

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.

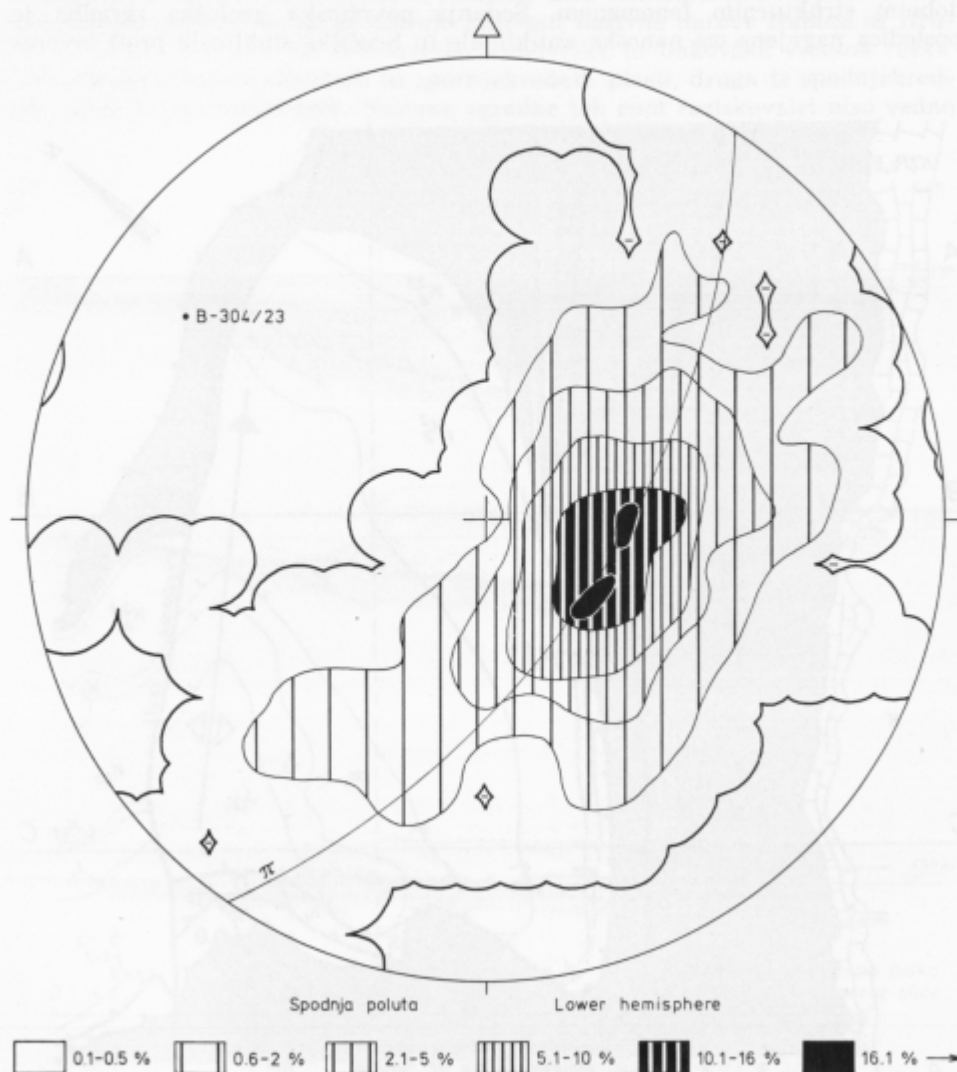
Narivna zgradba jugozahodne Slovenije

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 ehotah 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 pleglo 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 antiklinale, dolžina narivanja pa po dolžini poševnega reza krednih plasti na Postojnskem 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 narinjenega 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-

