida v Gorskem kotaru se v jurskem zaporedju plasti vrste različki apnenca in dolomita z vložki intraformacijske breče in oolitnega apnenca. Meja med triadnim in jurskim sistemom je postopna in je ni mogoče kronološko točno določiti. Dovolj jasno se izražajo naslednje cone: litiotidna cona (srednji lias), *Mesoendothyra croatica* (spodnji dogger), *Selliporella donzellii* (zgornji dogger), *Macroporella sellii* (spodnji malm), *Clypeina jurassica* (zgornji malm). Najvišji del zgornje-malmskih plasti se loči od nižjega dela po združbi vrste *Clypeina jurassica* in velikih tintinin; zato je označen kot posebna podcona.

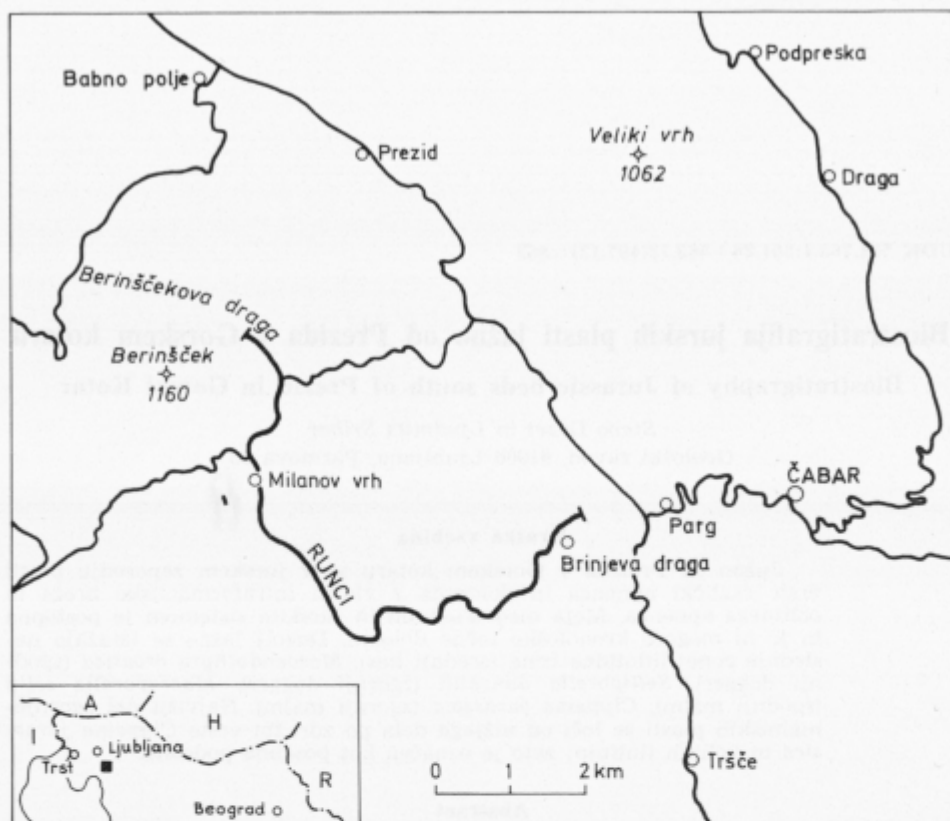
Abstract

An interrupted succession of the Jurassic beds is well exposed south of Prezid in Gorski Kotar. In general different limestone and dolomite varieties succeed each other and some intraformational breccia and oolite intercalations occur here and there. The boundary between Triassic and Jurassic systems being transitional in its lithologic character could not be identified chronologically. The following zones have been determined clearly enough: Lithiotid zone (Middle Liassic), *Mesoendothyra croatica* (Lower Doggerian), *Selliporella donzellii* (Upper Doggerian), *Macroporella sellii* (Lower Malmian), *Clypeina jurassica* (Upper Malmian). In the top of the latter a subzone is distinguished as *Clypeina jurassica* is associated there with *Campbelliella milesi milesi*.

Uvod

Med geološkim kartiranjem sekcije Prezid na listu Delnice osnovne geološke karte SFRJ 1 : 100 000 je pritegnil pozornost avtorjev popolen razvoj jurskih plasti med Berinščekovo in Brinjevo drago (sl. 1).

Plasti vpadajo pod kotom 20 do 30° približno proti zahodu. Navzdol prehajajo postopno v triadni dolomit, navzgor pa v spodnjekredni apnenec. Namen najinega dela je, natančno prikazati litostratigrafski in biostratigrafski presek tega dela Gorskega kotara.



Sl. 1. Položajna karta geološkega preseka jurskih plasti med Berinščekovo drago in Brinjevo drago

Fig. 1. Location map of the geologic section of Jurassic beds between Berinščekova draga and Brinjeva draga

Dosedanje raziskave

M. V. Lipold (1858) je na manuskriptni geološki karti prikazal jurske plasti med Brinjevo in Berinščekovo drago kot triadni apnenec in dolomit. O. Kadić (1918) je med Čabrom in Gerovim označil triadni apnenec z litiotidami. A. Grubić (1961) je poudaril pomen litiotid za stratigrafijo Dinaridov. Stratigrafsko so litiotide omejene na srednji lias; v spodnjem liasu jih sploh ni, v zgornjem pa je njihova prisotnost problematična. Po A. Polšaku (1965) imajo aberantne tintinine v Dinaridih širši časovni obseg. R. Radoičić (1969) je plasti z aberantnimi tintininami prištela k spodnji kredi in sicer v in-fravalanginijsko (berriasijsko) stopnjo in spodnjevalanginijsko stopnjo. D. Turnškova (1969) je v spodnjem malmu južne Slovenije določila tri tipe hidrozojske favne: Cladocoropsis v južnem favnističnem območju, parastro-matoridni tip v združbi koral in hetetid v srednjem favnističnem območju

in aktinostromaridni tip v severnem favnističnem območju. L. Babić & I. Gušić (1969) sta v Gorskem kotaru med Skadrom in Lukovdolom opisala liasne, doggerske, malmske in spodnjekredne plasti. M. Pleničar (1970) je v razlagi lista Postojna razdelil juro na spodnji, srednji in zgornji lias, dogger ter spodnji in zgornji malm. Enako je razdelil jurske plasti D. Savić (1973) med Zgornjim Jelenjem in Grobniškim poljem na listu Delnice. S. Buser (1974) je v tolmaču lista Ribnica razdelil juro v spodnji in srednji lias, zgornji lias in dogger, spodnji del malma ter v zgornji del malma. S. Dozet (1974, 1975 in 1980) je v jurskih plasteh lista Delnice razlikoval enote spodnjega in srednjega liasa, zgornjega liasa in doggerja, oxfordija-spodnjega kimmeridgija ter zgornjega kimmeridgija-titonija. I. Velić in B. Sokač (1978) sta na področju Istre, Gorskega kotara, severozahodne Like, Dalmacije in južne Hercegovine raziskovala vertikalno razprostranjenost aberantnih tinitin in ugotovila njihovo zgorjemalmsko starost.

Presek jurskih plasti Berinščekova draga-Brinjeva draga

Po fosilih, legi in litološki sestavi sva jurske plasti Gorskega kotara med Berinščekovo in Brinjevo drago razdelila na tri serije: lias, dogger in malm. V celotnem neprekinjenem zaporedju jurskih sedimentov sva določila štiri cenocone, eno podcono in dve intervalni coni (sl. 2).

Spodnjeliasne plasti so razkrite pri Brinjevi dragi. Meja med triadnimi in jurskimi plastmi v našem profilu kronostratigrafsko ni definirana. Zgornjetriadni stromatolitni in laminirani dolomit z onkoidi in megalodontidi prehaja postopno v bituminozni zrnati dolomit. Dolomitni prehod sva prištetla k zgornji triadi, mejo med jurskim in triadnim sistemom pa sva postavila tam, kjer bituminozni zrnati dolomit ne vsebuje več vložkov laminiranega dolomita.

Spodnji lias sestoji iz temno sivenga in rjavkasto sivenga srednjezrnatega in debelozrnatega plastovitega in ploščastega bituminoznega dolomita. Posamezne plasti so debele 10 do 35 cm. Dolomit je močno rekristaliziran. Od fosilov vsebuje le ostanke polžev, školjk in foraminifer, ki nimajo pomena za stratigrafijo. Uvrstila sva ga v intervalno cono, debelo okoli 100 m.

Srednjeliasne plasti se pričnejo s temno sivim zrnatim ploščastim in plastovitim bituminoznim dolomitom, ki vsebuje litiotide. Sledi črni plastoviti in ploščasti apnenec z vložki ploščastega zrnatega dolomita. Na apnencu leži tanka plast temno sivenga zrnatega plastovitega bituminoznega dolomita. Nato se ponovi črni mikritni apnenec. V zaporedju sledi temno sivi zrnati bituminozni dolomit in na njem okoli 60 m debela skladovnica črnega tankoplastovitega apnenca, ki je izredno bogat s fosili. Mikritni apnenec se pojavlja v obliki tanjših vložkov v sparitnem apnencu. Bazalni del litiotidnega člena vsebuje leče drobnozrnatega plastovitega oolitnega apnenca. Litiotide, drobni polžki in drugi moluski ter redke foraminifere in alge se dobijo v celotnem zaporedju srednjeliasnega apnenca. Najpomembnejše so litiotide, zato smo po njih imenovali cenoco. Približno v sredini tega zaporedja nastopa dva metra debel horizont plastovitega apnenca, v katerem so nakopičeni megalodontidi in drobni polžki v taki množini, da lahko govorimo o lumakeli.

Na njem leži 100 m črnega ploščastega mikritnega apnenca, ki vsebuje v zgornjem delu odlomke lupin moluskov in dva približno 20 m debela vložka



rjavkasto sivega ploščastega zrnatega dolomita. Ploščasti apnenec je prekrit s plastovitim apnencem z litiotidami, debelim 8 m. Celotna debelina litiotidne cone je približno 200 m.

Zgornjeliasne plasti so odkrite zahodno od Brinjeve drage. V spodnjem delu se menjavata črni ploščasti in plastoviti apnenec s ploščastim rjavkasto sivim drobnozrnatim in srednjezrnatim bituminoznim dolomitom. V zgornjem delu pa prevladuje črni plastoviti in ploščasti mikritni apnenec z vložki sivega oolitnega apnenca. Starost teh plasti je določena le po legi v sedimentnem zaporedju med srednjeliasnim apnencem z litiotidami in spodnjedoggerskim apnencem s foraminifero *Mesoendothyra croatica*. Zgornjeliasne plasti sva uvrstila v intervalno cono, debelo do 100 m.

Liasne plasti v profilu Brinjeva in Berinščekova draga so razvite večidel dolomitno. Značilno za vse območje južno od Prezida je, da liasne plasti, predvsem srednjeliasne ne vsebujejo vodilnih foraminifer in alg. Verjetno se v dolomitu niso ohranile zaradi dolomitizacije. Tudi litiotide, ki so na tem območju edini vodilni fosili srednjega liasa, so slabo ohranjene. Liasni sedimenti so se odlagali na karbonatni plošči v plitvomorskem šelfnem okolju.

Spodnjedoggerske in zgornjedoggerske kamenine se raztezajo od severa proti jugu zahodno od Brinjeve drage v pasu, širokem okoli 500 m. Spodnjedoggerske plasti so debele okoli 200 m in so razvite enolično kot temno sivi in črni plastoviti redkeje ploščasti apnenec. Okolje sedimentacije je ostalo v doggerski dobi enako kot v liasu. Prevladuje mikritni apnenec, medtem ko se oolitni in psevdoolitni različek ter intraformacijska apnena breča pojavljajo le v obliki redkih vložkov. Spodnjedoggerski apnenec je povsod bolj ali manj dolomitiziran. Ponekod je laminast; najpogosteje se menjavajo lamine mikrita in dolomitnih kristalov, ki so v kamenini zelo izraziti. Spodnjedoggerske plasti ustrezajo cenoconi *Mesoendothyra croatica*. Vodilno foraminifero *Mesoendothyra croatica* Gušić (tabla 1, sl. 1, 2) spremljajo še druge, in sicer: *Glomospira* sp., Verneulinidae in Textulariidae. Poleg foraminifer smo dobili tudi nekaj redkih alg in drugih mikrofossilov: *Thaumatoporella parvo-vesiculifera* (Raineri), Codiaceae, Echinodermata, Ostracoda, mikrogastropode in zelo redko vrsto *Favreina salevensis* (Paréjas). Najine raziskave in primerjava s sosednjimi območji kažejo, da je vrsta *Mesoendothyra croatica* omejena na spodnjedoggerske plasti.

- ☉ Gastropoda
- ☞ Lithiotidae
- ♥ Brachiopoda
- ☼ Cladocoropsis
- ♠ Algae
- ☪ Foraminifera
- ☽ Tintinnidae

LIASSIC		DOGGER		MALM		AGE	GRAPHIC COLUMN	THICKNESS m	LITHOLOGY	FOSSILS
LOW INT. ZONE	MIDDLE LITHIOTI- DAE	UPPER INT. ZONE	LOWER MESOENDI- CROATICA/ SELLIPOR. DANZELII	LOWER	UPPER	ZONE				
						CLYPEINA JURASSICA	RESTRICTED SUBTIDAL LAGOON	40	Limestone/dolomite	<i>Clypeina jurassica</i> and <i>Campbelliella milesi milesi</i>
						SUBZ		450	Granular dolomite, limestone, oolitic lime- stone, laminate lime- stone Limestone/dolomite al- ternation	<i>Clypeina jurassica</i> <i>Salpingoporella annulata</i> <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> <i>Charophyte oogonia</i> <i>Kurnubia</i> sp. <i>Tracholina</i> sp. <i>Favreina salevensis</i>
						MACROPORELLA SELLII	PARTLY LITTORAL	850	Limestone and oolitic limestone Limestone with micro- fossils Cladocoropsis dolomite Brachiopod limestone	 <i>Macroporella sellii</i> <i>Gryphoporella minima</i> <i>Kurnubia palastiniensis</i> <i>Nautiloculina oolithica</i> <i>Protopeneroplis striata</i> <i>Tracholina elongata</i> <i>Pfenderina</i> sp. <i>Tracholina</i> sp. <i>Biokovinidae</i> <i>Cladocoropsis mirabilis</i>
								250	Limestone, dolomite breccia and dolomitic limestone	<i>Selliporella donzellii</i> <i>Meyendorffina bathonica</i> <i>Tracholina elongata</i> <i>Pfenderina salernitana</i> <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i>
								200	Limestone and oolitic limestone	<i>Mesoendothyra croatica</i> <i>Glomospira</i> sp. <i>Verneulinidae</i>
								80	Granular dolomite and limestone	
								220	Limestone, dolomite and oolitic limestone	<i>Lithiotidae</i> <i>Gastropoda</i>
								100	Granular dolomite	<i>Mollusca</i>

Sl. 2. Zaporedje jurskih plasti južno od Prezida

Fig. 2. Columnar section of the Jurassic beds south of Prezid

Zgornjedoggerska skladovnica apnenca, apnene breče in dolomita leži konkordantno na spodnjedoggerskem apnencu. Prevladuje sivi plastoviti in ploščasti apnenc s pogostnimi vložki intraformacijske apnene breče in rjavkasto sivega debelokristalastega ploščastega dolomita, ki se menjava z apnencem različnih struktur. Tudi zgornjedoggerski apnenc je pogosto dolomitiziran ali sekundarno spremenjen v dolomit. Mikrofosili, med katerimi so najpomembnejše alge, nastopajo v apnencu. V dolomitu jih ni ali pa so zaradi dolomitizacije popolnoma uničeni. Vodilna alga tega dela zaporedja jurskih plasti je vrsta *Selliporella donzellii* Sartoni & Crescenti (tabla 1, sl. 3, 4), po kateri je dobila ime mlajša doggerska cenocona. Redkejšje so druge alge in mikrofosili: *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri), Codiaceae, Cyanophyta, nedoločljiv algin detritus, Echinodermata, Ostracoda, lupine mehkužcev in mikrogastropodov. Med foraminiferami je najpomembnejša vodilna zgornjedoggerska vrsta *Meyendorffina bathonica* Auroze & Bizon (tabla 2, sl. 1). Spremljajo jo oblike, ki imajo večjo vertikalno stratigrafsko razširjenost: *Trocholina elongata* (Leupold), *Trocholina* sp., *Pfenderina salernitana* Sartoni & Crescenti (tabla 2, sl. 2), Textulariidae in Verneulinidae. Celotna debelina doggerskih plasti je približno 450 m.

Enolična karbonatna sedimentacija se je nadaljevala tudi v malmu. Malmške kamenine so po razširjenosti na prvem mestu. Razkrite so med Črno goro in Berinščekovo drago. Na podlagi mikrofavne in mikroflore se dele malmske plasti na spodnji in zgornji del. Litološko in po mikrofosilih so plasti spodnjega malma zelo pestre. Njihovo zaporedje se prične s sivim plastovitim mikritnim apnencem, ki kaže različne stopnje dolomitizacije; ponekod je laminast. Navgor sledi temno sivi in črni plastoviti apnenc, ki pripada različnim strukturnim tipom. Za ta del zaporedja so značilni trije horizonti brahiopodov. Na apnencu z brahiopodi leži plastoviti temno sivi debelokristalasti bituminozni dolomit s kladokoropsisi. Spodnjemalmsko zaporedje se konča s sivim plastovitim apnencem z bogato mikrofavno in mikrofloro. Najpomembnejši fosil spodnjemalmskih plasti je alga *Macroporella sellii* Sartoni & Crescenti (tabla 3, sl. 1). Po njej ima svoje ime cenocona, ki obsega plasti spodnjega malma. Poleg vodilne vrste *Macroporella sellii* nastopajo še alge *Gryphoporella minima* Nikler & Sokač, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri) in Cyanophyta. Tudi foraminifere so številne in so v celotni asociaciji značilne za spodnji malm, čeprav ima večina oblik večjo vertikalno stratigrafsko razširjenost. Pogostne oblike so: *Kurnubia palastiniensis* Henson (tabla 3, sl. 4), *Pfenderina salernitana* Sartoni & Crescenti, *Nautiloculina oolithica* Mohler (tabla 3, sl. 3), *Protopenelopis striata* Weynschenk (tabla 2, sl. 3), *Trocholina elongata* (Leupold) (tabla 2, sl. 4), *Kurnubia* sp., *Pfenderina* sp., *Trocholina* sp. ter zastopniki družin Ophthalmidiidae, Textulariidae in Verneulinidae. Značilni za to stratigrafsko obdobje so predstavniki iz družine Biokoviniidae, ki še čakajo na ožjo določitev.

Hidrozoj *Cladocoropsis mirabilis* Felix (tabla 3, sl. 2) nastopa v profilu Brinjeva-Berinščakova draga v dolomitu, vendar je redka. Debelina spodnjemalmskega apnenca je prek 800 m.

Konkordantno na plasteh cenocone *Macroporella sellii* leže zgornjemalmski sedimenti. Prično se s sivim ploščastim apnencem, ki je po strukturi raznolik, ponekod tudi laminast, ali pa vsebuje značilne izsušitvene pore. Vsebuje vo-

dilne zgornjemalmske alge *Clypeina jurassica* Favre (tabla 4, sl. 1, 2 in tabla 5, sl. 1). Po njej je imenovana cenocona, ki obsega plasti zgornjega malma.

Sledi značilno menjavanje plasti svetlo sivega plastovitega in skladovitega apnenca in sivega zrnatega dolomita. Apnenec je dolomitiziran do različne stopnje, dolomit pa razvit tudi lečasto.

Med menjajočimi se plastmi apnenca in dolomita se dobe vložki intraformacijske apnene in dolomitne breče.

Mikrofosili, predvsem *Clypeina jurassica*, so pogostni v apnencu, v dolomitiziranem apnencu in dolomitu pa so zelo slabo ohranjeni (tabla 5, sl. 2). Poleg vodilne vrste *Clypeina jurassica* Favre so v zgornjemalmskem apnencu pogostne še alge *Salpingoporella annulata* Carozzi, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri), Cyanophyta, Codiaceae in Characeae. Zelo redke so foraminifere *Kurnubia palastiniensis* Henson, *Kurnubia* sp., *Trocholina elongata* (Leupold), *Trocholina* sp., Ophthalmidiidae, Textulariidae in Verneulinidae. Poleg alg in foraminifer dobimo še ostanke vrste *Favreina salevensis* (Paréjas), ogonije haracej (tabla 5, sl. 4) in ostrakode.