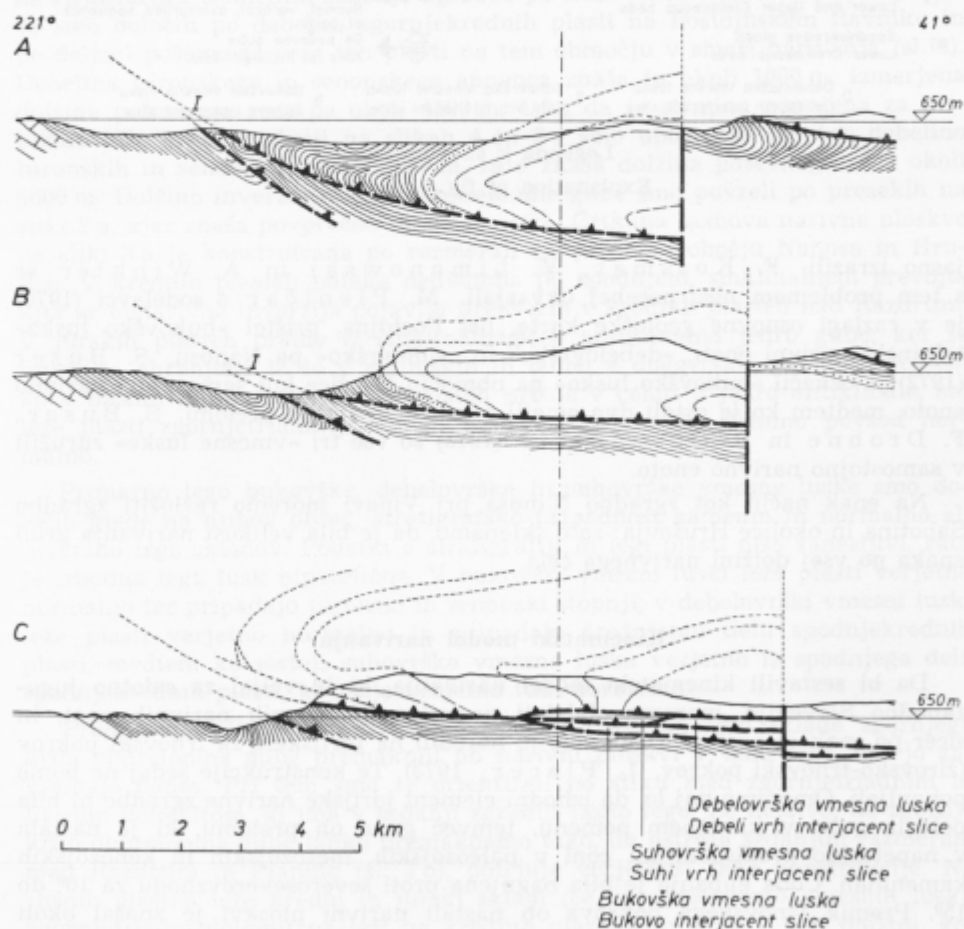


Sl. 2. Strukturna karta Nanosa

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 poleg le antiklinale. Zato so plasti nad Razdrtim inverzne, nad Podnanosom vertikalne in pri Vipavi normalne.

Naravno 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 lуска. 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_4^2	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 prefom 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:

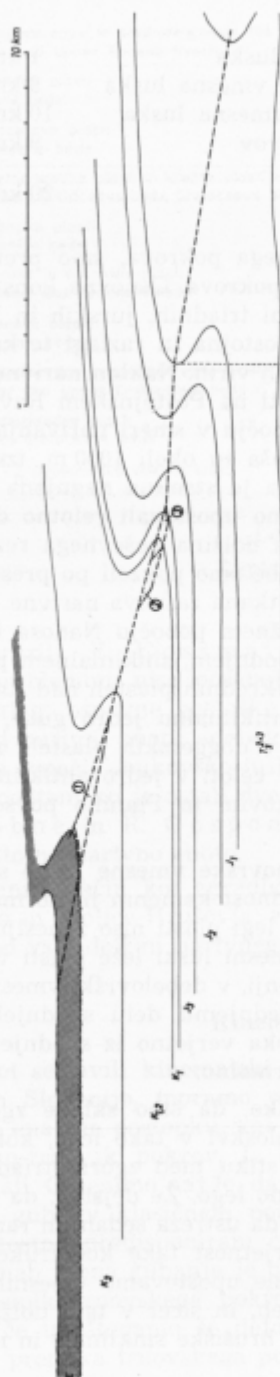
trnovski pokrov — kanameljska vmesna luska	1 km
kanameljska vmesna luska — čekovniška vmesna luska	9 km
čekovniška vmesna luska — koševniška vmesna luska	10 km
koševniška vmesna luska — hrušiški pokrov	9 km
trnovski pokrov — hrušiški pokrov	29 km

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.

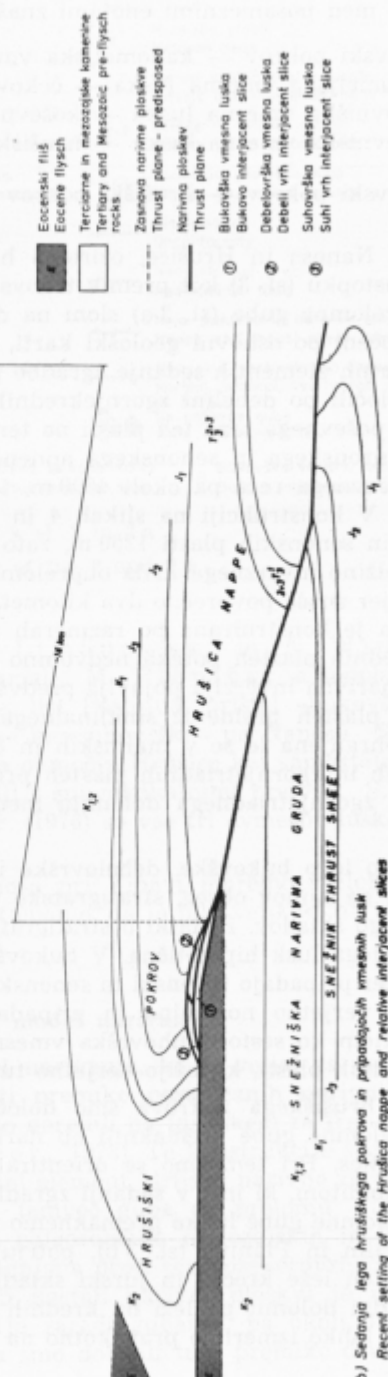
Primarno lego bukovške, debelovrške in suhovrške vmesne luske smo določili glede na njihov obseg, stratigrafsko pripadnost kamenin in normalno ali inverzno lego skladov. Podatki o stratigrafiji in legi plasti niso zanesljivi, zato je izhodna lega lusk hipotetična. V bukovški vmesni luski leže plasti 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. Že 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.

SSW-SW



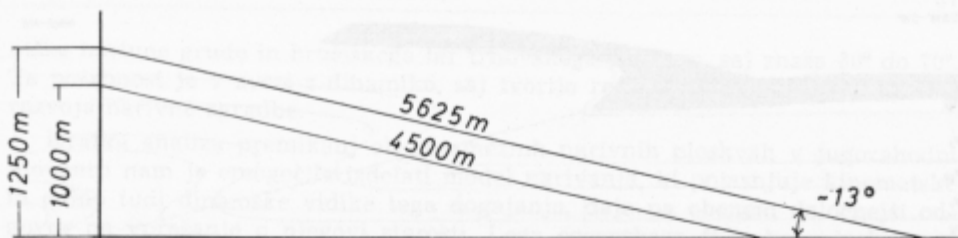
a) Izhodna struktura narivne zgradbe Nanosa in Hrušice
Root structure from which the Nanos and Hrušica nappes are derived



b) Sedanja lega hrudiškega pokrova in pripadajočih vmesnih lusk
Recent setting of the Hrušica nappe and relative interjacent slices

- Eocenski filš
Eocene flysch
- Terciarne in mezozojske kamnine
Tertiary and Mesozoic pre-flysch rocks
- Thrust plane - predisposed
- Narivna ploskev
Thrust plane
- Zamova narivne ploskve
Thrust plane - predisposed
- Bukovška vmesna lуска
Bukova interjacent slice
- Debelovrška vmesna lуска
Debeli vrh interjacent slice
- Suhovrška vmesna lуска
Suhovrha interjacent slice

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 Hrušica nappe

Mesto vseh treh vmesnih lusk 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 *littorid*.