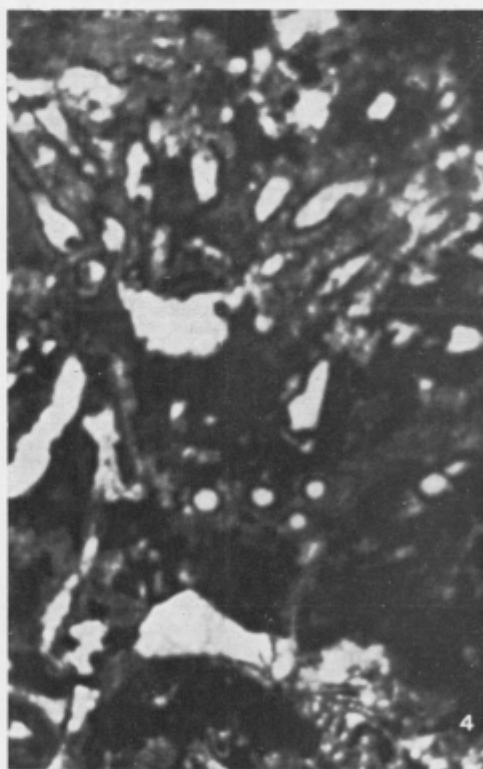
Mikrofosilni ostanke v zgornjem malmu, zlasti alge in ogoniji haracej, kažejo na sedimentacijo v plitvem toplim morju na karbonatni polici, v okolju lagune in litorala, kjer je prihajalo do občasnih izsušitev. Značilni znaki sedimentacijskega okolja so laminiranost, izsušitvene pore in nadplimski konglomerat.

Najvišji del plasti cenocone *Clypeina jurassica* lahko označimo kot podcono *Clypeina jurassica* in *Campbelliella milesi milesi*. Tudi v tem delu zaporedja se menjavajo razni strukturni tipi apnenca in zrnatega dolomita. Klipeine in aberantne tintinine, med katerimi je največkrat zastopana vrsta *Campbelliella milesi milesi* Radoičić (tabla 5, sl. 3) nastopajo v apnencu. Plasti podcone so debele 30 m, celotna debelina plasti zgornjega malma pa znaša približno 480 m.

Tabla 1 — Plate 1

- 1, 2 *Mesoendothya croatica* Gušić, 60 ×
 Cenocona — Assemblage zone *Mesoendothya croatica*
 Spodnji dogger — Lower Doggerian
 Presek — Section Brinjeva draga—Berinščekova draga
- 3, 4 *Selliporella donzellii* Sartoni & Crescenti, 25 ×
 Cenocona — Assemblage zone *Selliporella donzellii*
 Zgornji dogger — Upper Doggerian
 Presek — Section Brinščekova draga—Brinjeva draga

Tabla 1 — Plate 1



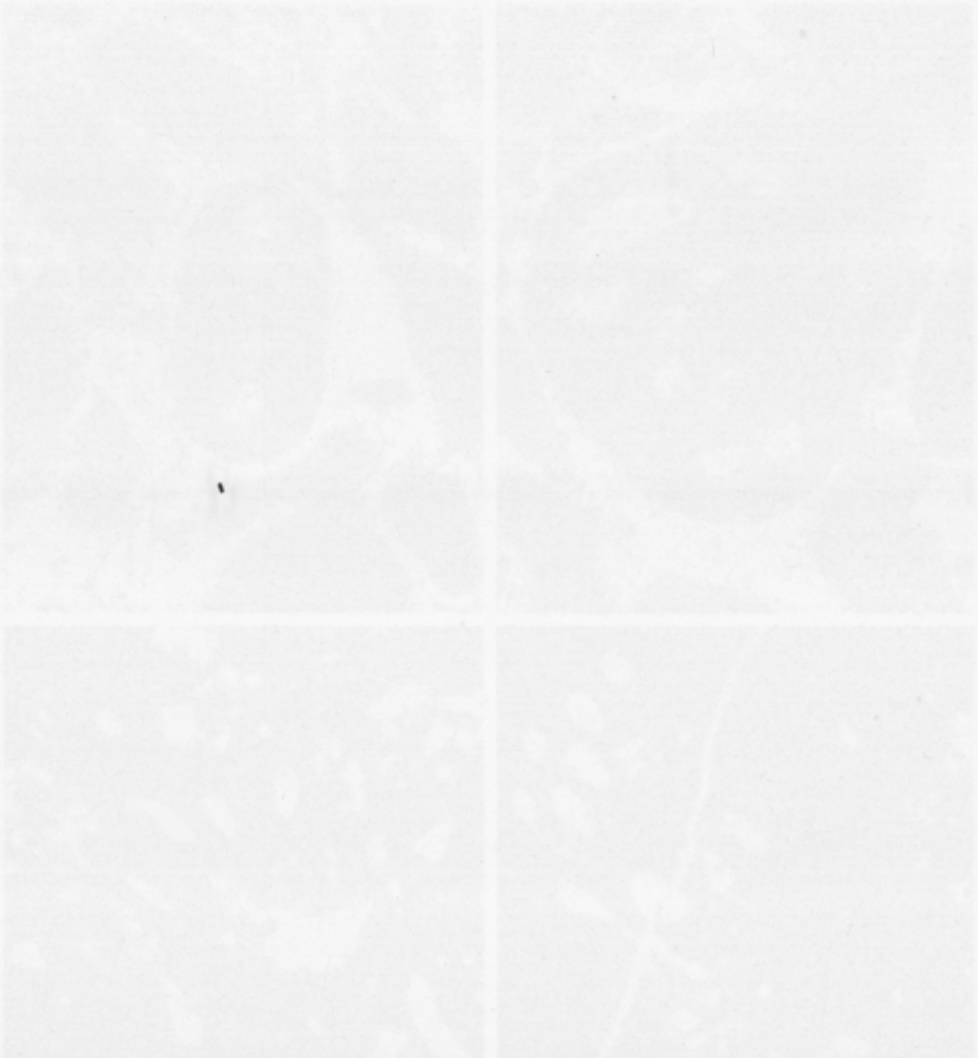


Tabla 2 — Plate 2

- 1 *Meyendorffina bathonica* Auroze & Bizon, 40 ×
- 2 *Pfenderina salernitana* Sartoni & Crescenti, 50 ×
Cenocona — Assemblage zone *Selliporella donzellii*
Zgornji dogger — Upper Doggerian
Presek — Section Berinščekova draga—Brinjeva draga
- 3 *Protopenneroplis striata* Weynschenk, 55 ×
- 4 *Trocholina elongata* (Leupold), 20 ×
Cenocona — Assemblage zone *Macroporella sellii*
Spodnji malm — Lower Malmian
Presek — Section Berinščekova draga—Brinjeva draga

Tabla 2 — Plate 2

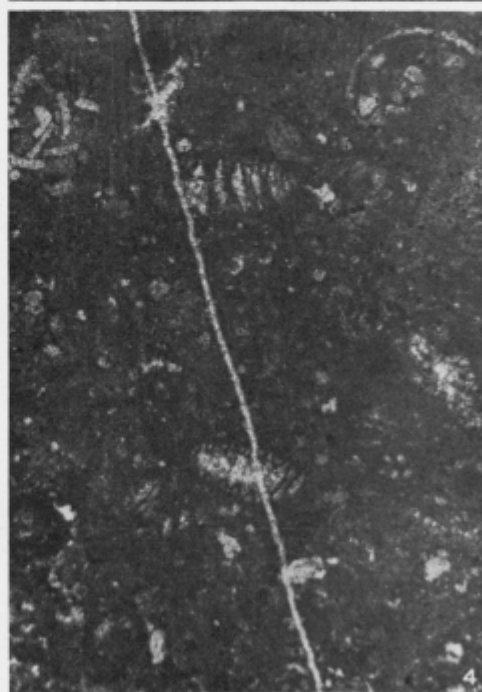
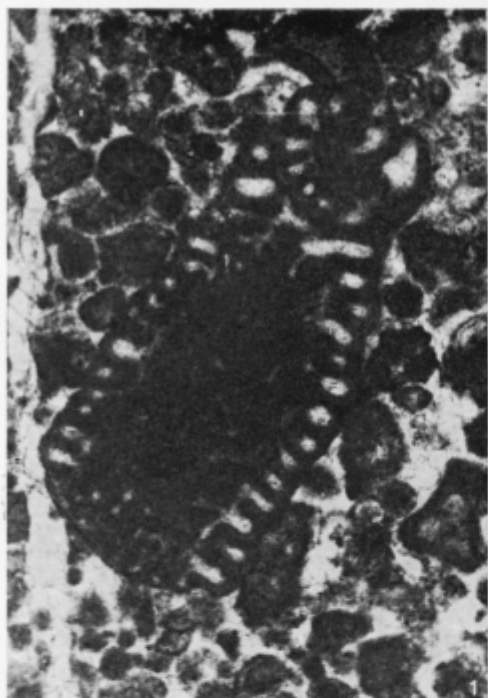


Tabla 3 — Plate 3

- 1 *Macroporella sellii* Sartoni & Crescenti, 60 ×
 - 2 *Cladocoropsis mirabilis* Felix, 10 ×
 - 3 *Nautiloculina oolithica* Mohler, 60 ×
 - 4 *Kurnubia palastiniensis* Henson, 45 ×
- Cenocona — Assemblage zone *Macroporella sellii*
Spodnji malm — Lower Malmian
Presek — Section Berinščekova draga—Brinjeva draga

Tabla 3 — Plate 3





Tabla 4 — Plate 4

- 1 *Clypeina jurassica* Favre, prečni presek — transverse section, 50 ×
2 *Clypeina jurassica* Favre, tangencialni presek — tangential section, 50 ×
Cenocona — Assemblage zone *Clypeina jurassica*
Zgornji malm — Upper Malmian
Presek — Section Berinščekova draga—Brinjeva draga

Tabla 4 — Plate 4

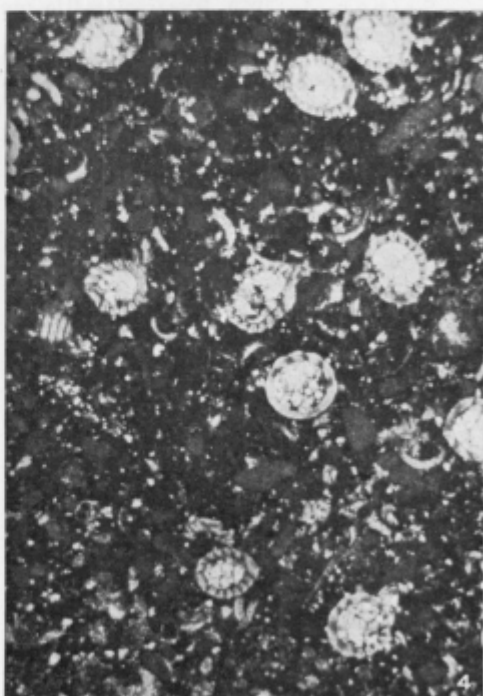
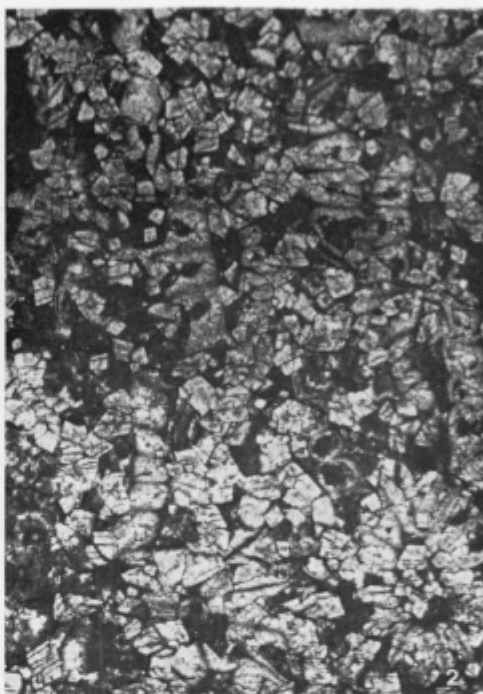
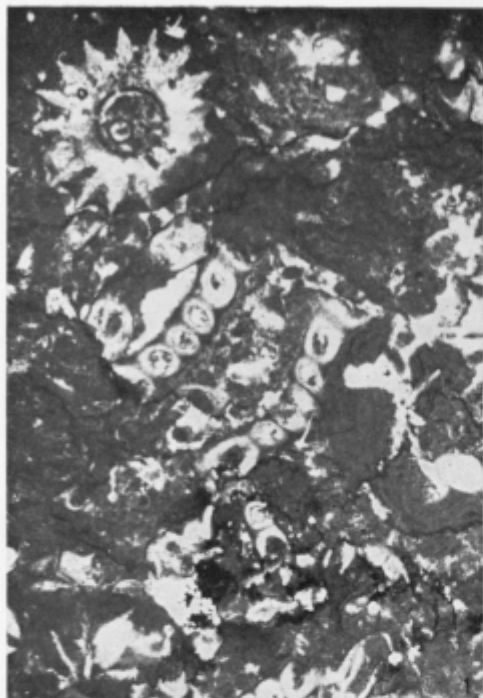




Tabla 5 — Plate 5

- 1 *Clypeina jurassica* Favre, 20 ×
- 2 Dolomitizirani apnenec s klypeinami — Dolomitic limestone with klypeins, 20 ×
Cenocona — Assemblage zone *Clypeina jurassica*
Zgornji malm — Upper Malmian
Presek — Section Berinščekova draga—Brinjeva draga
- 3 *Clypeina jurassica* Favre, *Campbelliella milesi milesi* Radoičić
- 4 Oogoniji haracej — Charophyte oogonia, 20 ×
Podcona— Subzone *Clypeina jurassica* + *Campbelliella milesi milesi*
Zgornji del zgornjega malma — Upper part of Upper Malmian

Tabla 5 — Plate 5



Literatura

- Babić, L. in Gušić, I. 1969, Novi podaci o juri i donjoj kredi u Gorskom kotaru. Geol. vjesnik 22, 17—23, Zagreb.
- Buser, S. 1974, Tolmač k Osnovni geološki karti SFRJ 1:100 000 list Ribnica, Zvezni geološki zavod, 1—60, Beograd.
- Dozet, S. 1974, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000 list Delnice. Geologija 17, 503—504, Ljubljana.
- Dozet, S. 1975, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000 list Delnice. Geologija 18, 366—369, Ljubljana.
- Dozet, S. 1980, Jurske plasti na Kočevskem in južnovzhodnem Notranjskem. Rudarsko-metalurški zbornik 27, štev. 4, 443—457, Ljubljana.
- Grubić, A. 1961, Novo o litiotidama (New in Lithiotidae). III. kongr. geol. Jugosl. 1, 193—199, Titograd.
- Kadić, O. 1913, Die geologischen Verhältnisse des Gebietes zwischen Platak und Gerovo. Jb. Geol. R.-A., 55—58, Budapest.
- Lipold, M. V. 1858, Manuskriptna geološka karta Lož—Čabar 1:75 000.
- Lipold, M. V. 1858, Manuskriptna geološka karta Črnomelj—Kočevje 1:75 000, Dunaj.
- Pleničar, M. 1970, Tolmač k Osnovni geološki karti SFRJ 1:100 000 list Postojna. Zvezni geološki zavod, 1—62, Beograd.
- Polšak, A. 1965, Stratigrafija jurskih i krednih naslaga Srednje Istre. Geol. vjesnik 18/1, 167—187, Zagreb.
- Radoičić, R. 1969, Aberantna grana fosilnih tintinina (podred Tintinina). Paleontologia Jugoslavica 9, 1—74, Zagreb.
- Savić, D. 1973, Razvoj jure i krede izmedju Gornjeg Jelenja i Grobničkog polja. Geol. vjesnik 25, 127—156, Zagreb.
- Šribar, L. 1979, Biostratigrafija mejnih plasti med juro in kredo v južni Sloveniji. Geologija 22/1, 113—116, Ljubljana.
- Turnšek, D. 1969, Prispevek k paleoekologiji jurskih hidrozojev v Sloveniji. Razpr. SAZU, 4. razr. 12/15, 211—235, Ljubljana.
- Velić, I. in Sokač, B. 1978, Biostratigrafska analiza jure i donje krede šire okolice Ogulina (središnja Hrvatska). Geol. vjesnik 30/1, 309—337, Zagreb.

Palynological studies in the Veprių Valley

Abstract: The paper presents the results of palynological studies in the Veprių Valley. The pollen spectra are characterized by a high percentage of arboreal pollen, indicating a forested landscape. The presence of certain taxa is indicative of a specific climate and vegetation type. The study also discusses the stratigraphic position of the pollen zones and their correlation with other regional data.

The pollen spectra from the Veprių Valley are characterized by a high percentage of arboreal pollen, indicating a forested landscape. The presence of certain taxa is indicative of a specific climate and vegetation type. The study also discusses the stratigraphic position of the pollen zones and their correlation with other regional data.

The pollen spectra from the Veprių Valley are characterized by a high percentage of arboreal pollen, indicating a forested landscape. The presence of certain taxa is indicative of a specific climate and vegetation type. The study also discusses the stratigraphic position of the pollen zones and their correlation with other regional data.

UDK 561:581.331.2:551.332:551.793(497.12)=863

Pelod v kvartarnih sedimentih Soške doline

Pollen in Quaternary sediments from the Soča Valley

Alojz Šercelj

Biološki inštitut Jovana Hadžija SAZU, 61000 Ljubljana, Novi trg 3

Kratka vsebina

Kvartarni sedimenti v zgornjem delu Soške doline so bolj nakopičeni po debelini kot po širini. Večidel so glacialnega in fluvioglacialnega izvora. Pri Solkanu se Soška dolina razširi v Goriško polje in se združi z Vipavsko dolino; s tem se poveča sedimentacijski prostor v spodnjem delu Soške doline in so zato sedimenti bolj razširjeni v horizontali. Pelod, določen v vzorcih iz desetih najdišč v severnem delu Soške doline in iz osmih v njenem južnem delu, kaže, da so sedimenti nastali v stadialnih dobah od riške poledenitve do konca würmske. Le golica jezerske krede na hribu Radovlje izvira iz zgodnjega würmskega interstadiala ali interglaciala.

Abstract

Quaternary deposits confined to the Upper Soča Valley are much more accumulated in the vertical than in the horizontal section. They are mainly of glacial and fluvioglacial origin. At Solkan the Soča river enters the Gorica field coming together with the Vipava Valley. There, the fluvioglacial deposits are spread far and wide in the Lower Soča Valley. An attempt was made to date and correlate the sediment samples taken from ten locations in the Upper Soča Valley and from eight sections in its lower part. By the pollen contents of the examined samples stadial periods from the Riss glaciation up to the end of Würm glaciation are indicated.

Uvod

Kvartarni zasip Soške doline in njegovo podlago so najprej preučevali predvsem z glaciogeološkega vidika, ko pa je Soča postala zanimiva za elektrogospodarstvo, so ga natančno raziskali z vidika hidrotehnike. Omembe vredni so rezultati vrtnja pri Srpenici, Boki in Suhem potoku, ki so opozorili na veliko debelino površinskega proda, jezerske krede in grušča pod njo; pri Suhem potoku leži podlaga zasipa 280 m globoko, pri Srpenici pa celo 322 m (D. Kuščer in sodel., 1974). Palinološke metode so prišle na vrsto sorazmerno pozno, a se vedno bolj uveljavljajo zlasti v kronostratigrafskih določitvah usedlin, kjer manjkajo drugi fosili ter v študiju paleoekoloških razmer.

Zgornje Posočje

Vzorci jezerske krede, morene, gline ter drugih pleistocenskih usedlin in naplavin, določeni po njihovi pelodni vsebini, izvirajo iz naslednjih lokacij Zgornjega Posočja:

- Lepena v dolini Lepenjice, levega pritoka Soče
- Struga hudournika zahodno od Bovca
- Vrtina Bovec-76
- Pobočje hriba Radovlje zahodno od Bovca
- Usek ceste pri naselju Sedlo pred Breginjem
- Odkop jezerske krede v Srpenici (Brezovo)
- Okolica Kobarida
- Levi breg Soče pod vasjo Volarje med Kobaridom in Tolminom
- Okolica Tolmina, cesta Most na Soči—Tolmin, Modrejce, Zatoľmin
- Cestni ovinek pred kamnolomom anhovske cementarne
- Deskle.

Lepena. Malo pred izlivom potoka Lepenjice v Sočo je ob desnem pobočju doline ohranjen manjši erozijski ostanek peščene jezerske krede, odkladnine zajezitvenega jezera, ki je bilo nastalo ob boku fluvio-glacialnega gruščca v dolini Soče. Kreda kaže delno znake, da je nastala v delti; ponekod je nagnjena proti dolini. Lahko pa je poševna lega plasti posledica polzenja še mehkega sedimenta od obrobja proti sredini. Kreda je prvotno pokrivala celotno dolino spodnje Lepenjice, ko pa je v postglacialu Soča odnesla večji del svojih naplavin, je tudi Lepenjica odplavila svojo kredno odkladnino.

Za pelodne analize smo v dostopnem profilu vzeli šest vzorcev. Detritični jezerski sedimentacijski material se odlaga dokaj hitro; zato sklepamo, da se je celotna kredna plast, debela 150 cm, usedla v kratkem časovnem intervalu.

Tabela 1 pelodnih analiz kaže, da je bila vegetacija ob času usedanja najglobljeja dela jezerske krede izrazito hladnodobna. V vegetacijski sliki docela

Tabela 1. Pelodne analize jezerske krede iz Lepene

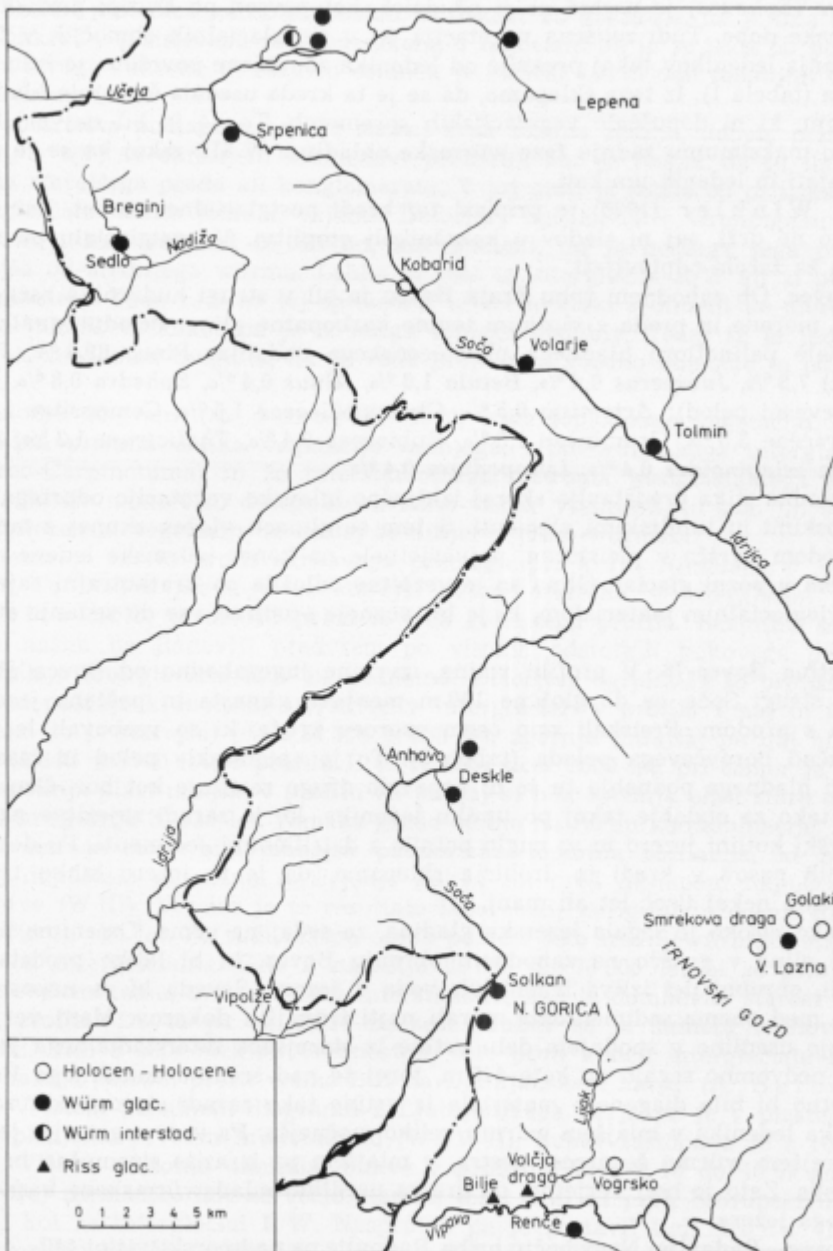
Table 1. Pollen analyses of lacustrine silt and clay from Lepena

GLOBINA DEPTH m	PINUS	PICEA	EPHEDRA	ARTEMISIA	CHENOPODIACEAE	GRAMINEAE
0	100	-	-	-	0.9	-
30	-	-	-	-	-	-
60	99.2	0.8	-	0.5	0.5	-
100	100	-	-	1.5	-	-
120	100	-	-	-	-	3.3
150	99.3	-	0.7	0.7	0.7	-

Tabela 2. Pelodne analize jezerske krede iz vrtine Bovec-76

Table 2. Pollen analyses of lacustrine silt and clay from the borehole Bovec-76

Globina (m) Depth (m)	Pelod Pollen
49.5	Pinus 2
70.3	-
72.2	Pinus 34
84.0	-
88.5	Pinus 1
130.0	Pinus 5
135.0	-
137.8	-



Sl. 1. Položajna karta preiskanih palinoloških profilov

Fig. 1. Location map of the sites sampled for the palynological purpose

prevladuje borovec, le nekaj smreke je še morda rastlo tod okoli. Pelod kosi-ternice (*Ephedra*) je najbrž nalet od daleč, kot povsod po Evropi proti koncu würmske dobe. Tudi zeliščna vegetacija, ki v periglacialnih območjih v fazah umikanja ledenikov takoj prekrije od ledenika zapuščene površine, je zelo siromašna (tabela 1). Iz tega sklepamo, da se je ta kreda usedala še v zelo hladnem obdobju, ki ni dopuščalo vegetacijskih sprememb. To pa je bil najverjetneje čas po maksimumu zadnje faze würmske ohladitve W III, takoj ko se je začel led tajati in ledenik umikati.

A. Winkler (1926) je pripisal tej kredi postglacialno starost, kar prav gotovo ne drži, saj ni sledov o kakršnikoli otoplitvi. V postglacialu pa se je kreda že začela odplavljati.

Bovec. Ob zahodnem robu kraja Bovec je bil v strugi hudornika razgaljen profil morene in proda z vložkom temne karbonatne gline. Pelodne analize so pokazale palinofloro hladnega pleistocenskega obdobja: *Pinus* 89,4 %, *Pinus* (hapl.) 7,3 %, *Juniperus* 0,4 %, *Betula* 1,6 %, *Alnus* 0,4 %, *Ephedra* 0,8 %. NAP (nedrevesni pelod): *Artemisia* 6,5 %, *Chenopodiaceae* 1,6 %, *Compositae* 1,6 %, *Cyperaceae* 3,3 %, *Gramineae* 1,6 %, *Rubiaceae* 0,4 %, *Thalictrum* 1,2 %, *Selaginella selaginoides* 0,4 %, *Lycopodium* 0,4 %.

Pelodna slika predstavlja skoraj izključno iglavsko vegetacijo odprtega tipa s stepskimi in tundrskimi elementi. S tem se glinasti vložek skupaj z moreno in prodrom uvršča v pleistocen, najverjetneje na konec würmske ledene dobe, oziroma v pozni glacial. Glina se je verjetno odložila po kratkotrajni zaježitvi s fluvio-glacialnim materialom, ki je bil pozneje erodiran vse do sedanje struge Soče.

Vrtina Bovec-76. V profilu vrtine, izvrtane jugozahodno od Bovca ob sedanji strugi Soče, se do globine 140 m menjava glinasta in peščena jezerska kreda s prodrom. Preiskali smo osem vzorcev krede, ki so vsebovali le malo izključno borovčevega peloda (tabela 2). To je »pionirski« pelod iz časa, ko zaradi hladnega podnebja tu še ni uspevalo drugo rastlinje kot bor. Gre torej prav tako za obdobje takoj po umiku ledenika, ko je zaradi zaježitve nastalo v bovški kotlini jezero in se naglo polnilo z detritičnimi sedimenti. Po debelini varnih pasov v kredi in drobirja sklepamo, da je to jezero lahko trajalo kvečjemu nekaj tisoč let ali manj.

Kako visoko je segala jezerska gladina, za sedaj ne vemo. Omenimo naj le profil gline v grušču na zahodnem obrobju Bovca, ki bi lahko predstavljal vrhnji, obrobni del izliva ledeniških voda v jezero. Seveda bi za neposredno zvezo med obema sedimentoma morali najti trdnejših dokazov. Manj verjetno izvirajo usedline v spodnjem delu vrtine iz starejšega interstadialnega jezera, ki je nedvomno segalo do kote 445 m, torej še nad sredino današnjega Bovca. Verjetno bi bila diageniza materiala iz vrtine tako zaradi starosti kot zaradi pritiska ledenika v mlajšem würmu veliko močnejša. Pa tudi vegetacija je bila v starejšem würmu še precej pestra, v mlajšem pa izrazito siromašna in enostranska. Zato je bolj verjetno, da gre za usedlino mladowürmskega kasnoglacialnega jezera.

Bovec—Radovlje. Na pobočju hriba Radovlje na nadmorski višini 440—445 m, zahodno od Bovca, je J. Kuna ver (1972, 1975) našel majhen erozijski ostanek močno strjene jezerske krede. Profil je visok le 180 cm, kar je za kreda zelo malo. Material je zaradi diageneze prešel že skoraj v skrilavec, saj se

precej dobro kolje, in to ne le po lezikah in varvah, temveč tudi v diagonalnih smereh kot posledica galciotektonskih pritiskov. To dokazuje, da je bila kreda vsaj enkrat v pleistocenu pod ledenikom, v holocenu pa jo je Soča ob poglobljanju struge odnesla; ta majhen ostanek je obtičal 100 m nad sedanjim dolinskim dnom Soče.

Neposredna podlaga krede je skoraj črna fosilna zemlja, debela približno 50 cm; v njej so ohranjeni kremenovi prodniki, kar je dokaz, da so tla preperina starejšega proda ali konglomerata. V tej prsti je ležalo od pritiska precej sploščeno deblo jelke z vejami. Določitev ogljika-14 v Groningenu kaže na starost lesa več kot 51 000 let, kar pomeni, da je podlaga tega profila starejša od srednjega würma. Lahko bi bila iz interglaciala R/W ali iz prvega interstadiala. Toda tudi na tej sprstenini ležeči jezerski sediment ne more biti veliko mlajši, vsekakor pa je iz istega toplega obdobja. Tedaj se je jezerska gladina nenadoma dvignila, da je voda preplavila gozdno območje in odložila kredo.

Pelodni diagram (A. Šercelj, 1970) kaže toplodobno vegetacijo, ki je nekakšna vmesna oblika vegetacije zadnjega, riško-würmskega interglaciala (Querco-Carpinetuma) in že interstadialnega, oziroma postglacialnega Fage-tuma. Bukev namreč tu dosega nenavadno visoke vrednosti, ki smo jih vajeni le v holocenski vegetaciji, in doslej še nikjer v riško-würmski.

Izjema je bil le profil skrilavega premoga pri kraju Nieselach v Ziljski dolini. Ta vložek premoga so starejši avtorji uvrščali v interglacial R/W. A. Fritz (1970) je določil pelod iz treh golic tega profila. Rezultati so podobni našim na Radovlji predvsem po visokih odstotkih bukovega peloda, kakršnih v interglacialu R/W ne poznamo. Določitve ogljika-14 so protislovne in ne dopuščajo kronološke uvrstitve v interglacial: v profilu I naj bi imela spodnja (to je starejša) plast 23 520 ± 235 let, zgornja (mlajša) pa naj bi bila stara 38 640 ± 1700 let; v profilu II je razlika sicer 2000 let, pri čemer je prav tako spodnja plast mlajša, v profilu III pa naj bi bila spodnja plast stara okrog 29 100 in zgornja 31 630 let. Napake gredo očitno na račun kontaminacije. Pred 30 000 leti je sicer bila šibkejša poudorfska toplotna oscilacija, ki pa je komaj dopuščala neznatno razširjenje bukve tik pred nastopom najmočnejše ohladitve (W III). Vendar je te rezultate laboratorij korigiral in ocenil starost na 44 000 in več let. Pa tudi takšna ocena pomeni šele srednjewürmsko starost, daleč od interglacialne. Šele s starostjo 60 000 do 70 000 let bi se približali zgodnjewürmskemu, brörupskemu interstadialu, kar je domnevna starost bovškega profila. Do tu pa ogljik-14 ne seže. Bukev se je namreč v Sloveniji pojavila, dasi z zelo nizkimi vrednostmi, šele proti koncu interglaciala R/W. To dokazuje pelodni profil vrtine B II na Ljubljanskem barju (A. Šercelj, 1966). V istem pelodnem diagramu z Ljubljanskega barja pa je v plasteh, ki jih pripisujemo prvemu interstadialu (W I/W II), bukev zastopana že z 10 odstotki. Visoka odstotna udeležba bukve v profilu Bovec z 10 do 40 % govori torej prej za manjšo kot za večjo starost, torej prej za prvi, brörupski interstadial kot za interglacial R/W. Nasprotno pa je postavil tudi Lona (1963) v würmski, tedaj še »göttweiški« interstadial jezersko kredo v kraju Calprino pri Luganu (bogato z bukovim pelodom).

Le v primeru, da se pridružimo mnenju B. Frenzela (1972) o enovitosti würma, bi oba profila — bovškega in ziljskega — uvrščali v interglacial.

spektra nekaj desetisočletij, lahko tudi nekaj tisočletij starejša od preiskanega dela profila v odkopu. Če bi bila med obema spektroma sedimentacijska vrzel, bi uvrščali spodnji horizont v čas okrog paudorfskega interstadiala, to je manjše otoplitve pred okrog 30 000 leti. Če pa znakov prekinitve (tudi erozijske) ni, potem je celotno zaporedje plasti najverjetneje sediment kasnoglacialnega jezera. Spodnji spekter bi se morda celo ujema s profilom v Anhovem, ko je tam rasla smreka pred $18\,970 \pm 300$ leti. Četudi je debelina krede zelo velika, to še ne pomeni, da je sediment starejši, saj so varve precej široke, tudi do enega cm, kar kaže na hitro sedimentacijo in bi v 1000 letih pri enakomerni sedimentaciji dobili 100 m krede. Največja doslej znana debelina krede pri Srpenici (Žaga) znaša celo 200 m. (M. Iskra, A. Grimšičar, 1977).

Kobarid. Vzorec sive peščene karbonatne gline iz okolice Kobarida je vseboval pelod naslednjih vrst: *Pinus* 7 zrn, *Picea* 31, *Abies* 38, *Alnus* 9, *Carpinus* 2, *Quercus* 4, *Fagus* 11. NAP: *Plantago* 2, Rosaceae 2, Chenopodiaceae 2, Cyperaceae 3, monoletne spore 2.

Prevladujejo drevesne vrste jelka, smreka in bukev. Ta pelodna cenoza predstavlja holocensko vegetacijo. Ni pa mogoče brez poznavanja sukcesij reči, ali je to še primarni Abieti-Fagetum, ki je dosegel končno razvojno stopnjo v prvi polovici postglaciala. V sorazmerno visoki vrednosti smreke in bora se odraža subalpski smrekov gozd, ki ga je že močno izpodrival Abieti-Fagetum, bukov-jelov gozd; mogoče je tudi, da sta se smreka in bor širila v nižje predele kot pionirja na antropogeno ali zoogeno degradiranih površinah. To bi bilo možno pod vplivom zelo močne populacije železnodobne naselbine v okolici Tolmina in Mosta na Soči. Vendar direktnih indikacij človekovega vpliva nimamo. Tudi ne vemo, ali gre za del večjega kompleksa jezerske krede, ali le za usedlino ob kratkotrajni zajezitvi Soče.

Volarje. Jezerska kreda ob bregu Soče pod vasjo Volarje pri Tolminu vsebuje veliko rastlinskega drobirja, v glavnem koščkov lesa (*Pinus*), listov (*Salix*), mahov in iglic bora. Na tem drobirju so se že nabrale družice železovega sulfida, kar pomeni anaerobno okolje in gnitje ob sproščanju H_2S . V vzorcu se dobijo tudi značilni listni trihomi rakitovca (*Hippophaë*); to heliofilno drevesce je raslo torej tudi na peščinah ob Soči.

Vzorci je nabral v vrhnjem delu jezerske krede dr. L. Žlebnik. Na kredi leži apneni pesek, ki kaže značilno deltasto plastovitost, in na pesku soški prod. Zanimivo je primerjati to zaporedje kamenin s profilom vrtine, ki so jo vrtali leta 1978 za pregrado Kamno v zvezi s projektiranjem HE Kobarid. Od Volarij je vrtina oddaljena tri kilometre proti Kobaridu in je šla skozi naslednje plasti: 32 m soškega proda, tri in pol metra apnenega peska z deltasto plastovitostjo in 15 in pol metra jezerske krede. Ker je bilo vrtnje v kredi prekinjeno, njena debelina ni bila točno določena; po geoelektričnih meritvah pa sega 150 m pod površje (L. Žlebnik, neobjavljeno poročilo, 1978). Profila na Volarijih in na Kamnem se torej ujemata.

Pelod enega vzorca kaže takole vegetacijsko sliko: *Pinus* 114 zrn, *Pinus* typ *haplostele* 2, *Picea* 4, *Ephedra* 1, *Larix* 1, *Betula* 53, *Alnus* 1, *Quercus* 1, *Salix* 34, *Hippophaë* 2; NAP: *Artemisia* 3, Chenopodiaceae 1, Gramineae 18, Cyperaceae 10, *Rumex* 5, *Plantago* 2, Umbelliferae 2, Ranunculaceae 1, Compositae 1, *Potamogeton* 1.

Takšna vegetacija je pleistocenska, najverjetneje würmska, vendar ne iz pretirano hladnega obdobja, temveč iz nekega šibkega interstadiala. Ogljik-14 (Z-645) kaže na starost $12\,560 \pm 220$ let, kar pomeni, da je ta vegetacija rasla v začetku allerödskega interstadiala, in da je skoraj sočasna z vegetacijo v Srpenici (A. Šercelj, 1970).

Tolmin. Pelodna vsebina dveh vzorcev svetlo sive in svetlo rjave jezerske krede izpod morene v Tolminu je zelo pičla in enostranska: le 18 zrnč borovca (*Pinus*) in eno smreke (*Picea*) ter obilica drobirja surovega humusa. Sediment je bil najverjetneje odložen v erodirano starejšo würmsko moreno in prekrit z mlajšo, torej iz začetka ali konca šibkega presledka v višku W III, vendar v periglacialnih razmerah.

Würmski ledenik je po A. Winklerju (1926) le enkrat segel do Tolmina. Ker Winkler ni našel sledov predwürmskega nasipanja v Tolminskem kotu, je mislil, da je vse starejše usedline pobrala würmska ledeniška erozija. M. Šifrer (1964/65, neobjavljeno poročilo) pa je trdil nasprotno, da so bile posledice eksarativnega delovanja v würmu minimalne. Verjetno je torej predwürmske nasipe pobrala interglacialna erozija, kar velja tudi za Goriško polje in spodnjo Vipavsko dolino.

O würmskih ojezeritvah v Tolminski kotlini je bil A. Winkler mnenja, da je bilo tu dvojje jezer. Toda po neenotni pelodni vsebini posameznih sedimentnih kompleksov na različnih koncih Tolminske ravnice bi lahko sklepali, da jih je bilo še več, posebno še, če je nastanek nekaterih manjših jezerc v zvezi z različno hitrim taljenjem pokopanega ledu. M. Šifrer (1964/65) je našel v velikem številu golic tudi pravo jezersko glino in je na tej podlagi razčlenil posamezne ojezeritve. Toda tu se moremo spuščati v problematiko ojezeritev le toliko, kolikor je k njihovi razjasnitvi prispevala pelodna analiza.

Glina ob cesti iz Mosta na Soči proti Tolminu je brez peloda. Enako velja za mastno ilovico pri mlinu v Modrejcah. V profilu svetlo sive ilovice pri Modrejcah je pelod sicer zelo skromen (morda zaradi hitre sedimentacije), vendar kaže značilno stadialno, ne preveč hladnodobno vegetacijo odprtega tipa: *Pinus* 9 zrnč, *Hippophaë* 2, *Artemisia* 3, Gramineae 3. Morda je ta profil sočasen s profilom pri Volarjih.

V ilovici pri Zatoľminu, na meji med jezerskimi in deltastimi sedimenti, ni peloda.

Pri vasi Selo je nastalo jezero na robu čelne kotanje ob umiku ledenika. V njem se je odložila karbonatna glina, ki vsebuje pelod hladnodobne vegetacije: *Pinus* 4 zrnca, Compositae 1.

Južno od Tolmina, pod spomenikom padlim v drugi vojni je v strugi Soče razkrita svetlo siva ilovica s pelodno vsebino stadialne vegetacije: *Pinus* 15 zrnč, *Artemisia* 1, Polypodiaceae 1. Tej ilovici ustreza po mnenju M. Šifrerja ilovica ob potoku pod Poljubinjem, v kateri pa je bilo le osem pelodnih zrnč bora, *Pinus*.

V vzorcih glin iz opekarniškega kopa pri križišču glavne ceste proti Tolminu in odcepa proti Mostu na Soči ni bilo peloda.