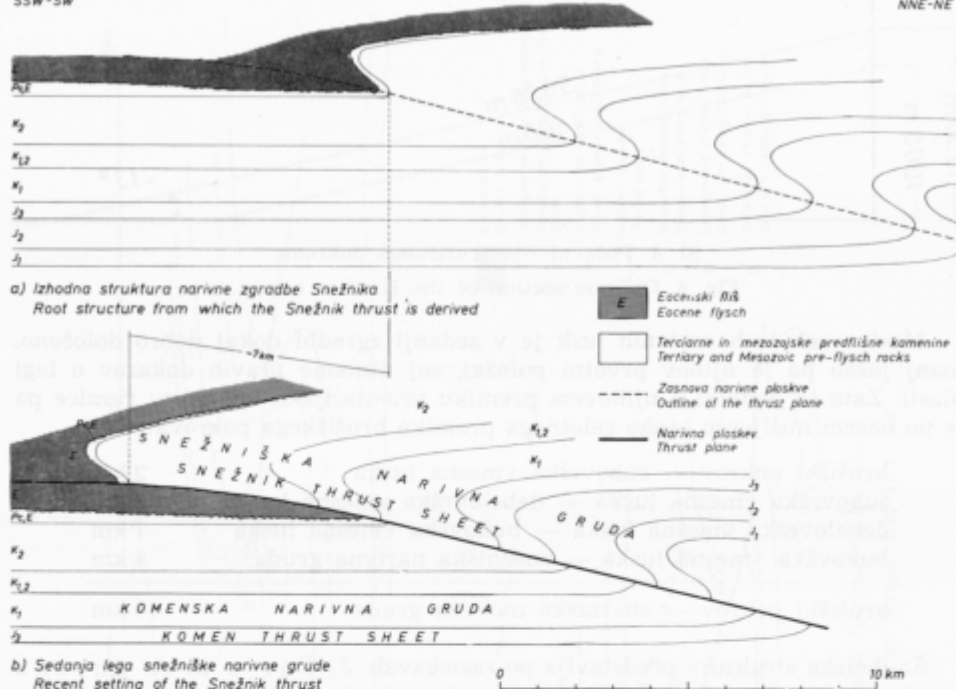
Zveza med enotami šmihelske dvojne tektonske krpe in enotami severno od tod ni povsem jasna. Senonski apnenec spodnje plošče bi lahko pripadal bukovški vmesni luski, ki je ponekod že izklinjena, liasni dolomit pa hrušičke-mu pokrovu, tako da bi imeli na Šmihelu identično zgradbo kot nad Predjamo.

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

SSW-SW

NNE-NE



Sl. 5. Kinematika narivanja Snežnika

Fig. 5. Thrusting kinematics of Snežnik

ne upoštevamo lokalnih posebnosti, leže pri Gomancih, jugovzhodno od Ilirske Bistrice, zgornjekredne 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 reverznih 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.