Vidimo torej, da niso vsi glinasti sedimenti pelodonosni, kar je najbrž v zvezi tudi z njihovo genezo. Vendar so večidel, ob sicer precej skromni pelodni vsebini, dovolj indikativni in dopuščajo pomembne sklepe. Vsi pelodonosni sedimenti brez izjeme vsebujejo pelod stadialnega tipa vegetacije,

tu bolj, tam manj izrazito hladnodobne. Pelodne analize torej potrjujejo Šifrerjevo trditev, da so vsa ta jezera nastala in minila v stadialnih würmskih obdobjih. Pelodne analize pa tudi kažejo, da jezera niso sočasna.

Anhovo. Na ovinku ceste, ki pelje v kamnolom apnenca za cementarno Anhovo, leži v bočni zajedi konglomerata visoke terase peščena karbonatna glina, debela 10 m in mestoma podobna jezerski kredi. Toda tanke cementirane plasti peščene glin v različnih nivojih pričajo, da sedimentacija ni bila neprekinjena in zato tudi ne moremo govoriti o jezerski kredi niti o pravi ojezeritvi. Glina vsebuje tu pa tam drevesne veje, pod vrhom smo našli celo tanjše deblo smreke.

Glina ni bila odložena neposredno v korito, vrezano v konglomerat, temveč leži na en meter debeli preperini konglomerata, to je na fosilni zemlji. Soča je torej v toplem presledku vrezala in poglobila svojo strugo v starejši konglomerirani prod. Na njenih terasnih bregovih se je naselila gozdna vegetacija in ustvarila kar debelo plast zemlje. V hladni dobi (W III) je Soča zopet naplavljal material in zasula strugo do te višine. Prej izgledani zaliv v konglomeratu je ostal nezasut in ga je napolnila voda ter vanj odlagala blatni drobri skoraj do višine prejšnje konglomeratne terase. Končno je glino, ki postaja navzgor vedno bolj peščena in je v posameznih intervalih zlepljena v plošče, prekril rečni prod, ki je ostal nezlepljen in je delno že odstranjen.

Na ta profil karbonatne glin, ki leži 50 do 60 m nad sedanjo strugo Soče, je opozoril ing. Fajgelj, geolog pri cementarni. Vzorci, vzeti na vsak meter, so pokazali na enotno in precej siromašno vegetacijo.

Profil karbonatne glin na visoki soški terasi pri Anhovem:

7,9—10,0 m peščena glina s karbonatnim vezivom, zgoraj nevezan prod brez peloda

7,9 m siva karbonatna glina z debelcem smreke

6,9—7,9 m pasovita siva glina z veliko drobcev surovega humusa

5,4—6,9 m siva karbonatna glina z drobci gruča in proda

1,4—5,4 m siva karbonatna glina, pasovita, toda ne varvasta

1,0—1,4 m temno siva karbonatna glina, razvija H₂S

0,0—1,0 m črna fosilna zemlja z nepreperelimi ostanki silikatnih kamenin in kremenca brez peloda.

Pelodne analize vzorcev karbonatne glin pri Anhovem:

7,9 m: *Pinus* 10 zrn, *Helianthemum* 1; *Picea*, les; C-14 = 18 970 ± 300 let (Z 543).

7,8 m: *Pinus* 27, *Picea* 1

6,9 m: *Pinus* 8

5,4 m: *Pinus* 95, Rhamnaceae 1

3,4 m: *Pinus* 35

1,4 m: *Pinus* 6

1,0 m: *Pinus* 6.

Čeprav je pelod siromašen, je tako tipično stadialen, da sem profil že po vegetaciji uvrstil na konec würma (W III). Kasneje je določitev ogljika-14 iz smrekovega debela potrdila starost 18 970 ± 300 let, praktično 19 000 let, kar je še vedno višek zadnjega würmskega hladnega sunka. Celotni profil se je torej usedal v času okrog 20 000 let pred sedanjostjo.

Na Madžarskem so po ogljiku-14 določili, da je podobna poznawürmska oscilacija stara $18\,000 \pm 150$ do $17\,400 \pm 100$ let (V. Gábori-Czánk, 1978). Ta klimatološka določitev se ujema z literaturnimi podatki in hkratnimi simulacijskimi transpozicijami (G. M. Peterson, T. Webb III et al., 1979).

Deskle. Med tem ko je Soča v zavarovanem in mirnem anhovskem zalivu odlagala glino, je v bolj odprti in širši zajedi pri Desklah očitno razdejala starejši konglomerat in na novo odložila prod. Novo odloženi material sestoji v glavnem iz nezlepljenega proda in peska, ki je ponekod zlepljen v lečaste bloke, vmes pa so tu in tam vloženi tanki pasovi gline, ki ne vsebuje peloda. Vendar se zdi, da bi ta prod, v katerem so bogate gramoznice, lahko vzporejali s profilom nad Anhovim. Izviral bi torej s konca würma, torej iz časa, še preden je Soča začela prazniti dolino in odnašati lastne napolavine.

Spodnje Posočje

Kvartarni sedimenti spodnjega Posočja so fluvio-glacialnega nastanka in so zaradi oblikovitosti terena veliko bolj razprostranjeni. Zato je tudi njihov kronološki razpon veliko večji, saj imamo tu sedimente riške, würmske in postglacialne starosti. Vendar bomo glede na zaokroženost pelodnih analiz razdelili to območje na tri skupine: 1. Goriško polje, 2. Spodnjo Vipavsko dolino in 3. Trnovski gozd (gozdna tla).

Goriško polje. Ko Soča zapusti ozko sotesko med Skalnico in Sabotinom, teče po široki ravnici, ki jo imenujejo Goriško polje. Na jugoslovanski strani meje je ostal le del njegovega vzhodnega obrobja, ki nudi bolj malo možnosti za palinološka raziskovanja.

V glavnem gre na Goriškem polju za würmski zasip. V njem se je v nekaterih usedlinah ohranil pelod, ki nam posreduje sliko tedanjih vegetacijskih razmer in omogoča kronostratigrafske opredelitve. Vzorci izvirajo iz lokacij Solkan, Nova Gorica in Vipolže.

Solkán. Pri Medveščkovi hiši v Solkanu so pri kopanju gradbene jame za vodni zbiralnik našli tudi drobce oglja in odtitke roženca ter en artefakt — zanesljive sledove paleolitskega človeka na tem prostoru. Roženčevi odtitki so bili v temno rjavi zemlji skupaj z drobcem preperlega roženca in ploščic fliša. Dr. M. Brodar je za pelodno analizo vzel večjo množino te zemlje, ki so najbrž fosilna gozdna tla, delno soliflukcijsko premaknjena.

Pelodna vsebina je sicer siromašna, vendar značilno pleistocenska: *Pinus* 11 zrn, *Betula* 4, *Alnus* 2, *Cornus* 1, *Quercus* 1, *Artemisia* 1, Gramineae 1, *Thalictrum* 1, *Filipendula* 1, *Osmunda* (fragmenti).

Glede na bližnji profil v Anhovem, ki je tako po vegetacijskih razmerah kot po določitvi ogljika-14 ($18\,970 \pm 300$ let) zanesljivo poznawürmske starosti, kaže pelodna vsebina solkanskega profila ne povsem pleniglacialne razmere, najverjetneje iz časa, ko se je würm III prevesil v kasni glacial. Izključiti pa tudi ne smemo srednjewürmske starosti, ko je bila vegetacija bolj pestra kot konec würma.

Nova Gorica. Med načrtovanjem novogoriških zgradb so izvrtali več vrtin za njihovo temeljenje. Palinološko smo preiskali šest vzorcev iz dveh sond. Temno siva glina iz globine 14 m sonde S-1 je vsebovala naslednji pelod:

Pinus 24 zrcn, *Picea* 2. Gotovo gre za pleistocensko, najbrž würmsko usedlino. V vzorcu temno zelene gline iz globine 19 m smo določili le dve spori *Lycopodium*.

Iz sonde S-8 imamo štiri vzorce iz globin (tabela 4):

- 2 m sivkasto rjavo-zelena, zaglejena glina
- 5 m zelena glina z vložki zelenega peščenjaka in surovim humusom
- 12 m zelenkasto siva karbonatna glina s surovim humusom
- 18 m zelenkasto siva karbonatna glina s surovim humusom.

Zelenkasto siva karbonatna glina iz globine 18 m je vsebovala naslednji pelod: *Pinus diplostele* 48, *Pinus haplostele* 2, *Picea* 7, *Betula* 9, *Salix* 1, *Hippophaë* 3; NAP: *Artemisia* 11, Gramineae 16, Chenopodiaceae 1, *Gentiana* 1, Cyperaceae 1, Compositae 2, *Centaurea* 5, *Plantago* 1, *Polygonum* 1, *Filipendula* 1.

Tudi ta profil, ki se sicer tako sedimentološko kot po pelodni vsebini razlikuje od S-1, je pleistocenski. Zanj sta značilna *Hippophaë* in precej breze, torej heliofilni elementi, manjka pa *Selaginella*. Morda bi ga lahko uvrstili v srednji würm, pred W III, ko posledice ohladitve še niso bile tako katastrofalne za vegetacijo, lahko pa tudi v kasni glacial, kot Volarje.

Vipolže. Na ravnici pod Vipolžami smo tik ob državni meji pod cesto proti Medani napravili nekaj poskusnih ročnih vrtin med potokoma Birska in Oblenč. Zaglejena glina iz večine vrtin je bila pelodno sterilna. Le v enem primeru smo naleteli na rjavkasto sivo karbonatno glino s pičlim, vendar dovolj značilnim pelodom: *Pinus* 2, *Picea* 4, *Fagus* 1.

Poleg karbonatne primesi v glini na flišnem ozemlju kaže za naravno holocensko vegetacijo neobičajna sestava, da gre za pleistocenski sediment, vendar ne iz stadialnega, ampak iz interstadialnega obdobja (*Fagus!*), morda tudi s konca kasnega glaciala, ko je Soča že močno narasla in se razlila čez Goriško polje vse tja do zaliva pod Vipolžami, a še ni začela odnašati materiala in poglobljati struge.

Spodnja Vipavska dolina. Tudi v spodnjem delu Vipavske doline je ob boku vsakokratne soške prodne akumulacije nastalo jezero ali vsaj zamočvirjena ravan. Pelodne analize, ki naj bi dale sliko pleistocenske vegetacije tega ob-

Tabela 4. Pelodne analize vzorcev jeder iz vrtine S-8 v Novi Gorici

Table 4. Pollen analyses of the core samples from the borehole S-8 at Nova Gorica

GLOBALNA DEPTH	PINUS dipl.	PINUS hopl.	PICEA	BETULA	QUERCUS	SALIX	RHAMNUS	HIPPOPHAE	ARTEMISIA	CHENOPODIAC.	GRAMINEAE	COMPOSITAE	CYPERACEAE	CENTAUREA	PLANTAGO	POLYGONUM	UMBELLIFERAE	FILIPENDULA	CARYOPHYLLAC.	LYCOPODIUM
2	8	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	72,8	9,1	3,9	9,1	1,3	-	1,3	5,2	19,5	3,9	19,5	-	-	-	-	-	2,6	1,3	7,8	1,3
18	68,6	2,9	10,0	13,0	-	1,4	-	4,3	15,7	1,4	22,9	2,9	1,4	7,1	1,4	1,4	-	1,4	-	-

močja in hkrati tudi zanesljivo kronostratigrafijo, so potekale v časovnih presledkih, kakor in kjer so se pač odpirali profili glinokopov. Z novimi podatki se je stalno izpopolnjevala slika geoloških dogajanj. Predvsem se je pokazalo, da se po pelodni vsebini in sedimentološko ujemata profila novega biljenskega in odkopanega bukoviškega glinokopa (A. Šercelj, 1963). Ta dva profila sta le neznaten erozijski ostanek terase ob pobočju griča med Biljami in Bukovico ter ležita le 2 do 4 m više od renških glinokopov. Renški profil je palinološko siromašnejši od prejšnjih dveh in se od njiju razlikuje tudi sedimentološko. Zato sklepamo, da imamo v Spodnji Vipavski dolini vsaj dve različni akumulaciji, riško in würmsko. Riška je bila skoraj v celoti odnesena, podobno kot sočasna soška akumulacija; njena skromna ostanka sta konglomerata pri Šentmavru ter peščena glina pri Biljah in Bukovici. Würmska akumulacija pa se je ohranila v Renčah.

Bilje. Novi opekarniški glinokop vzhodno od vasi Bilje je že v celoti izčrpan, saj je bil le terasasti erozijski ostanek starejših jezerskih usedlin.

Glinaste plasti so ležale horizontalno prav do pobočja flišnega griča in vendar ni bilo nikjer v profilu mogoče zaslediti flišnega vršaja. Takšne razmere dovoljujejo sklep, da glina ni bila nanescena s fliša, ampak od drugod. Vse glinaste plasti v odprtem profilu so vsebovale karbonat in prav tako v vrtini, globoki skoraj štiri metre. Zato sklepamo, da je večji del te gline nanescila Soča, ko je v hladnem obdobju zasipala svojo strugo in se razlivala bočno v stransko dolino in tam odlagala drobnejši material.

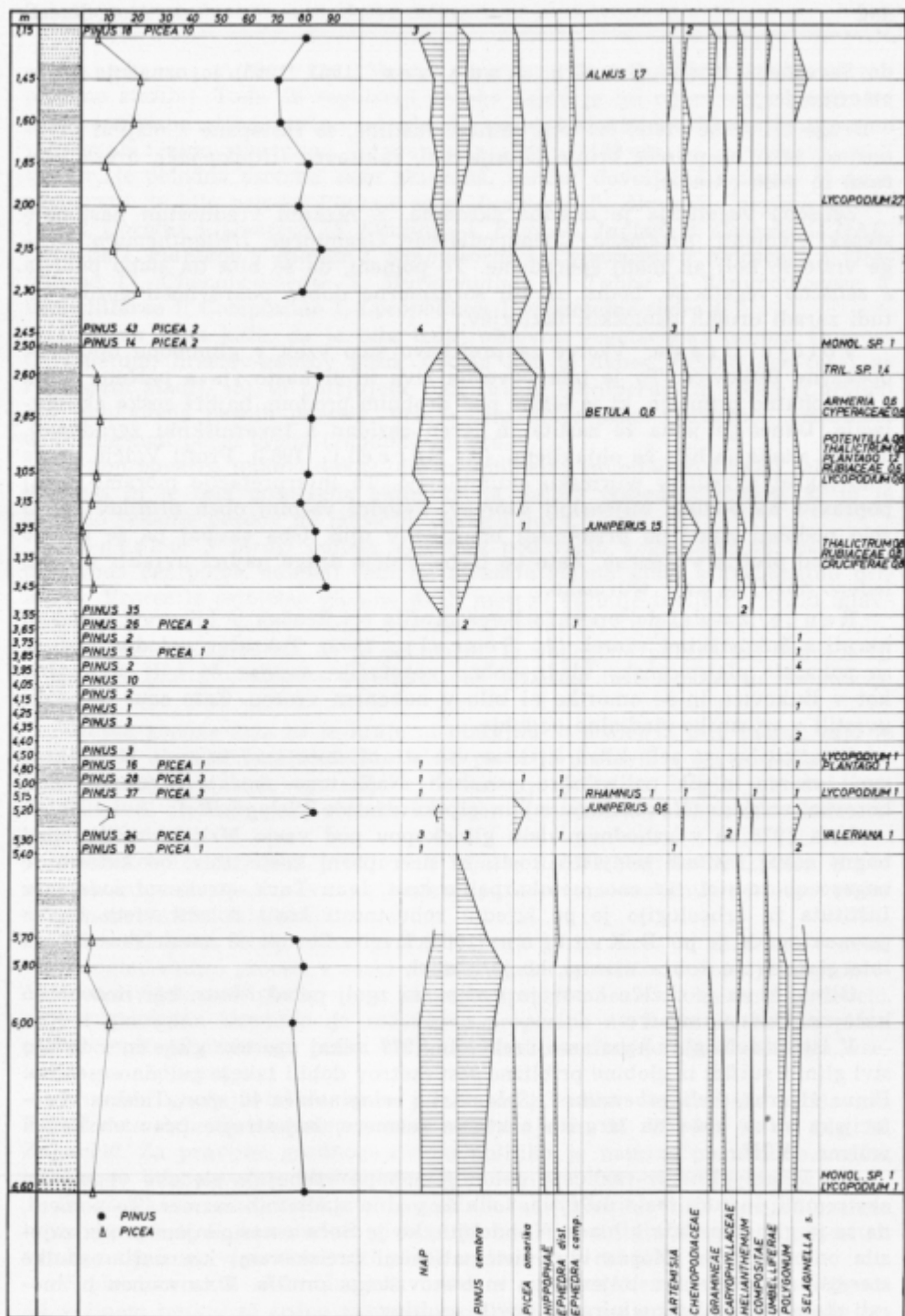
Vzorci za pelodne analize smo vzeli najprej v odprtem profilu, visokem približno 2,50 m. Za analizo so bile uporabne le plasti od 120 cm navzdol, vrhnje so preperle in je pelod v njih uničen. Zato smo kasneje na istem mestu še ročno vrtali do dna glinokopa in tako dosegli skupno globino 640 cm.

Globinski profil je naslednji:

- 0—130 cm preperela peščena glina s cevastimi konkracijami vzdolž odmrlih korenin močvirskega rastlinja
- 130—250 cm horizontalno plastovita glina, siva in zelenkasto siva, z vložki finega peska. Tik pri dnu odkopa je bila plast temno sive gline z obilico naplavljenega rastlinskega drobirja, predvsem vejevja, pa tudi storžkov smreke, omorike, rušja, jelše, itd.
- 250—640 cm menjavanje sive in zelenkaste gline s karbonatno primesjo, v globini 390 cm razpuščena mivka v podtalnici.

Iz tega profila je bilo analiziranih 38 vzorcev. Njihova pelodna gostota je zelo različna. Ponekod je množina peloda normalna, vsaj za stadialne razmere, drugod smo našli le posamezna zrnca (sl. 2).

Celotni profil je usedlina spremenljivega stadialnega obdobja; zdaj je prevladovalo ostro hladno podnebje, zdaj se je spet omililo in dopuščalo življenje tudi bolj občutljivim rastlinam. Vseskozi sicer prevladujejo iglavci, predvsem borovci, in sicer tipa *diplostele*, med katere uvrščamo rdeči bor, *Pinus sylvestris*, in rušje, *P. mugo* (storžki), ter tip *haplostele*, verjetno cemprin, *P. cembra*. Tudi smreka je zastopana po dveh pelodnih tipih, in sicer navadna smreka, *Picea abies*, manjši pelod pa je gotovo omorika, *Picea omorika*, zastopana tudi s storžki. Ta tip smreke je danes relik, ki raste le še ob srednjem toku Drine v Bosni in Srbiji, v zadnjem interglacialu pa je bila razširjena po vsej Evropi



Sl. 2. Pelodni diagram glinokopa v Biljah
 Fig. 2. Pollen diagram of the clay pit at Bilje

do Severnega morja. Sv. Th. Andersen (1961, 1965) jo označuje *Picea omorikoides*.

Druge drevesne vrste, oziroma lesnate rastline, so zastopane z nižjimi vrednostmi, tako na primer brinje (*Juniperus*), rakitovec (*Hippophaë*), breza (*Betula*) in jelša (*Alnus*).

Zeliščna vegetacija je izredno skromna. Z nizkimi vrednostmi nastopajo stepski elementi: *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Gramineae*, *Helianthemum*. Druge vrste so bolj ali manj sporadične. To pomeni, da so bila tla slabo pokrita z zeliščno vegetacijo, bodisi zaradi sorazmerno dobre pokrovnosti gozda, ali tudi zaradi drugih ekoloških faktorjev.

Volčja Draga. Vzorce za preiskavo smo vzeli v glinokopu opuščene opekarne Bukovica. To je bila povečini siva in sivkasto rjava peščena glina s karbonatno primesjo, ki je ležala pod drobnim prodrom, najbrž soške akumulacije. Danes je jama že zasuta in teren zazidan s tovarniškimi zgradbami. Tabela analiz je bila že objavljena (A. Šercelj, 1963). Profil Volčje drage smo takrat uvrstili v würmsko akumulacijo. To interpretacijo moramo sedaj popraviti na podlagi biljenskih vzorcev. Pelodni vsebini obeh profilov sta si zelo podobni zlasti po prisotnosti omorike v njih. Oba skupaj pa se močno ločita od profila v Renčah. Zato bo treba Volčjo drago najbrž uvrstiti v riško ledeno dobo, ne pa v würmsko.

Renče. Začetni del opekarniškega profila pri Renčah je bil prvič preiskan hkrati z bukoviškimi vzorci (A. Šercelj, 1963). Takratne pelodne analize so pokazale pleistocensko hladnodobno vegetacijo, vendar še bolj siromašno kot v Bukovici, in še omorike ni bilo v nobenem vzorcu. Zato smo ta profil uvrstili v würmsko stadialno obdobje.

Glinokop se je zelo hitro širil na vse strani; zato smo kasneje še večkrat vzeli vzorce in jih palinološko preiskali. Našli smo skoraj izključno pelod borovca, sončeca (*Helianthemum*) in alpske drežice (*Selaginella*).

Leta 1978 so v vzhodnem delu glinokopov pod vasjo Mrljaki rešili izpod bagra nekaj fosilnih konjskih kosti, in sicer parni kosti tibia, od katerih je bager eno že strl, ter eno metakarpalno kost. Ivan Turk, strokovni sodelavec Inštituta za arheologijo je po izredni robustnosti kosti določil vrsto *Equus germanicus*, ki je po B. Kurténu (1968) živel v Evropi od mindelsko-riškega interglaciala do konca würma, ko je izumrl.

Glina, ki se je držala kosti, je vsebovala zgolj pelod *Pinus*, kar nedvomno kaže na hladne razmere.

V istem delu glinokopa smo vzeli leta 1977 nekaj vzorcev glin in v temno sivi glini s sulfidi iz globine približno šest metrov dobili takole pelodno vsebino: *Pinus* 41 zrn, *Helianthemum* 1, *Selaginella selaginoides* 40 spor. Takšna vegetacijska slika kaže na izrazito arktične razmere, najostrejše prav ob koncu würma, W III.

Vsi vzorci glin iz različnih delov glinokopa vsebujejo sledove vegetacije ekstremnih in tudi malo milejših, toda še vedno stadialnih razmer. To pomeni, da se je glina usedala v hladnih obdobjih, ko je Soča z nasipanjem proda zajela odtok Vipavi. Morda bi s sistematičnimi preiskavami kje našli ostanke starejših ekvivalentov biljenskega in bukoviškega profila. V ta namen bi morali stalno spremljati odpiranje novih profilov.

Lijak pri Ajševici. Vzorci gline iz vrtin v dolini ob Lijaku so bili pelodno sterilni. Toda ob regulaciji potoka Lijak je bil odprt večji profil. Na dnu regulirane struge južno od glavne ceste Ajdovščina—Nova Gorica smo vzorčevali temno sivo glino. V vzorcu iz globine 150 cm, ki je vseboval tudi sulfide, je pelodna vsebina sicer skromna, vendar dovolj indikativna. V dveh preparatih je bilo peloda: *Pinus* 6 zrn, *Juniperus* 5, *Alnus* 5, *Carpinus* 3, *Betula* 2, *Corylus* 4, *Quercus* 13, *Fraxinus* 1, *Fagus* 7, *Juglans* 2, *Calluna* 1; NAP: Cerealia 1, *Plantago* 5, *Rumex* 2, *Sanguisorba* 1, Cyperaceae 7, Ericaceae 3, Gramineae 12, Chenopodiaceae 1, *Myriophyllum* 1, *Typha* 1, Ranunculaceae 3, Umbelliferae 1, Compositae 1, *Lycopodium* 1, monoletne spore 4.

Pelodna slika kaže, da je bila tedaj osnovna vegetacijska cenoza Quercocarpinetum, hrastov-gabrov gozd, takšna kot je danes. Očitno gre torej za regresivni stadij, saj to potrjujeja tudi brinje (*Juniperus*) in leska (*Corylus*) kot indikatorja pašnih površin, brinje celo ovčje paše. Človekovo prisotnost dokazuje tudi pelod oreha (*Juglans*) in žita.

V tem spektru imamo dokaz, da so sedimenti ravnine ob Lijaku mladoholocenski in je bila pospešena akumulacija najbrž posledica erozije, ki jo je sprožilo sekanje gozdov na pobočjih okrog Lijaka.

Vog r s k o. V strugi potoka Vogršček pod vasjo Vogrsko so pri napeljavi plinovoda čez potok naleteli tudi na sivkasto zeleno glino s karbonatno primesjo. Vzorec iz približne globine dveh metrov vsebuje izključno pelod iglavskega mezofilnega gozda: *Pinus* 3, *Picea* 1, *Abies* 18. Tu gre vsekakor za holocensko gozdno vegetacijo, ki je po močni, antropogeno povzročeni degradaciji naravnega gozda, v stadiju regenerativne iglavske faze s popolno dominacijo jelke.

Takšna gozdna faza za te kraje ni običajna in doslej ni bila znana; zato je časovno še ne moremo opredeliti. Lahko pa bi jo postavili v čas od hallstattske dobe naprej. Podobno vegetacijo z dominacijo jelke in drugih iglavcev smo določili tudi ob Krki pri Žužemberku, kjer je v okolici precej sledov halstattskih naselbin.

Vsekakor izvirata oba profila, na Lijaku in pri Vogrskem, iz časa človekovega intenzivnega vpliva na vegetacijo, sicer iz različnih period, vendar sta etnobotanično zelo zanimiva.

Trnovski gozd. Širše območje Trnovskega gozda sicer ni direktno v zvezi s fluvio-glacialnimi procesi v soški dolini, vendar gravitira v Posočje in je istočasno doživljalo tudi glacigene in kasnejše spremembe. Naj omenimo le debelo, najbrž glacigeno akumulacijo roženčeve preperine na Lazni in debele plasti pleistocenskega drobnega peska na dnu Smrekove drage, najbrž eolskega, vsekakor pa alohtonega.

Trnovski gozd je bil raziskan predvsem z vidika vegetacijske zgodovine. Pobudo sta dala raziskovalca gozdne vegetacije dr. M. Wraber in dr. ing. M. Zupančič. Za pravilno gozdnogojitveno politiko je namreč pomembno vedeti, kakšna je bila prvotna, ali kolikor toliko »naravi ustrezna« vegetacija.

Za raziskave smo jemali profile gozdnih tal v blokkih, ki so obsegali prereze horizontov A do C, navadno do globine 40 cm. Kjer so bila tla globlja, smo tudi vrtali, na primer v pleistocenski pesek v Smrekovi dragi in na Lazni.

V pleistocenskih akumulacijah, bodisi v preperinskem reziduumu roženca ali v finem pesku, so redno zastopani arktični florni elementi (*Selaginella se-*

laginoides), kar pomeni, da je ta fosilni substrat za pedologa horizont C, in je torej le izhodiščni material današnjega pedona.

Večina teh profilov je bila že ovrednotena s fitocenološkega (Zupančič) ter florogenetskega in kronostratigrafskega vidika (Šercelj). Rezultate teh raziskav je potrdila analiza ogljika-14 (D. Srdoč, A. Slipečević in sodel., 1977).

Palinološko je bilo raziskanih po več profilov v teh gozdnih lokacijah: Smrekova draga, Smrečje, Mala Lazna, Paradana, Golaki. Naj navedemo le sumarno glavne ugotovitve:

Pleistocenski glaciološki pojavi so tu izraženi v akumulaciji roženčeve preperine (Lazna) in ponekod v eolskem drobnem pesku tujega porekla (Smrekova draga). Daljših transportov ni bilo, saj je na mnogih krajih ostala roženčeva preperina »in situ« v globini približno 30 do 40 cm.

Gozdna vegetacija je bila ne le v predzgodovinskem času, ampak tudi v zgodovinskem času izpostavljena zdaj bolj, zdaj manj intenzivnemu človekovemu vplivu. Kdaj pa kdaj so bili ti gozdovi morda celo refugiji avtohtonemu prebivalstvu ob času vpadov tujih ljudstev (Smrekova draga?). Pelodne analize kažejo, da so ti gozdovi lokalno prešli že več regresivnih razvojnih ciklov, toda so se obrnili v progresivno smer, kakor hitro je človekov pritisk popustil. Zato je tudi tu, kot povsod drugod, gozd sestavljen iz mozaika različnih regenerativnih stadijev v smeri klimaksa, ki je bil tu očitno *Abieti-Fagetum* — z močno primesjo smreke.

Sklep

S palinološkimi raziskavami kvartarnih sedimentov iz Posočja smo dobili nekatere pomembne kronostratigrafske, paleofloristične, kvartarološke in paleoklimatološke podatke.

1. Večina pelodonosnih jezerskih sedimentov vsebuje pelod frigidofilne vegetacije, kar pomeni, da so se ti sedimenti odlagali v hladnih, to je stadialnih obdobjih v časovnem razponu od riške poledenitve do konca würmske. Edina izjema je toplodobni (interstadialni?) profil jezerske krede na pobočju Radovlje pri Bovcu. Profili pri Vipolzah, na Lijaku in pri Vogrskem pod strugo potoka Vogršček, so plavni sedimenti s toplodobno vegetacijo holocenskega tipa. Gozdni profili na Trnovskem gozdu predstavljajo delno kasnoglacialno vegetacijo, kolikor so to pedološko še nespremenjeni pleistocenski sedimenti. Vendar je večino teh profilov že predelala postglacialna gozdna vegetacija. Tako predstavljajo pleistocenski profili ponekod horizont C za današnje gozdne profile, ki jih po pelodni vsebini uvrščamo že v čas človekovega vpliva na vegetacijo. Ogljik-14, določen v šoti v Smrekovi dragi je dal starost 0 (recentna), v humusu ob robu pa 847 ± 70 let (Z-312).

Pregledna kronološka tabela (tabela 5) predstavlja poskus datacije in korelacije opisanih profilov in sedimentov na podlagi peloda in ogljika-14.

2. S pelodno analizo je dokazano, da ojezeritve v zgornjem Posočju niso bile postglacialne, kot je menil Winkler, temveč kasnoglacialne, nekatere morda še starejše; le tista na Radovlji je interstadialna. V hladnih dobah je torej v Posočju prevladovala akumulacija, v toplih pa erozija.

3. Vegetacija v Posočju je zanesljiv kazalec klimatskih razmer. Pelodni spektri in profili s sliko hladnodobne vegetacije kažejo sicer različne stopnje ohladitev, vendar se v ničemer ne razločujejo od sočasne vegetacije v notranjo-

Tabela 5. Kronološka korelacija raziskanih pelodnih profilov
 Table 5. Chronologic correlation of the pollen profiles examined

Kronologija Chronology	Nahajališča flor Palynological sites	Klima Climate
Halocen - Holocene antropog. - anthropic	Lijak, Vogrsko, Kobarid, Smrekova draga (C-14) Mala Lazna, Šmrečje, Paradana, Vipolže (?)	toplo warm
Kasni glacial Late Glacial	Solkan (?) Srpenica (C-14), Volarje (C-14)	srednje hladno moderate cool
W III	Renče, Nova Gorica, Anhava (C-14) Deskle, Lepena Srpenica, Bovec mesto - town Vrtina - Borehole Bovec-76	najhladnejše the coldest tundra, taiga
W II	Srpenica (?), Nova Gorica, Solkan (?)	hladno cold
W I/W II Brörup-Interstad.	Bovec-Radovlje, 1971 (C-14)	srednje toplo moderate warm
R/W	Erozijski ostanek konglomerata iz R I Erosion remnant of conglomerate from Riss I period	toplo warm
R II	Bilje, Volčja draga	hladno cold

sti Slovenije. To pomeni, da je tudi v Posočju, kjer so danes klimatske razmere precej ugodnejše kot v notranjosti, v stadialnih obdobjih vladalo arktično podnebje.

Te razmere so nam takoj razumljive, če vemo, da se je ob višjih würmskih in najbrž tudi riških in še starejših glacialov morska gladina znatno znižala (tudi za 100 m). Zato se je morje vsakokrat umaknilo do srede današnjega Jadrana. S tem se je po eni strani toplotni vpliv morja izničil, hkrati pa so iz zaledja dotekale hladne zračne gmote iznad tolimskega in tilmentskega ledenika. Ohlajevalni učinek pa so poleg anticiklonskega hladnega zraka povečevale še ledeniške vode. Le ob upoštevanju takšnih okoliščin moremo razložiti ugotovitve, da celo v spodnjem delu Vipavske doline, v tem danes klimatsko zelo ugodnem območju, ni mogla v pleistocenskih stadialih uspevati druga vegetacija kot arktična, podobna današnji sibirski tajgi ali tundri.

Pollen in Quaternary sediments from the Soča Valley

Summary

Palynological investigations of Quaternary deposits occurring along the river Soča yielded some important chronostratigraphical, paleofloristic, and paleoclimatological information.

1. Most of pollen bearing lacustrine deposits contain pollen of frigidiphile vegetation, an indication that the sediments had been deposited during cold, i. e. stadial periods within the space of time from Riss glaciation up to the end of the Würm glaciation. The only exception is lacustrine silt and clay having

the appearance of chalk, which occurs on the slope of the hill "Radovlje" southwest of the town Bovec. This was deposited during the early Würm interstadial (or interglacial?) period, similar to that near Calprino (Lugano) (Lona, 1963). The cores taken at Vipolže and Lijak, and the exposure in the bed of the brook Vogršček near the village Vogrsko are alluvial deposits containing pollen of a typical Holocene vegetation of different successional stages. Monoliths of the soils on the upland Trnovo Forest are partly of Late-Glacial age, as their pollen contents suggests, insofar as they remained pedologically unaltered. However most of them are now ripened forest soils of postglacial forest vegetation. Thus Pleistocene deposits in some localities represent pedological C-horizons for modern forest soils, which according to their pollen content should be put in younger periods of human impact on the vegetation. Radiocarbon measurement of the Sphagnum peat from the bottom of the large sink-hole Smrekova draga, famous for the temperature inversion phenomena, resulted in the age 0, which means that it is of recent growth. Meanwhile the humus soil at the border of the same sink-hole proved to be 847 ± 70 y. B. P. (Z-312).

The chronological correlation table (tab. 5) is an attempt to date and correlate the investigated profiles and sediments on the base of pollen and radiocarbon analyses.

2. By means of pollen analyses reliable evidence is provided that the lakes in the upper Soča valley have not persisted into postglacial times, as Winkler supposed. Most of them are of Late-Glacial age with the exception of the exposure near Bovec, this being probably interstadial, equivalent to the Brörup-Interstadial. Thus clear evidence is provided that during cool periods accumulation prevailed along the Soča river and erosion took prevalence during warm periods.

Literatura

- Andersen, Sv. Th. 1961, Vegetation and its Environment in Denmark in the Early Weichselian Glacial (Last Glacial). Danm. Geol. Unders. 2R, 75. København.
- Frenzel, B. 1972, Forschungen über die pleistozäne Vegetationsgeschichte des deutschen Alpenvorlandes. Stratigraphie des süddeutschen Quartärs und der angrenzenden Gebiete.
- Fritz, A. 1970, Das Interglazial von Nieselach, Kärnten (Eine pollenanalytische Untersuchung). Carinthia II, Sonderh. 28, Klagenfurt.
- Gábori-Czánk, V. 1978, Une oscillation climatique à la fin du Würm en Hongrie. Acta Archaeologica Acad. Sci. Hung. T. XXX, 1—2, Budapest.
- Iskra, M. & Grimšičar, A. 1977, Nahajališča glacialne jezerske krede v Sloveniji. I. Simpozij za polnila. Arandjelovac.
- Kunaver, J. 1972, Prispevek k kvartarni morfologiji Zgornjega Posočja. Geogr. Inst. SAZU.
- Kunaver, J. 1975, H geomorfološkemur razvoju Bovške kotline v pleistocenu. Geogr. vestnik 47, Ljubljana.
- Kurten, B. 1968, Pleistocene Mammals of Europe. London.
- Kuščer, D., Grad, K., Nosan, A. & Ogorelec, B. 1974, Geološke raziskave soške doline med Bovcem in Kobaridom (Geology of the Soča Valley between Bovec and Kobarid). Geologija 17, Ljubljana.
- Lona, F. 1963, Würm interstadial deposits of Calprino (Lugano) indicating a striking Fagus diffusion. Ber. geobot. Inst. ETH, Stiftg. Rübel, 34, Zürich.

Peterson, G. M., Webb III, T., Kutzbach, J. E. & al. 1979, The Continental Record of Environmental Conditions at 18 000 yr. B. B.: An Initial Evaluation. *Quaternary Research* 12.

Srdoč, D., Sliepčević, A. & al. 1977, Rudjer Bošković Institute Measurements IV. Radiocarbon, Vol. 19, No. 3.

Sercelj, A. 1963, Razvoj würmske in holocenske gozdne vegetacije v Sloveniji. Die Entwicklung der Würm- und Holozän-Waldvegetation in Slowenien. *Razprave IV. razr. Slov. akad. znan. umetn.*, 7, Ljubljana.

Sercelj, A. 1966, Pelodne analize pleistocenskih in holocenskih sedimentov Ljubljanskega barja. Pollenanalytische Untersuchung der pleistozänen und holozänen Ablagerungen von Ljubljansko barje. *Razpr. IV. r. Slov. akad. znan. umetn.*, IX/9, Ljubljana.

Sercelj, A. 1970, Würmska vegetacija in klima v Sloveniji. Würmeiszeitliche Vegetation und Klima in Slowenien. *Razprave IV. r. Slov. akad. znan. umetn.* XIII/7, Ljubljana.

Šifrer, M. 1955, Dolina Tolminke in Zalošce v pleistocenu. *Geogr. zbornik*, III, Ljubljana.

Winkler, A. 1926, Zur Eiszeitgeschichte des Isonzotales. *Zeitschrift für Gletscherkunde* 15, Leipzig.

Winkler, A. 1931, Zur spät- und postglazialen Geschichte des Isonzotales. *Ztschr. f. Gletscherkunde* 19, Leipzig.

Zupančič, M. 1976, Smrekovi gozdovi v mraziščih Dinarskega gorstva Slovenije. *Disertacija*. Ljubljana.

Hidrogeološki pogoji za gradnjo elektrarne Mavčiče

Hydrogeological conditions of the Mavčiče dam site

Ljubo Šušteršič

Geološki inštitut, Ljubljana, Ljubljana, Slovenija

Summary

The Mavčiče dam site is situated in the Kransko-Planje field. The geological conditions are favourable for the construction of a dam. The hydrogeological conditions are also favourable. The Mavčiče dam site is situated in the Kransko-Planje field. The geological conditions are favourable for the construction of a dam. The hydrogeological conditions are also favourable. The Mavčiče dam site is situated in the Kransko-Planje field. The geological conditions are favourable for the construction of a dam. The hydrogeological conditions are also favourable.

Introduction

The dam site is situated in the Kransko-Planje field. The geological conditions are favourable for the construction of a dam. The hydrogeological conditions are also favourable. The Mavčiče dam site is situated in the Kransko-Planje field. The geological conditions are favourable for the construction of a dam. The hydrogeological conditions are also favourable. The Mavčiče dam site is situated in the Kransko-Planje field. The geological conditions are favourable for the construction of a dam. The hydrogeological conditions are also favourable.

Conclusion

The Mavčiče dam site is situated in the Kransko-Planje field. The geological conditions are favourable for the construction of a dam. The hydrogeological conditions are also favourable. The Mavčiče dam site is situated in the Kransko-Planje field. The geological conditions are favourable for the construction of a dam. The hydrogeological conditions are also favourable.

UDK 627.8.034:552.512:551.791(282.243.743)(497.12)—863

Hidrogeološki pogoji za gradnjo elektrarne Mavčiče

Hydrogeologic conditions of the Mavčiče dam site

Ljubo Žlebnik

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Kratka vsebina

Na Kranjsko-sorškem polju si je Sava vrezala svojo strugo trideset metrov globoko. Med Mavčičami in Kranjem je tako nastala prava soteska s strmimi stenami iz pleistocenskega konglomerata, morfološko ugodna za gradnjo vodne elektrarne pretočnega tipa. Za pregrado je bil izbran presek Mavčiče—Moše. Raziskovalne vrtine v profilu pregrade in akumulacijskega jezera so opozorile na poroznost konglomerata in proda. Zato so bile porozne plasti poskusno zatesnjene do take stopnje, da se je njihova vodoprepustnost izenačila s prepustnostjo oligocenskega meljevca v podlagi pleistocenskih zasipov.

Abstract

The Sava valley is cut thirty metres deep in the Kranj—Sora field. A true canyon is confined between rather steep walls built of Pleistocene conglomerate and gravel from the Mavčiče village to the town of Kranj. Thus natural conditions have come into existence being favourable for construction of a run of the river plant. An artificial barrier will be constructed across the Sava river at Mavčiče for a power plant. Many exploratory boreholes have been drilled for subsurface reconnaissance of the dam site and the artificial lake. They call attention to the porosity of the Pleistocene conglomerate and gravel. Therefore, a test grouting has been undertaken in the Mavčiče section to reach such watertightness of the foundation rock of the dam as has been measured in the underlying oligocene sandstone.

Uvod

Načrtovana hidroelektrarna Mavčiče na Savi je pretočna s padcem približno 20 m in sorazmerno majhnim akumulacijskim jezerom. Za jez in strojnico je bil izbran presek med vasjo Mavčiče na desnem bregu in Mošami na levem bregu Save (sl. 1). Akumulacijsko jezero bo zalilo ozko sotesko Save med Mavčičami in Kranjem in bo segalo malo nad cestni most čez Savo pri tovarni Planika v Kranju (sl. 2). Nekoliko se bo razširilo pod Trbojami in Žerjavko.