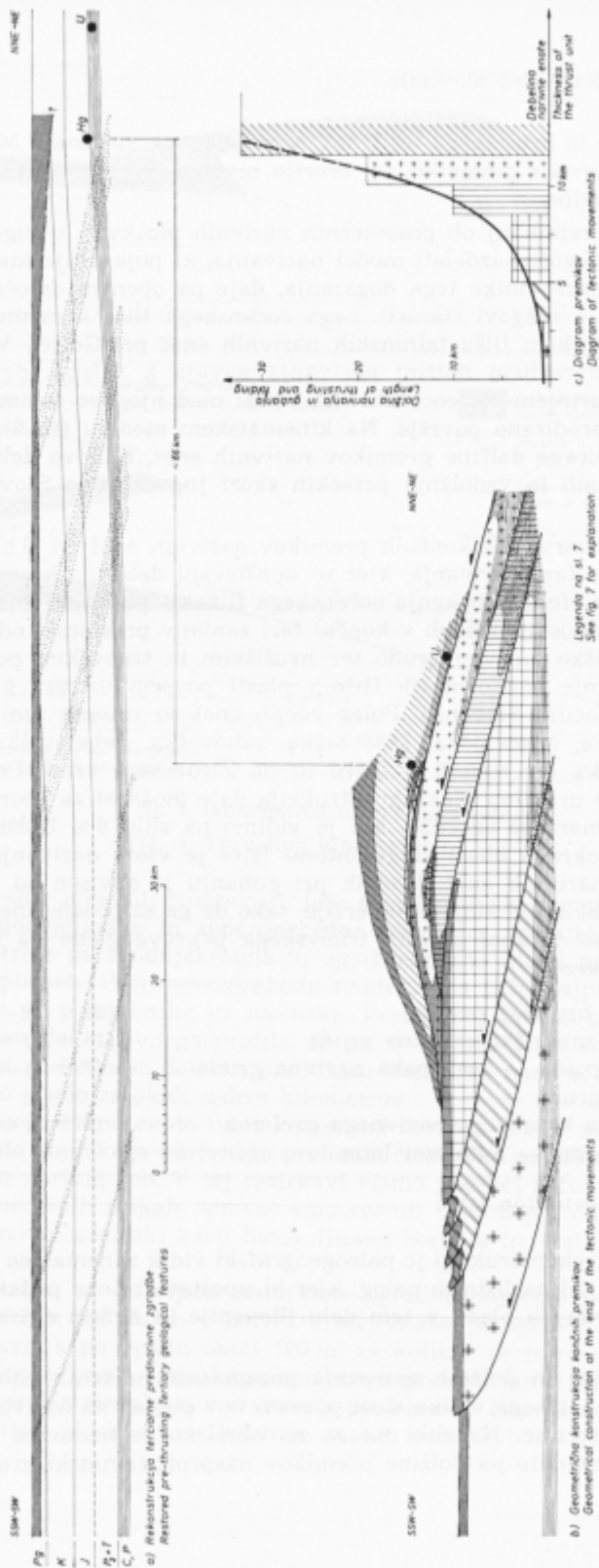
Kratka analiza premikanj ob posameznih narivnih ploskvah v jugozahodni Sloveniji nam je omogočila izdelati model narivanja, ki pojasnjuje kinematske in delno tudi dinamske vidike tega dogajanja, daje pa obenem določnejši odgovor na vprašanje o njegovi starosti. Lega eocenskega fliša na krovninskih narivnih 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
trnovski pokrov — avtohton Istre	65,7 km

Pri geometrijski rekonstrukciji je paleogeografski vidik zanemarljiv in ga bo treba obdelati v eni od naslednjih nalog, kjer bi upoštevali nove podatke o geneti 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:

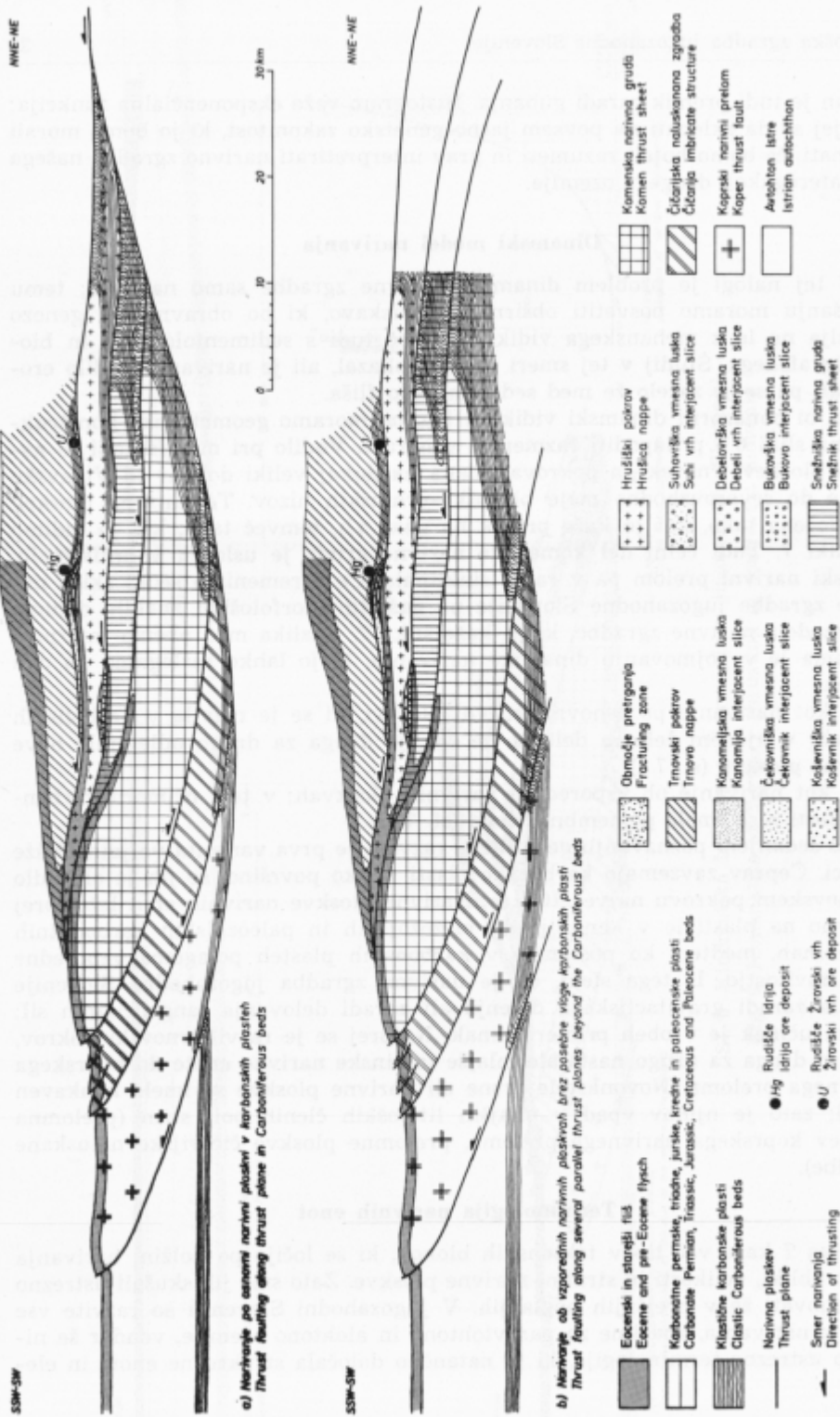
1. kot narivanje po osnovni narivni ploskvi, ki se je razvila v karbonskih plasteh; v njenem čelnem delu so se od nje druga za drugo odlepljale nove narivne ploskve (sl. 7 a),

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-



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 krovno 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 krovniško 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 krovniške 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.