Geološki opis območja hidroelektrarne

Soteska Save, kjer bo zgrajena hidroelektrarna, je globoka okrog 30 m in je vrezana v kvartarni konglomerat in prod Kranjsko-sorškega polja. Na površju polja leži povečini prod mlajšepleistocenskega zasipa. Iz prodne ravnine se dvigajo starejše pleistocenske nizke valovite terase, prekrte z nekaj metrov debelo plastjo glin s prodniki: Velika Dobrava severno od Godešiča, Smrekova Dobrava med Gorenjo vasjo in Godešičem, Žejski hrib med Jeprco in Podrečo ter Plana gmajna vzhodno od Trboj in Dragočajne.

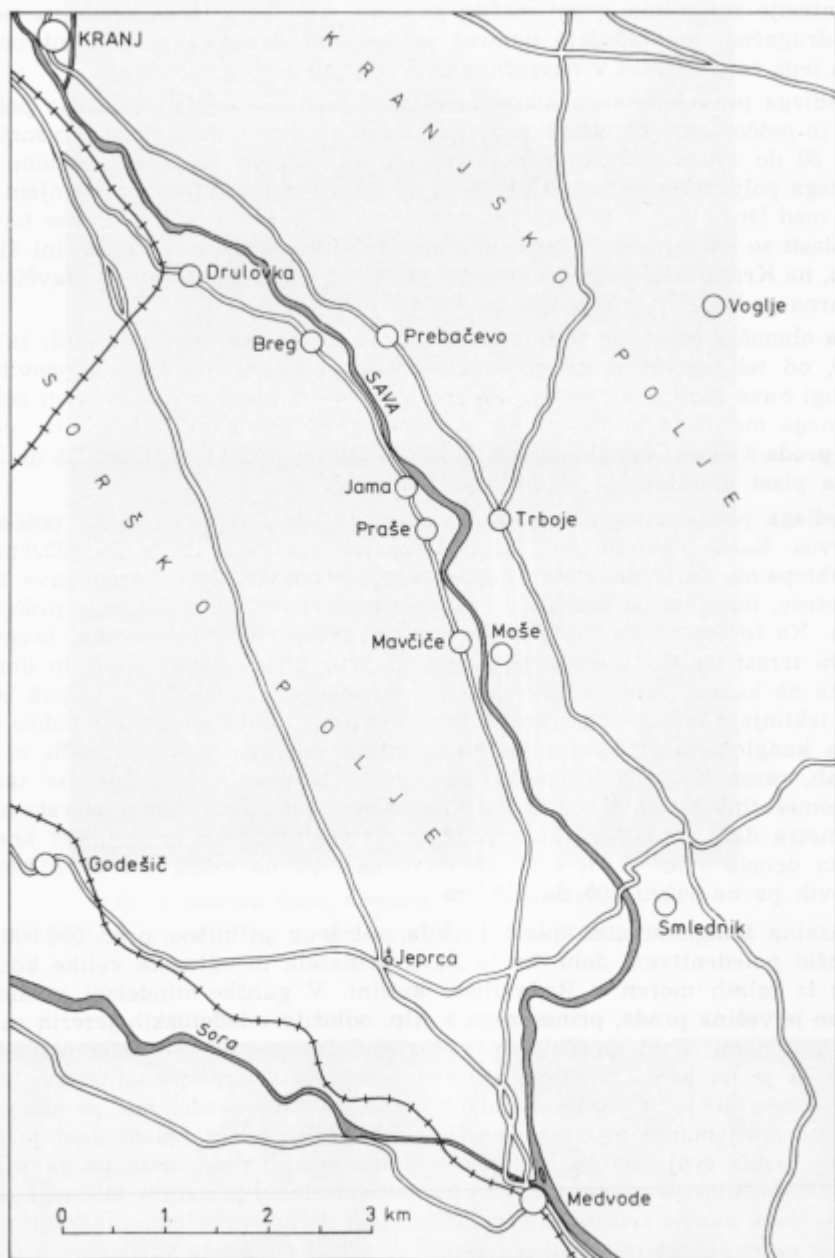
Pod prodom ravnega dela polja sledi serija srednje in staropleistocenskih konglomeratnih in prodnih plasti, ki so delno razkrite v soteski Save. Prodni pokrov povečini ne presega 10 m, le v ozkem pasu med Drulovko, Jeprco in Senico, kjer poteka po sredini Sorškega polja stara zasuta savska struga, je prodni zasip debel 35 do 45 m. Dno stare struge po dosedanjih podatkih ni globlje od dna današnje savske soteske.

Srednje in staropleistocenska serija plasti, ki leži pod mlajšepleistocenskim (würmskim) prodnim zasipom, je zelo heterogena, ker naplavine Save in Kokre niso bile odložene, kontinuirano, ampak verjetno v treh ciklih, ki se ujemajo s poledenitvenimi dobami, gūnško, mindelsko in riško. Najstarejše, gūnške naplavine leže spodaj, riške pa zgoraj neposredno pod prodnim pokrovom Kranjsko-sorškega polja. Na površju so riške plasti razkrite v soteski Save.

V zaporednih ledenih dobah sta Sava in Kokra nanašali ob poletnih visokih vodah velike količine proda iz čelnih moren ledenikov v Alpah in ga nalagali eden na drugega. Rečna gladina, pa tudi gladina podtalne vode v prodnih naplavinah, je bila plitvo pod tedanjim površjem. V medledenih dobah sta se Sava in Kokra globoko zarezali v lastne naplavine. Vzporedno z znižanjem rečne gladine se je znižala tudi gladina podtalne vode v prodnih naplavinah, s tem pa so se začeli procesi sprijemanja prodnih naplavin. V ledenih dobah, ko sta reki zasuli svoji strugi do vrha in nato odložili novo plast proda, se je gladina podtalne vode dvignila in začela izpirati in raztapljati delno sprijet prvotno odložene prod. Ta je postajal vse bolj porozen, kajti poleg prvotne medzrnske poroznosti je nastala sekundarna poroznost z večjimi prazninami, ki so ostale za raztopljenimi prodniki.

Najmočnejše se je sprijela spodnja konglomeratna plast, ki jo štejemo v gūnško ledeno dobo. Njena sekundarna poroznost je velika, ker je bila podvržena dvem do trem zaporednim ciklom sprijemanja in izpiranja. Više ležeče plasti je prizadelo manjše število ciklov, zato so v glavnem manj trdno sprijete, delno celo nesprijete, pa tudi velikih por je manj. To potrjujejo novejšje vrtime v Mavčičah in geološko kartiranje staropleistocenskih teras severozahodno od Kranja. Najstarejše, gūnške terase so povsem sprijete, medtem ko so mlajše sprijete le v vrhnjem delu. V splošnem velja, da so bolj trdno sprijete starejše prodne naplavine Save, ki vsebujejo manj melja in so zato bolj prepustne v navpični smeri. Starejše Kokrine prodne naplavine vsebujejo več melja, pa tudi številne vložke in plasti glin. Zato je njihova manjša prepustnost v navpični smeri močno zavrla proces sprijemanja proda, ki je napredoval od zgoraj navzdol, vendar samo do gladine podtalne vode.

Izpiranje in raztapljanje konglomerata s pretakanjem podtalne vode skozenj v ledenih dobah izenačujemo z zakrasevanjem na našem Krasu. Na ta način



Sl. 1. Položajna karta območja Mavčiče—Moše
 Fig. 1. Location map of the Mavčiče—Moše area

je postal konglomerat, katerega prvotna medzrnska poroznost se je zaradi cementacije zmanjšala, zopet močno porozen. Vendar je ta sekundarna poroznost drugačna, prevladujejo namreč velike pore premera nekaj centimetrov, razen tega se poroznost v navpični smeri izredno močno spreminja.

Podlaga pleistocenskega konglomerata in proda sestoji iz terciarne peščene gline in peščenjaka. Terciarna podlaga leži v osrednjem delu Kranjsko-sorškega polja 80 do 120 m globoko pod površjem, na južnem in jugovzhodnem robu Sorškega polja ter severno od Vodice pa se pokaže na površju. V osrednjem delu polja med Drulovko in Voklim je podlaga na višini okrog 260 m. Golice terciarnih plasti so na južnem in jugovzhodnem robu Sorškega polja na višini 313 do 345 m, na Kranjskem polju pa severno od Vodice na višini 350 m. V Mavčičah je terciarna podlaga na višini 297 do 302 m.

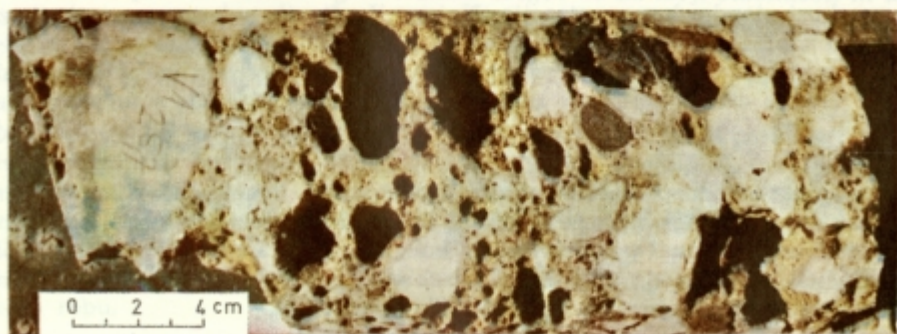
Na območju pregrade je bilo izvrtanih 12 vrtin leta 1952 in v letih 1979-80 še 20, od teh sedem v strugi Save. Vrtine in zaseke na obeh bregovih ter v strugi Save kažejo, da sestoji celotno območje iz pleistocenskih plasti zbitega peščenega meljnega proda, trdno in slabo sprijetega konglomerata ter peščenega proda z vložki konglomerata. V strugi Save prekriva te plasti 2,5 do 3,0 m debela plast najmlajšega recentnega peščenega proda.

Podlaga pleistocenskega zaporedja plasti sestoji iz oligocenskega peščenega meljevca. Rahlo valovito površje podlage leži na višini 297,5 do 302,0 m. Po tem sklepamo, da je pleistocensko zaporedje plasti debelo v strugi Save 26 do 27 metrov, na njem pa leži 2,5 do 3,0 metre debela plast recentnega peščenega proda. Na levem bregu je ta serija debela okrog 60 m, na desnem bregu na vmesni terasi pa 48,5 metrov po podatkih vrtine V-1. Plasti proda in konglomerata ne kažejo posebne pravilnosti v prostorski razporeditvi, ampak se lečasto izklinjajo in prehajajo ena v drugo. Izjemo predstavlja plast dobro sprijetega konglomerata neposredno na terciarni podlagi, ki so jo našli v vseh vrtinah, razen V-20 na levem bregu, kjer se ta plast razcepi na več tanjših konglomeratnih plasti. V vrtini V-18 pa je bila pod plastjo konglomerata okrog dva metra debela plast peska s prodom. V profilih vrtin je ta plast konglomerata debela 5 do 15 m; v strugi Save nastopa na višini 307 do 313 m, na bregovih pa na višini 305 do 310,7 m.

Bazalna konglomeratna plast je bila odložena približno pred 500 000 leti v gūnški poledenitveni dobi, ko je Sava prinašala in odlagala velike količine proda iz čelnih moren v Radovljiški kotlini. V gūnško-mindelski medledeni dobi se je večina proda, prinesenega z Alp, odložila v ledeniških jezerih za čelnimi morenami. Zato ga Sava ni več nanašala, ampak je začela poglabljati strugo in je na koncu medledene dobe prerezala vse svoje naplavine. Vzporedno s tem se je v produ znižala gladina podtalne vode, kar je omogočilo postopno sprijemanje proda v konglomerat. V mindelski ledeni dobi je Sava najprej zasula svojo strugo, vrezano v delno sprijet prod, nato pa ga je prekrila z novo plastjo proda. Gladina podtalne vode se je zaradi močnega dviga gladine Save močno zvišala in preplavila plast delno sprijetega gūnškega proda in plast nesprijetega mindelskega proda. V plasti gūnškega sprijetega proda je pretakajoča se podtalna voda začela izpirati in raztapljati drobnejše delce peska ter apnene prodnike in karbonatno vezivo. Nastajale so manjše in večje odprte pore, neenakomerno razporejene v vsej masi delno sprijetega proda.



Sl. 2. Soteska Save, vrezana v Kranjsko-sorško polje
Fig. 2. View of the Sava canyon cut in the Kranj—Sora field



Sl. 3. Jedro poroznega konglomerata iz vrtnice V-1
Fig. 3. Core sample of porous conglomerate from the borehole V-1

V mindelsko-riški medledeni dobi sta se ponovno sprijemala oba zasipa, ker se je znižala gladina Save in z njo vred podtalna voda. V riški poledenitveni dobi pa so se izpirali in raztapljali prodniki, pesek in karbonatno vezivo v dokaj dobro sprijetem gūnškem konglomeratu, delno sprijetem mindelskem produ in v najmlajšem, riškem nesprijetem produ.

Oba procesa, sprijemanje in raztapljanje, sta se nadaljevala v riško-würmski medledeni dobi in v würmski ledeni dobi. V medledeni dobi je Sava prerezala le debelo plast riškega proda in se nekoliko vrezala v delno sprijet mindelski prod. Vzporedno s tem se je znižala gladina podtalne vode le do višine stika mindelskega in riškega proda, gūnški konglomerat pa je bil ves preplavljen. Zato se je sprijel le riški prod in delno mindelski konglomerat, medtem ko je bil gūnški konglomerat podvržen izpiranju. V würmski ledeni dobi na območju Mavčič Sava ni odložila proda, ker je takrat tekla po osrednjem delu Sorškega polja. Na debelo pa ga je odložila v svoji globoko vrezani stari strugi in drugod na Sorškem polju. Ker se je dvignila gladina podtalne vode, se je nadaljevalo izpiranje in raztapljanje apnenega veziva in prodnikov v konglomeratu. V holocenu si je Sava zarezala globoko strugo v riški konglomeratni zasip v sedanji soteski. Najbolj in najdlje je bil torej izpiranju in raztapljanju izpostavljen gūnški konglomerat in delno mindelski, ki imata zato tudi največji odstotek velikih por, oziroma manjših cevi. Po pregledu zbruskov se odstotek večjih por in cevi v konglomeratu, velikih do 2 cm, ceni na 5 do 10 % (sl. 3).

Poleg večjih por in cevi obstajajo tudi manjše s premerom nekaj mm; zato je skupna poroznost znatno večja. V holocenski dobi, tj. v zadnjih 10 000 letih, si je Sava vrezala svojo strugo do 30 m globoko. Zato se je znižala gladina podtalne vode in nadaljevalo se je sprijemanje delno sprijetega riškega proda, ki sestavlja oba bregova Save v Mavčičah. Sprijemanje je napredovalo od površja proti notranjosti. Zato smo našli konglomerat v obeh razkopih na bregovih, v vrtnah, nekoliko odmaknjenih od bregov pa le zbit prod z vložki konglomerata.

Poroznost konglomeratnih plasti se v navpični smeri močno spreminja; v posameznih plasteh je znatno večja od 10 %, v drugih pa celo manjša od 5 %. Iz tega sledi, da se v navpični smeri menjavajo plasti dobro sprijetega konglomerata z majhno poroznostjo in plasti zelo poroznega konglomerata. Na spremembe poroznosti v navpični smeri kaže tudi prostorninska teža konglomerata, ki ima vrednost 2,0 za zelo porozen konglomerat do 2,6 za zelo dobro vezani konglomerat. Peščenoprodni vložki v konglomeratu so močno zbiti. Na to kažejo poskusi standardne penetracije. Najmanjše število udarcev, potrebnih za zabijanje konice 30 cm globoko v dno vrtine, je bilo 32, povečini pa 48 do 174. Poskusi v slabo vezanem konglomeratu niso uspeli. Terciarni meljevec v podlagi je izredno močno zbit, zato ni uspel niti eden od poskusov standardne penetracije. Napredek penetracijske konice po 60 udarcih je bil najmanj 2 in največ 13 cm.

Po projektu bodo pretočna polja v savski strugi temeljena na koti 317 m, strojnica na desnem bregu pa na koti 310,5 m. Po podatkih vrtin sodeč bo strojnica temeljena na trdo sprijetem konglomeratu. Temelji pretočnih polj bodo na heterogenih tleh, sestavljenih iz zbitega peščenega proda z vložki konglomerata, ter trdno in rahlo sprijetega konglomerata.

Akumulacijsko jezero. Dolina Save se med Žerjavko in Prebačevim ter Hrastjem in Drulovko zoži v kanjon, širok 30 do 50 m z navpičnimi in previsnimi konglomeratnimi stenami, visokimi 30 m. Le pri Trbojah, na Prebačevem in nad Drulovko se dolina razširi na 300 do 400 m. Tod sta razviti pod visokima terasama Kranjsko-sorškega polja še ena do dve nižji prodni terasi.

Navpične in previsne konglomeratne stene sestavljajo ponekod le zgornji del bregov; v kanjonskih delih doline pa segajo povečini prav do reke. Tam, kjer tvorijo konglomeratne stene le zgornji del bregov, prekrivajo nižje dele bregov grušč z rjavim peščnim meljem in bloki odlomljenega konglomerata. Plast grušča ni posebno debela, doseže največ nekaj metrov. V kanjonskih delih doline, tj. pod vasema Jama in Hrastje, segajo navpične in previsne konglomeratne stene povečini do reke. Ponekod pa stene ne dosežejo same reke, ampak je njihovo vznožje prekrito z debelim gruščem in bloki konglomerata. Previsi in spodmoli v konglomeratu so v različnih višinah nad Savo, povečini 2 do 15 m nad gladino Save. Nastali so zaradi neenakomerno sprijetega konglomerata. Sava je namreč pri zarezovanju svoje struge v holocenu, tj. v zadnjih 10 000 letih, ob visokih vodah odnašala manj sprijet konglomerat in prod, medtem ko je trdno sprijet konglomerat ostal. Nastali so spodmoli, ki so globoki nekaj metrov do 10 m.

Hkrati z nastajanjem spodmolov so se podirali deli konglomeratnih sten, ki so postali nestabilni. Zato so se v kanjonu odlomili bloki konglomerata, veliki celo nekaj 100 m³. Verjetno so se previsne stene rušile predvsem ob močnejših potresih in ko je Sava tako hitro zarezovala svojo strugo, da na vznožju sten niso mogla nastati položnejša pobočja, prekrita z gruščem, ki bi varovala navpične stene pred erozijo. Obdobja intenzivnega vrezovanja se časovno ujema z močnejšim neotektonskim dviganjem in s pogostnejšimi močnejšimi potresi. V normalnih pogojih konglomeratne stene tudi nad spodmoli niso razpokane. Šele pri močnih premikih tal, ki nastanejo ob potresih, take stene razpokajo in se nato odlučijo, podobno kot betonske konzolne zgradbe. Enak učinek ima verjetno tudi izredno globoko zarezovanje reke v previsne konglomeratne stene, ko teža konzolnega konglomeratnega bloka preseže njegovo strižno odpornost. Na podlagi geološkega kartiranja sklepamo, da v zadnjih desetletjih ni bilo večjih svežih odlomov konglomerata. V tem času ni bilo močnejših potresov in poleg tega Sava počasneje vrezuje svojo strugo zaradi zaježitve v Medvodah.

Nekateri previsni deli konglomeratnih bregov so na meji stabilnosti in lahko vsak umeten poseg povzroči njihovo rušenje. Pri terenskem pregledu smo opazili, da so razpokane vse starejše hiše v Mošah, postavljene na rob konglomeratne stene. Prav tako so razpokane starejše hiše na robu konglomeratnih sten v Trbojah ter na desnem bregu v Prašah in na Jami. Kaj je vzrok razpokanosti, se ne dá ugotoviti brez podrobnega pregleda vsake zgradbe posebej. Možni vzroki so bodisi neustrezni in slabi temelji, premiki bregov, ali pa so razpoke povzročili potresi v preteklosti. Za registriranje eventualnih premikov bregov smo postavili reperne točke in jih geodetsko umerili, in sicer tri v Mošah, dve v Trbojah, eno v Prebačevem ter na desnem bregu po eno v Prašah in na Jami na mestih, kjer se cesta povsem približa previsnemu konglomeratnemu robu.

Po zaježitvi Save in dvigu gladine v strugi bodo ogroženi predvsem tisti deli bregov, kjer bo segla gladina v spodmole in previsne dele konglomeratnih sten. Nihanje vodne gladine v višini spodmolov bo lahko povzročilo izpiranje slabo sprijetega konglomerata in poglobljanje spodmolov. To pa bo ogrozilo stabilnost konglomeratnih sten nad njimi in povzročilo njihovo rušenje. Za pravilno oceno ogroženosti posameznih zgradb in delov ceste Mavčiče—Drulovka bo treba na najbolj ogroženih mestih dovolj na gosto geodetsko posneti profile in označiti višino zaježitve. Slediti bi moralo ponovno geološko in geomehansko kartiranje, da bi na tej podlagi določili nevarna mesta in ustrezno ukrepali za zavarovanje bregov.

Ogroženi bodo tudi deli previsnih konglomeratnih bregov v kanjonskem delu savske doline na Jami in v Hrastju. Ti bregovi so povečini nenaseljeni in zgradbe ne bodo neposredno ogrožene. Pač pa potekata stezi na obeh bregovih tik ob robu kanjona. Koliko sta tod ogrožena bregova, po geološkem kartiranju ni mogoče zanesljivo presoditi iz enakih vzrokov kot za ogrožene zgradbe. Na karti namreč ni mogoče razbrati, če se previsi in spodmoli nahajajo na predvideni višini nihanja vodne gladine akumulacijskega jezera, ali pa so nad njo. Klasično geodetsko snemanje profilov tod skoraj ne bo možno; zato bo treba z modernejšimi geodetskimi metodami določiti, na kateri višini se nahajajo spodmoli. Na ta način bo možno označiti vsa nevarna mesta in ustrezno ukrepati za zavarovanje. Najbolj primerno bi bilo, na takih mestih postaviti ograjo in s tem preprečiti dostop na bregova. Upoštevati je treba tudi možnost, da se predvsem v kanjonskem delu doline odlomijo konglomeratni bloki večje razsežnosti, ki bi lahko povzročili vodni val v jezeru in prelivanje vode prek pregrade. Ta možnost je sicer zelo majhna, ni pa izključena v primeru močnega potresa. Po geološki karti sklepamo, da se v takem primeru lahko odlomijo konglomeratne stene na dolžini največ 150 m in v globino 5 m. Višina odlomljene konglomeratne stene bi bila največ 20 m. Prostornina odlomljenih blokov bi bila torej okrog 7500 m³, kar je premalo, da bi povzročilo prelitje prek pregrade.

Hidrogeološki opis območja hidroelektrarne

Akumulacijsko jezero hidroelektrarne Mavčiče leži na Kranjsko-sorškem polju v soteski Save, ki deli polje na dva dela, na Kranjsko in Sorško polje. Po geološki zgradbi je polje enotna udorina, zapolnjena do 100 m na debelo s pleistocenskim prodromom in konglomeratom. V njih nahajamo podtalno vodo, katere gladina se na Sorškem polju približno ujema z gladino Save. Podtalna voda se namreč v precejšnji meri napaja iz Save. Na Kranjskem polju se gladina podtalne vode dviga od levega brega Save proti severu, kar kaže da se napaja iz padavin, iz Kokre in dotoka z obrobja Savinjskih Alp.

Podatki podrobnih hidrogeoloških raziskav na Sorškem in Kranjskem polju v letih 1963—1978 kažejo, da se podtalna voda s Kranjskega polja izliva v Savo. Po doslej še nepreverjenih podatkih se delno pretaka iz Kranjskega polja na Sorško polje, in sicer med Čirčami in Žerjavko na Kranjskem, oziroma Drulovko in Prašami na Sorškem polju.

Na Sorškem polju se napaja podtalna voda po podatkih novejših raziskav v letu 1975 vsaj 60 % iz Save, oziroma s prelivanjem podtalne vode s Kranjskega na Sorško polje, ostali del pa prispevajo padavine.

Pretakanje podtalne vode s Kranjskega na Sorško polje smo ocenili po Darcyjevi enačbi

$$Q = L \cdot k \cdot i \cdot h = 4000 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 70 = 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

L = dolžina odseka, kjer se voda pretaka (4000 m)

i = hidravlični strmec gladine ($2,5 \cdot 10^{-3}$)

k = povprečna vrednost koeficienta prepustnosti v bližini Save ($5 \cdot 10^{-4}$ m/s)

h = debelina vodonosne plasti na bregovih Save (70 m)

Pretakanje vode pod strugo Save je zelo verjetno, vendar doslej še ni dokazano.

Sorško polje je udorina in predstavlja južni podaljšek udorine Kranjskega polja. Podlaga udorine sestoji iz neprepustne terciarne gline, ki leži najgloblje pri Drulovki, in sicer na višini 256,8 m. Proti jugu se podlaga dviga in je na Meji, tj. v osrednjem delu polja, na višini 270 m, v vrtini S-16 na višini 291 m, v Mavčičah na višini 300 m in na Jeprci na višini 310 m. Na južnem robu polja prihaja ob Sori podlaga na več krajih na površje na višini 313 do 345 m.

Udorina je v glavnem zapolnjena s poroznim konglomeratom in delno s prodom. Tok podtalne vode je v konglomeratu inrodu usmerjen od severa proti jugu, proti izvirov v Goričanah, Retečah in Gorenji vasi.

Strmec gladine podtalnice je zelo velik na infiltracijskem območju na severnem robu polja med Drulovko in Jamo. Največji je pri Drulovki, in sicer 2,5 ‰ pri nizkem in pri višjem vodostaju. Med Drulovko in Jamo je pri nizkem vodostaju strmec manjši, 1,8 ‰, pri višjem pa povprečno 2 ‰.

V osrednjem delu polja med Mejo, Retečami in Mavčičami je strmec gladine pri nizkem vodostaju podtalnice majhen, povprečno le 0,75 ‰, in pri višjem vodostaju 0,9 ‰. Proti izvirov pod Godešičem in Retečami ter Senico in Ladjo se strmec močno poveča in je skoraj enak pri nizkem in višjem vodostaju; povprečno znaša 7,7 do 8,8 ‰.

Vzrok majhnega strmca gladine podtalnice v osrednjem delu polja je kotanjasta podlaga polja in zaježitev Save v Medvodah. V osrednjem in južnem delu Sorškega polja se je gladina podtalnice dvignila po medvoški zaježitvi za dva do tri metre.

Vodonosna plast sestoji na Sorškem polju večidel iz konglomerata in zbitega peščenega proda. Konglomerat je delno močno porozen, delno pa dobro sprijet; zato je razlika v poroznosti konglomerata v navpični smeri dokaj velika.

Plasti manj prepustnega dobro sprijetega konglomerata in močno prepustnega poroznega konglomerata se v vodoravni smeri lečasto izklinjajo in prehajajo ena v drugo. Leče so razpotegnjene v vodoravni smeri in dosežejo dolžino nekaj 10 m do 100 m in več, medtem ko so debele 0,5 m do nekaj metrov. Poroznost konglomerata se dobro odraža v vrednosti prostorninske teže, ki znaša 2,00 do 2,14 za zelo porozen konglomerat v Mavčičah in 2,3 do 2,6 za kompaktnega. Če privzamemo, da je poroznost konglomerata s prostorninsko težo 2,6 nič ali blizu tega, tedaj je poroznost konglomerata s prostorninsko težo 2,0 približno 23 %.

Zelo prepusten je zbiti peščeni prod v debelejših in tanjših plasteh in lečah med konglomeratom. Razsežnost teh plasti in leč je v vodoravni smeri nekaj 10 m do 100 m in več. Posebno dobro je prepusten peščeni prod vodonosne plasti na južnem robu polja, južno od Jeprece.

Prepustnost in efektivna poroznost vodonosnih konglomeratnih in prodnih plasti sta bili določeni s poskusnimi črpanji v črpalnih vrtinah in vodnjakih na Sorškem polju v letih 1974-75. Dodatni podatki o prepustnosti teh plasti so bili zbrani z nalivalnimi in črpalnimi poskusi v vrtinah v Mavčičah v letih 1979-80. Črpalni poskus v novem vodnjaku Iskre pod vasjo Orehek pri Kranju je pokazal, da je vrednost koeficienta prepustnosti $k = 2,72 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Na območju vrtine SOV-51 pri Godešiču je vrednost koeficienta prepustnosti $k = 5,55 \cdot 10^{-3}$ do $7,2 \cdot 10^{-3}$ m/s, na območju vrtine SOV-53 na osrednjem delu Sorškega polja pa $1,1 \cdot 10^{-2}$ do $2,2 \cdot 10^{-2}$ m/s. Efektivna poroznost vodonosne plasti, izračunana iz podatkov poskusnega črpanja, znaša na območju vrtine SOV-51 v Godešiču 13,2 %. Skoraj enako vrednost efektivne poroznosti (13,6 %) smo dobili iz podatkov naraščanja in upadanja gladine Save in obrežnih piezometrov v Drulovki (S-36) in na Bregu (S-35). Nalivalni poskusi v vrtinah V-1, V-2, V-3, V-17, V-18 in V-20 v Mavčičah so dali precej nižje vrednosti koeficienta prepustnosti, od $1,39 \cdot 10^{-3}$ do $5,47 \cdot 10^{-5}$ m/s. Samo v enem primeru je bila v vrtini V-1 določena vrednost $7 \cdot 10^{-2}$ m/s, ki jo pripisujemo veliki poroznosti in kavernočnosti konglomerata v merjenem odseku. Vrednosti koeficienta prepustnosti k smo računali iz podatkov nalivanja po Lefrancovi enačbi za nalivalni poskus s stalno gladino.

V vrtini V-14 v strugi Save je bil med vrtnjem izveden kratek črpalni poskus; voda je sama iztekala iz vrtine, in sicer iz poroznega konglomerata v globini 17,0 do 19,5 m. Z znižanjem gladine od 328,9 m na 328,3 m je iztekalo iz vrtine premera 116 mm 5,5 l/s vode. Vrednost koeficienta prepustnosti k , izračunamo po enostavni enačbi Logana:

$$k = \frac{1,22 \cdot Q}{s \cdot m} = \frac{1,22 \cdot 5,5 \cdot 10^{-3}}{0,6 \cdot 2,5} = 4,47 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

m = debelina vodonosne plasti (2,5 m)

s = znižanje vodne gladine

Na obeh bokih predvidene pregrade sta bili v Mavčičah in Mošah izvrtani tudi črpalni vrtini premera 250 mm VČ-17 in VČ-20. Najprej smo 22. 2. 1980 v vrtini VČ-17 črpali 6 ur in 30 min 22,6 l/s vode; pri tem je padla vodna gladina v črpalni vrtini za 0,46 m, v 15,45 m oddaljenem piezometru V-17 pa za 0,13 m. Naslednji dan smo črpali 10 ur 40,8 l/s vode; pri tem je padla vodna gladina v črpalni vrtini za 1,10 m, v piezometru V-17 pa za 0,155 m. Za račun koeficienta prepustnosti k smo uporabili podatke zniževanja vodne gladine v piezometru V-17 v odvisnosti od časa črpanja. Najprej smo računali koeficient prevodnosti $T = k \cdot H$ (H = debelina vodonosne plasti) po Jacobovi enačbi za popoln vodnjak in vodonosnik s svobodno gladino, iz tega pa koeficient prepustnosti k po enačbi $k = \frac{T}{H}$. V računu nismo upoštevali vpliva Save na črpanje, kajti opazovanja so pokazala, da je gladina podtalne vode v črpalni vrtini

približno en meter višja od gladine Save. Razen tega so med poskusnim črpanjem ostali vsi izviri na desnem bregu Save nespremenjeni, kar kaže, da je v črpalno vrtino dotekala izključno podtalna voda iz Sorškega polja. To kaže tudi primerjava kemičnih analiz vode iz vrtine in Save. Voda iz vrtine ima trdoto 12,7^o nt, Sava pa 9,7^o nt. Sava vpliva s svojo gladino na podtalno vodo le posredno; pri dviganju savske gladine se zaradi zaježitve dviguje tudi gladina podtalne vode, pri padanju savske gladine pa pada tudi gladina podtalne vode.

Jacobova enačba za račun koeficienta prevodnosti T ima obliko

$$T = \frac{2,3 \cdot Q}{4 \pi \cdot \Delta s}$$

Q = količina črpane vode v m³/s

Δs = znižanje gladine v piezometru V-17 v času enega log cikla časa v metrih

t = čas od začetka črpanja v sek

Za prvo črpanje je vrednost koeficienta T

$$T = \frac{2,3 \cdot 0,0226}{4 \pi \cdot 0,14} = 2,05 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = \frac{T}{H} = \frac{2,95 \cdot 10^{-2}}{31} = 9,53 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Za drugo črpanje je vrednost T

$$T = \frac{2,3 \cdot 0,0408}{4 \pi \cdot 0,074} = 0,10 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = \frac{0,10}{31} = 3,25 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Srednja vrednost k je $2,1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Dne 17. 3. 1980 smo 9 ur črpali iz vrtine VČ-20 v Mošah na levem bregu Save 25,5 l/s vode; pri tem je padla vodna gladina v črpalni vrtini za 0,52 m, v piezometru V-17, oddaljenem 8,69 m, pa za 0,085 m. Naslednji dan smo črpali 10 ur 35,4 l/s vode; pri tem je padla vodna gladina v črpalni vrtini za 0,885 m, v piezometru V-17 pa za 0,11 m. Za račun koeficienta k smo prav tako kot preje uporabili podatke zniževanja vodne gladine v piezometru V-20 v odvisnosti od časa črpanja.

Najprej smo računali koeficient prevodnosti T po Jacobovi enačbi kot v prejšnjem primeru, iz tega pa koeficient prepustnosti k . Tudi na levem bregu namreč Sava nima neposrednega vpliva na podtalnico. Njena gladina je višja od gladine Save (v času črpanja za 0,54 m), pa tudi izviri na bregu Save pod Mošami so bili v času črpanja nespremenjeni. To kaže, da je v času črpanja dotekala v črpalno vrtino le podtalna voda iz Kranjskega polja, ne pa Sava. Dokaz za to je tudi primerjava kemičnih analiz vode iz vrtine in Save. Trdota vode iz vrtine je 15,1^o nt, trdota Save pa 9,7^o nt.

Vrednost koeficienta prevodnosti T po prvem črpanju:

$$T = \frac{2,3 \cdot 0,0255}{4 \pi \cdot 0,064} = 7,29 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = \frac{7,29 \cdot 10^{-2}}{29,5} = 2,47 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Vrednost koeficienta prevodnosti T po drugem črpanju:

$$T = \frac{2,3 \cdot 0,0354}{4 \pi \cdot 0,087} = 7,44 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = \frac{7,44 \cdot 10^{-2}}{29,5} = 2,52 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Srednja vrednost koeficienta prepustnosti $k = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

Primerjava z vrednostjo k na desnem bregu kaže, da sta obe vrednosti zelo podobni; na desnem bregu je srednja vrednost $k = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$, na levem pa $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Srednja vrednost vseh podatkov $k = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Opozoriti pa je treba, da so to srednje vrednosti prepustnosti celotne serije plasti konglomerata in proda pod gladino podtalne vode. V navpični smeri se prepustnost seveda spreminja v odvisnosti od poroznosti konglomerata in proda; v zelo poroznih plasteh je znatno večja od dobljene srednje vrednosti, v manj poroznih plasteh pa znatno manjša. Na to kažejo tudi nalivalni poskusi, izvedeni postopno v 10 m dolgih odsekih, ki so bili ponekod tudi krajši. Izračunane vrednosti k kažejo močno anizotropijo v navpični smeri, ki doseže vrednosti 1 : 3 do 1 : 7, ponekod pa celo več.

V splošnem so vrednosti k , izračunane po podatkih nalivalnih poskusov, dvakrat do dvajsetkrat manjše kot vrednosti k izračunane iz črpalnih poskusov. To je razumljivo, kajti poskusno se nalivajo vrtine, ki niso izprane in očiščene, poleg tega se je za nalivanje uporabljala kalna savska voda. Med nalivanjem se drobni delci iz rečne vode usedajo na stene vrtine in zmanjšajo njeno prepustnost. Zato so črpalni poskusi bolj zanesljivi, vendar dajo le poprečno vrednost prepustnosti plasti pod gladino podtalne vode.

Zaradi zaježitve Save v Mavčičah na koto 346,0 m je pričakovati, da se bo voda izgubljala skozi prepustne konglomeratne in prodne plasti pod pregrado in na njenih bokih. Razen tega je pričakovati, da bo podtalna voda izpirala drobne delce v temeljnih tleh zaradi velikih hidravličnih gradientov in s tem zvezanih hitrosti. Če privzamemo, da so temeljna tla izotropno prepustna, bo pod strojnico hidravlični gradient

$$i = \frac{H}{L} = \frac{17,5}{90} = 0,19 \text{ (19 \%)}$$

H = razlika gladin

L = dolžina temeljev strojnice v smeri toka Save

Hitrost prenikajoče vode bo

$$v = \frac{k \cdot i}{n} = \frac{2,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,9 \cdot 10^{-1}}{0,20}$$

$$v = 2,18 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

n = efektivna poroznost proda in konglomerata (20 ‰)

Za vrednost koeficienta prepustnosti k smo privzeli srednjo vrednost, ki smo jo dobili s črpalnimi poskusi na obeh bokih ($k = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$).

Pod jezovno zgradbo bo hidravlični gradient

$$i = \frac{17,5}{70} = 0,25 \text{ (25 ‰)}$$

Hitrost precejajoče se vode bo

$$v = \frac{2,3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25}{0,20} = 2,87 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Da bi preprečili prevelike izgube in izpiranje drobnih delcev, bo treba temeljna tla pod pregrado tesniti.

Tudi boke pregrade bo treba do določene razdalje zatesniti, da bi preprečili prevelike izgube vode in izpiranje. Tik ob bokih zgradbe bosta hidravlični gradient in hitrost približno enaka kot pod pregrado. Z večanjem razdalje od bokov pregrade se bosta hidravlični gradient in hitrost zvezno zmanjševala, ker bo pot tokovnic vse daljša.

Poskusno zatesnjevanje konglomerata in proda

V sedANJI fazi raziskav še nismo točneje izračunali, koliko vode bi se izgubljalo pod pregrado in okoli bokov, če ne bi bila zatesnjena. Pri nadaljnjih raziskavah bomo izdelali matematični model, s katerim bomo ugotovili, kako se bo oblikovala gladina podtalne vode pri različnih dolžinah bočne injekcijske zavese in kolikšne bodo vodne izgube. Poseben matematični model je predviden za podtalno vodo na Sorškem polju. Z njim bomo izračunali dvig gladine po zajezitvi Save v Mavčičah in vodne izgube iz akumulacijskega jezera elektrarne skozi Sorško polje proti izvirom ob Savi.

Po enostavni oceni bi se izgubljalo skozi nezatesnjen konglomerat in prod pod pregrado in strojnico okrog $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ vode.

$$Q = F \cdot n \cdot v_{sr} = 1480 \cdot 0,20 \cdot 2,52 \cdot 10^{-3} = 0,75 \text{ m}^3/\text{s}$$

F = ploskev prepustnega konglomerata in proda pod temelji pregrade in strojnice

v_{sr} = srednja hitrost precejanja vode pod pregrado in strojnico

Skozi boke bi se izgubljalo po približni oceni še $1,9$ do $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ vode, kajti ploskev prepustnega konglomerata in proda, skozi katerega se bo precejala voda iz akumulacijskega jezera, je mnogo večja, pa tudi hitrosti precejajoče se vode bi bile dokaj velike. Zato bo treba izdelati injekcijsko zaveso pod pre-

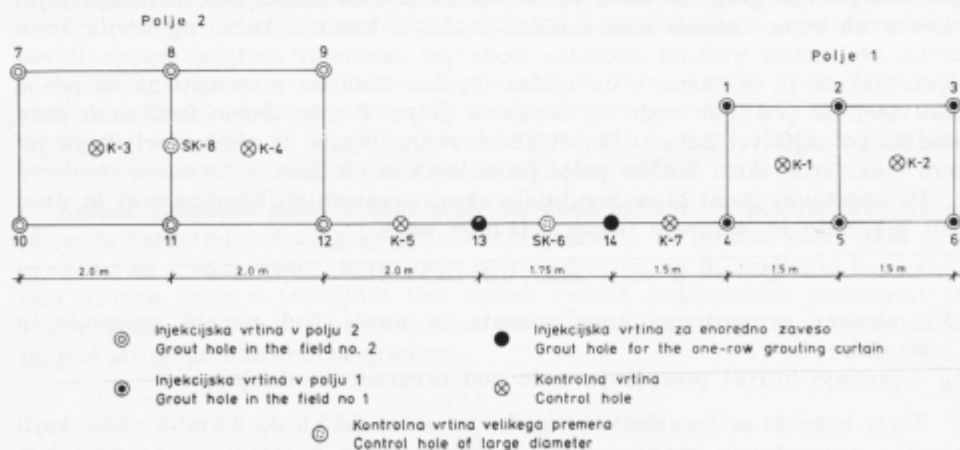
grado in v bokih tudi če ne upoštevamo nevarnosti izpiranja drobnih delcev konglomerata in proda pod pregrado in na bokih. Osnovne parametre za projekt zatesnjevanja temeljnih tal in bokov pregrade je dalo poskusno injekcijsko polje. Isti podatki bodo rabili tudi za projekt zatesnjevanja gradbene jame; že približen račun je namreč pokazal, da bo dotok vode v gradbeno jamo skozi prepusten konglomerat in prod prevelik, da bi ga bilo možno obvladati s črpalkami.

Glavni namen poskusnega injekcijskega polja je bil ugotoviti, ali je z injektiranjem možno zatesniti konglomerat in prod. Izbrati je bilo treba najprimernejšo sestavo injekcijske zmesi, določiti največji možni razmik med injekcijskimi vrtinami, da bi bila zavesa še zvezna, porabo injekcijske zmesi in najprimernejši postopek injektiranja. Na podlagi rezultatov, dobljenih s poskusnim poljem, bi se bilo treba odločiti za enovrstno ali večvrstno injekcijsko zaveso.

V projektu poskusnega injekcijskega poskusnega polja je bilo predloženo naj bi bila največja dovoljena prepustnost zatesnjenega konglomerata in proda enaka prepustnosti oligocenskega meljevca v podlagi, ki znaša $1 \cdot 10^{-6}$ do $1 \cdot 10^{-7}$ metrov na sekundo.

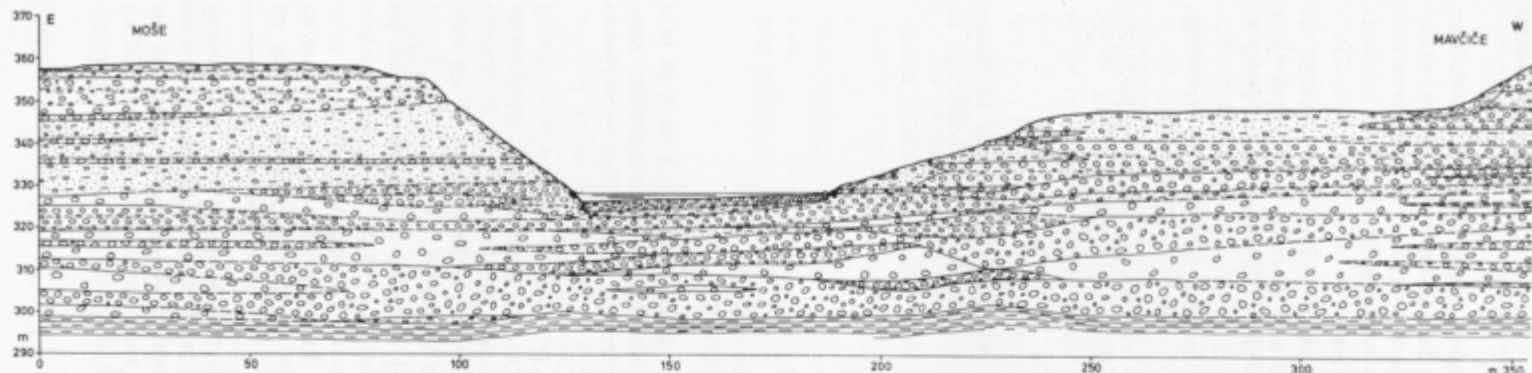
Vse podatke o rezultatih poskusnega injekcijskega polja, ki jih navajamo v nadaljevanju, smo povzeli po poročilu M. Gojkovića. Polje je bilo izdelano na desnem bregu Save na nizki terasi pet metrov nad rečno gladino. Načrt polja kaže sl. 4, sestavo terase pa geološki presek na sl. 5. Injekcijsko polje ima obliko dveh ločenih pravokotnikov (polje 1 in 2), v katerih so injekcijske vrtnine med seboj oddaljene 1,5, oziroma 2 m. V vsakem pravokotniku je šest vrtin, vmes sta dve kontrolni vrtnini. Med obema pravokotnikoma je še ena vrsta injekcijskih in kontrolnih vrtin. Vrtine v obeh pravokotnikih so razporejene v obliki trivrstne zavesa, povezuje pa ju enovrstna zavesa.

Injekcijske vrtnine so bile izvrtane z dleti, kontrolne pa jedrovane z widia in diamantnimi kronami. Injektirali so v petmetrskih odsekih od spodaj na-

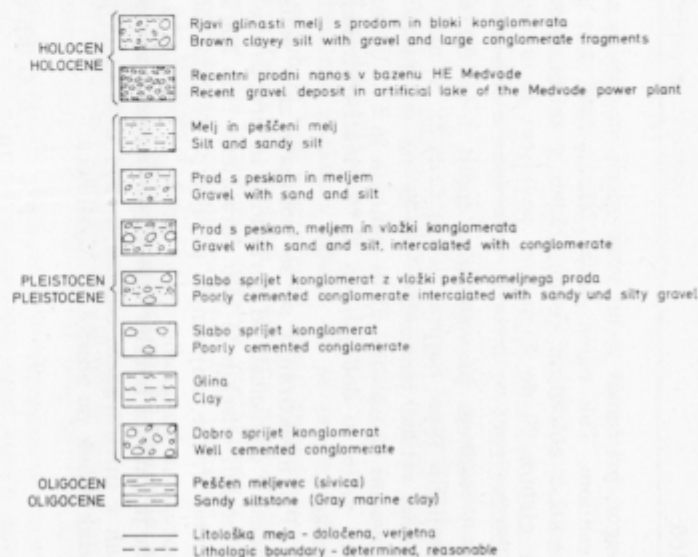


Sl. 4. Poskusno injektiranje za pregrado Mavčiče

Fig. 4. Test grouting of the Mavčiče dam site



Sl. 5. Geološki presek po osi pregrade Mavčiče
 Fig. 5. Geologic cross section of the Mavčiče dam site



vzgor, pri čemer je bil vsak odsek na dnu in na vrhu zatesnjen s hidravličnim tesnilom. Tak način je bil izbran zato, ker je bilo treba injekcijske vrtine ceviti z obložnimi cevmi, razen v talninskem trdnem sprijetem konglomeratu v globini 20 do 35 m pod površjem in v oligocenskem meljevcu v podlagi. Obložne cevi so izvlekli vzporedno z injektiranjem.

V vsakem pravokotniku (polji 1 in 2)) so najprej injektirali vrtine na krajiščih (npr. najprej vrtini 1 in 3). V njih je bila poraba suhe injekcijske zmesi velika, povprečno 400 kg na en meter vrtine. Za injekcijsko zmes so povečini uporabljali 95 % cementa in 5 % bentonita. V izredno prepustnih odsekih vrtin so dodajali do 25 % elektrofiltrskega pepela in do 25 % drobnega peska.

Pri injektiranju so se pokazale zelo velike razlike v porabi injekcijske zmesi v odvisnosti od poroznosti in prepustnosti konglomerata in proda. V posameznih odsekih je bilo porabljeno celo 800 kg suhe injekcijske zmesi na en meter vrtine, najmanjša poraba pa je bila 150 kg na en meter vrtine. V zelo poroznem konglomeratu in produ je bilo treba injektiranje tolikokrat ponoviti, da je znašala poraba injekcijske zmesi manj od 100 litrov v zadnjih 15 minutah v injektiranem odesku in pod določenim pritiskom, ki so ga izračunali za vsak odsek po enačbi A. Mysliweca:

$$P = \frac{c}{10} \cdot h \cdot G \text{ (kp/cm}^2\text{)}$$

P = pritisk injektiranja v kp/cm^2

c = kohezija v t/m^2 (od 1,5 do 2,0)

h = debelina krovinske plasti nad injektiranim odsekom v m

G = prostorninska teža krovinske plasti ($2,65 \text{ t/m}^3$)

Pri injektiranju vmesne vrtine št. 2 v sredini med vrtinama 1 in 3 je bila poraba injekcijske zmesi znatno manjša kot v vrtinah 1 in 3 na ogliščih; znašala je od 250 do 350 kg suhe snovi na en meter vrtine. Ta razlika je verjetno nastala zato, ker je injekcijska zmes iz vrtin 1 in 3 prodirala v vmesni prostor.

Za injektiranje vrtin št. 4 in 6 v polju 1 so porabili skoraj polovico manj injekcijske zmesi kot v vrtinah št. 1 in 3, po vsej verjetnosti zaradi prodiranja injekcijske zmesi iz prvih injekcijskih vrtin v celotni prostor polja 1. V vmesni vrtini št. 5 je bilo porabljeno le okrog 100 kg suhe injekcijske snovi na en meter vrtine, kar kaže na vpliv ostalih injektiranih vrtin.

V kontrolnih vrtinah K-1 in K-2 so najprej izmerili vodoprepustnost po Lugeonovi metodi v petmetrskih odsekih od zgoraj navzdol. V večini odsekov je bila vodoprepustnost majhna, 5 do 25 lugeonov. V redkih odsekih je presegla 30 lugeonov in samo v enem je dosegla 90 lugeonov. Kontrolne vrtine so nato injektirali in pri tem porabili povprečno 57 kg injekcijske zmesi na en meter vrtine.

Na podoben način so injektirali tudi polje 2 in enovrstno zaveso med obema poljema. Rezultati so skoraj povsem enaki kot v polju 1. Porabili so povprečno 330 kg suhe zmesi na en meter injekcijske vrtine in 35 kg suhe zmesi na en meter kontrolne vrtine. V enovrstni zavesi je bila povprečna poraba 300 kg suhe zmesi na en meter injekcijske vrtine in 110 kg na en meter kontrolne

vrtime. Nekoliko manjša poraba zmesi v injekcijskih vrtinah je posledica prodiranja injekcijske mase iz polj 1 in 2 v vmesni prostor.

V sredini polja 2 in v sredini enovrstne zavese sta bili izvrtani dodatni kontrolni vrtini večjega premera SK-6 in SK-8; v obeh vrtinah smo izvedli nalivalne poskuse v desetmetrskih odsekih od zgoraj navzdol. Vrednosti koeficienta prepustnosti k so znašale $4,6 \cdot 10^{-7}$ do $4,5 \cdot 10^{-6}$ m/s. Po končanih nalivalnih poskusih so vrtini povrtali na večji premer, nato pa v obeh vrtinah poskusno črpali s potopno črpalko 1 do 3 l/s vode; pri tem se je znižala gladina v vrtinah za 13 do 18 m. Po podatkih črpalnih poskusov niha vrednost koeficienta prepustnosti k od $1 \cdot 10^{-6}$ do $4,2 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Iz podatkov nalivalnih in črpalnih poskusov izhaja, da se je prepustnost konglomerata in proda v obeh poljih in tudi v enovrstni zavesi zmanjšala najmanj stokrat, povečini pa več kot tisočkrat. Prvotna povprečna prepustnost je bila namreč $2,1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Obenem je bila izpolnjena zahteva, postavljena v projektu, da naj se prepustnost injektiranega konglomerata in proda izenači s prepustnostjo oligocenske podlage ($1 \cdot 10^{-6}$ do $1 \cdot 10^{-7}$ m/s).

Geodetska opazovanja injekcijskih polj med injektiranjem so pokazala, da se je površje dvignilo le za 2,3 mm.

Na podlagi poskusnega injektiranja se je projektant odločil za injektiranje oboda gradbene jame z enovrstno zaveso, kajti v gradbeni jami se ni mogoče izogniti črpanju padavinske vode ob nalivih. Zato povsem neprepustna zavesa ni nujna, ker bodo črpalke manjših zmogljivosti iz gradbene jame črpale poleg padavinske vode tudi vodo, ki bo pronicala skozi zaveso. Na podlagi dotoka vode med izkopom gradbene jame bo projektant izbral vrsto injekcijske zavese pod pregrado in okoli bokov.

Literatura

- Aljto vski, M. E. 1973, Hidrogeološki priručnik. Građevinska knjiga, Beograd.
- Castany, G. 1963, *Traité pratique des eaux souterraines*. Dunod, Paris.
- Johnson, E. E. 1966, *Ground water and wells*, Saint Paul, Minnesota.
- Jugoslovanski komitet za međunarodnu hidrološku deceniju, 1967, Seminar o bilansu podzemnih voda, Beograd.
- Kruseman, G. P. & De Ridder, N. A. 1970, *Analysis and evaluation of pumping test data*, Wageningen, The Netherlands.
- Zlebni k, L. 1971, Pleistocen Kranjskega, Sorškega in Ljubljanskega polja. *Geologija* 14, Ljubljana.
- Zlebni k, L. 1975, Hidrogeološke razmere na Sorškem polju. *Geologija* 18, Ljubljana.

UDK 556.33:556.56(497.12)=863

Aluvialni vršaj Želimejščice

Prvo obvestilo

Alluvial fan of the river Želimejščica Preliminary information

Zvone Mencej

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Kratka vsebina

V južnem zaledju Ljubljanskega barja izvira več rečic. Ko pritečejo iz ozkih gorskih dolin na barsko ravnico, se njihov hidravlični gradient hitro zniža. Na robu Barja so se zato nabrale velike količine naplavljenega materiala karbonatnih kamenin v obliki odprtih pahljač, ki se počasi znižujejo navzven in segajo daleč pod jezerske usedline Barja. Na podlagi dosedanjih raziskav na južnem obrobju Ljubljanskega barja in posebej vodonosnega aluvialnega vršaja Želimejščice avtor sklepa, da so različni vršaji v globini med seboj v zvezi. Nadaljnje raziskave bodo pokazale, ali gre za vodonosnik večjega obsega.

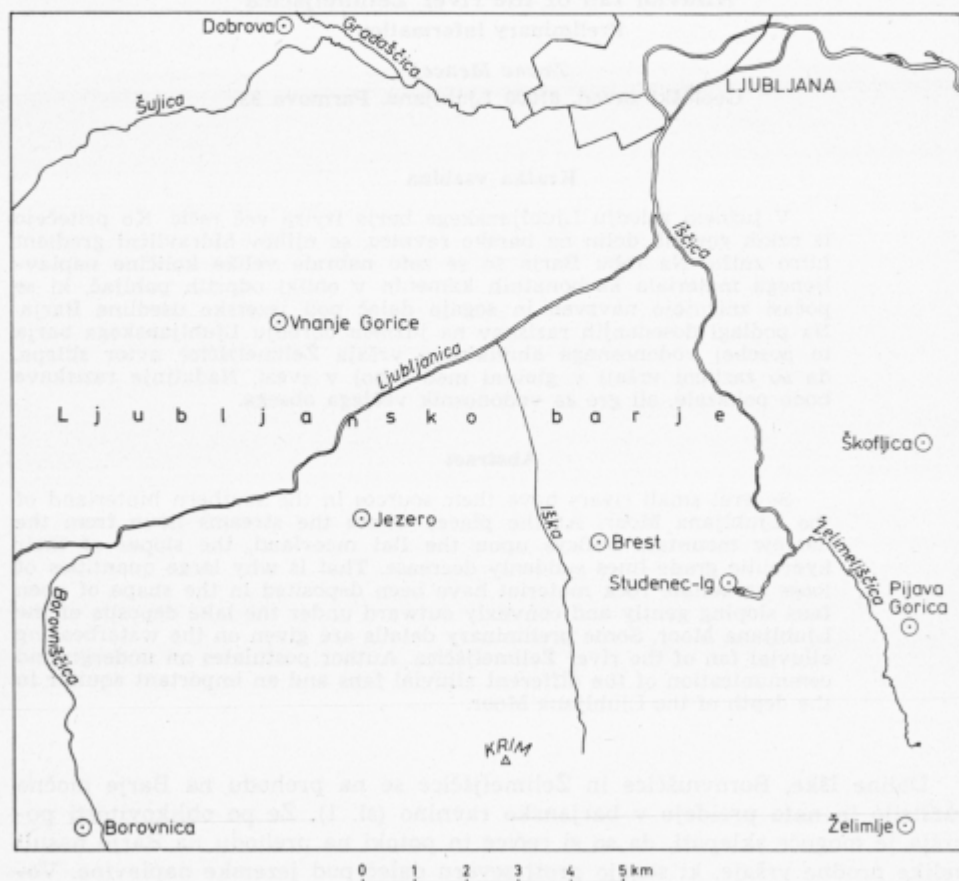
Abstract

Several small rivers have their sources in the southern hinterland of the Ljubljana Moor. At the places where the streams issue from the narrow mountain valleys upon the flat moorland, the slopes of their hydraulic grade lines suddenly decrease. That is why large quantities of loose carbonate rock material have been deposited in the shape of open fans sloping gently and convexly outward under the lake deposits of the Ljubljana Moor. Some preliminary details are given on the waterbearing alluvial fan of the river Želimejščica. Author postulates an underground communication of the different alluvial fans and an important aquifer in the depth of the Ljubljana Moor.

Doline Iške, Borovniščice in Želimejščice se na prehodu na Barje močno razširijo in nato preidejo v barjansko ravnino (sl. 1). Že po oblikovitosti površja je mogoče sklepati, da so si rečice in potoki na prehodu na Barje nasuli velike prodne vršaje, ki segajo proti severu daleč pod jezerske naplavine. Vodozbirno zaledje vseh treh rečic sestavljajo v glavnem karbonatne kamenine. Raziskave Iške in Borovniščice so pokazale, da njuna vršaja vsebujeta pomembne količine podtalne vode. Zmogljivost vršaja Iške je čez $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$, zmogljivost

vršaja Borovniščiце pa je ocenjena na $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Hidrogeologi Geološkega zavoda v Ljubljani so preučili podobno možnost tudi v vršaju Želimejščiце. Zato so predlagali Območni vodni skupnosti Ljubljani—Sava in Raziskovalni skupnosti Slovenije, da financirata ustrezne raziskave. Namen prvih del je bil, določiti obliko in velikost vršaja ter kameninsko sestavo naplavljenega materiala.

Po hidrogeoloških opazovanjih spomladi leta 1981 sega peščenoprodni zasip Želimejščiце okoli en kilometer severno od Želimlje, nato pa se nadaljuje pod glinastimi usedlinami na Barju. Severni del vršaja se močno razširi; tam so na njegovem kontaktu z barjanskimi plastmi trije izviri s skupno izdatnostjo čez $100 \text{ l}/\text{sek}$. Celotno zaledje izvirov sestavljajo karbonatne kamenine. Pretok Želimejščiце pri vasi Kremenica je bil takrat ocenjen nad $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$.



Sl. 1. Položajna skica Ljubljanskega barja

Fig. 1. Location sketch map of the Ljubljana Moor

V zoženem delu doline, okoli tri kilometre severno od Želimlja, so bile v letu 1981 izvrtane tri vrtine prečno na dolino, in ena vrtina zahodno od Pijave gorice.

Raziskovalna vrtina v sredini profila je dosegla podlago, ki sestoji iz dolomita, v globini 56 m, ostali dve vrtini, izvrtani na obrobju doline, sta zadeli na dolomitno podlago v globini 17 m. Vrtina pri Pijavi gorici, globoka 30 m, ni dosegla podlage.

V raziskovalnem profilu leži na površju vodoneprepustna plast gline do globine treh metrov. Pod njo sledi dolomitni prod s sivim peskom do globine okoli 10 m. Prepustnost teh plasti je ocenjena na 1×10^{-3} m/sek. Pod prodom s sivim peskom je starejši zasip Želimeljščice, kjer se večkrat menjavajo bolj in manj prepustne plasti proda z rjavim peskom in meljem ter vložki rjave meljne gline. Gladina vode je bila v globini od 0,7 m do 1,5 m. En kilometer severno od prečnega preseka je površinska neprepustna plast gline debela šest metrov, pod njo sledi en meter proda s sivim peskom in nato do končne globine za vodo dobro prepusten prod s sivkasto rjavim peskom in meljem ter le redkimi slabše prepustnimi plastmi zbitega proda z več melja. Piezometrična gladina podtalne vode je bila v času raziskav 0,8 m nad površjem.

Prva raziskovalna dela kažejo na ugodne hidrogeološke razmere; zato bi bilo smotrno raziskave nadaljevati na celotnem območju vršaja Želimeljščice ter določiti njegove hidravlične karakteristike in vodno bilanco. Po debelini in prepustnosti mlajšega in starejšega prodnega zasipa se dá sklepati na možnost zajetja pomembnih količin podtalne vode. V primeru, da je naravno napajanje vodonosnika majhno, bo mogoče vodonosnik sorazmerno poceni umetno bogatiti z vodo Želimeljščice z zajetjem nad Želimljem. Voda bo težnostno otekala v ponikovalne vodnjake, oziroma bazene nad predvidenim zajetjem.

Raziskovalne vrtine na vzhodnem delu Barja kažejo na možnost, da so vršaji Iške, Želimeljščice in Gradaščice v zvezi med seboj in verjetno tudi s prodnim zasipom Save na območju Dolgega mostu, Brda in Rožne doline. V primeru, da se ta domneva potrdi, imamo pod vzhodnim delom Barja izdaten vodonosnik z arteško, oziroma subarteško vodo. V tej smeri bi bilo treba razširiti raziskave, pričete na vršaju Želimeljščice.