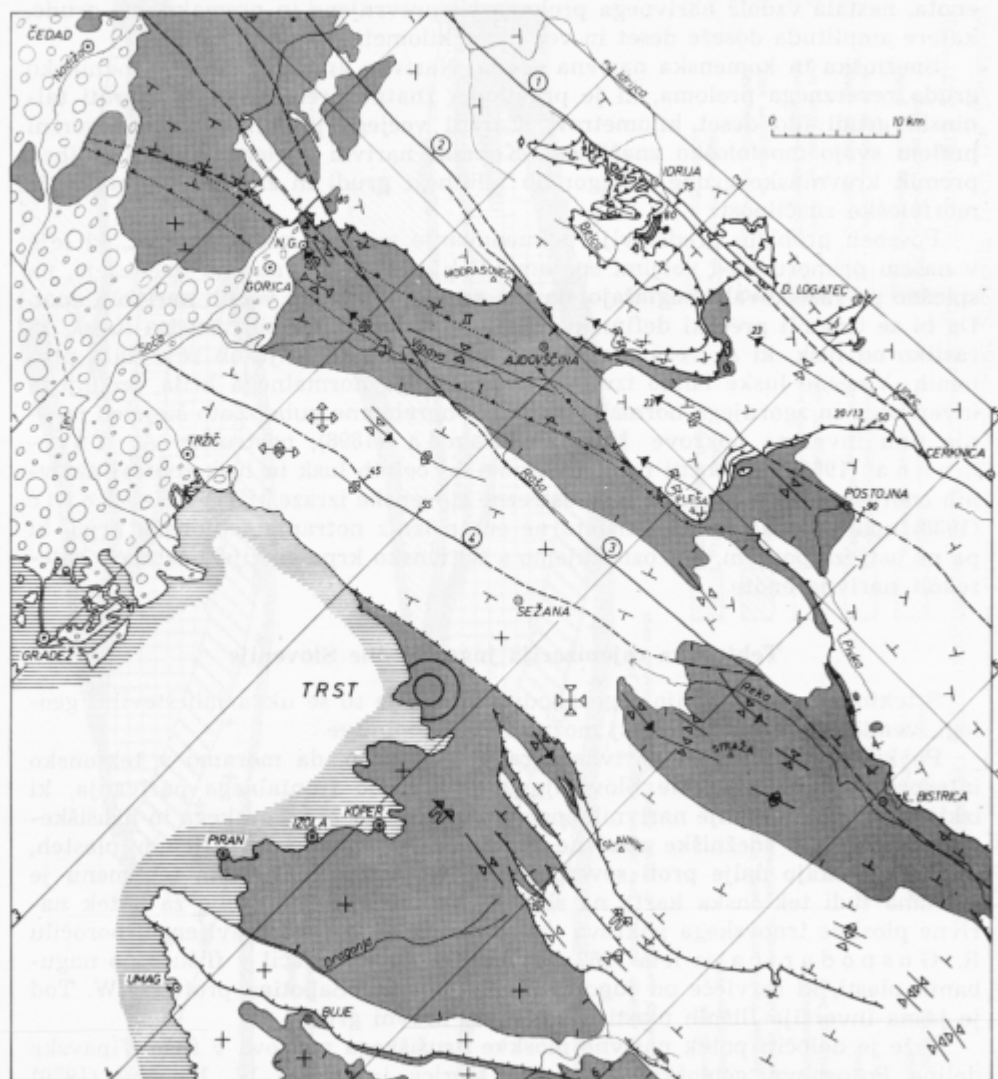
Tektonska rajonizacija jugozahodne Slovenije

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 krovni 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)

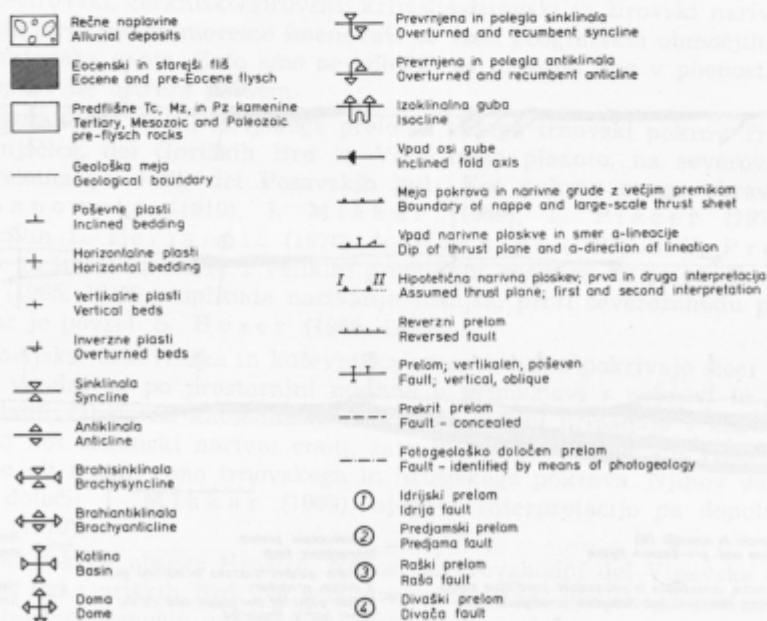
Fig. 8. Tectonic map of southwest Slovenia.

(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 strukturni 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 presečnica 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.

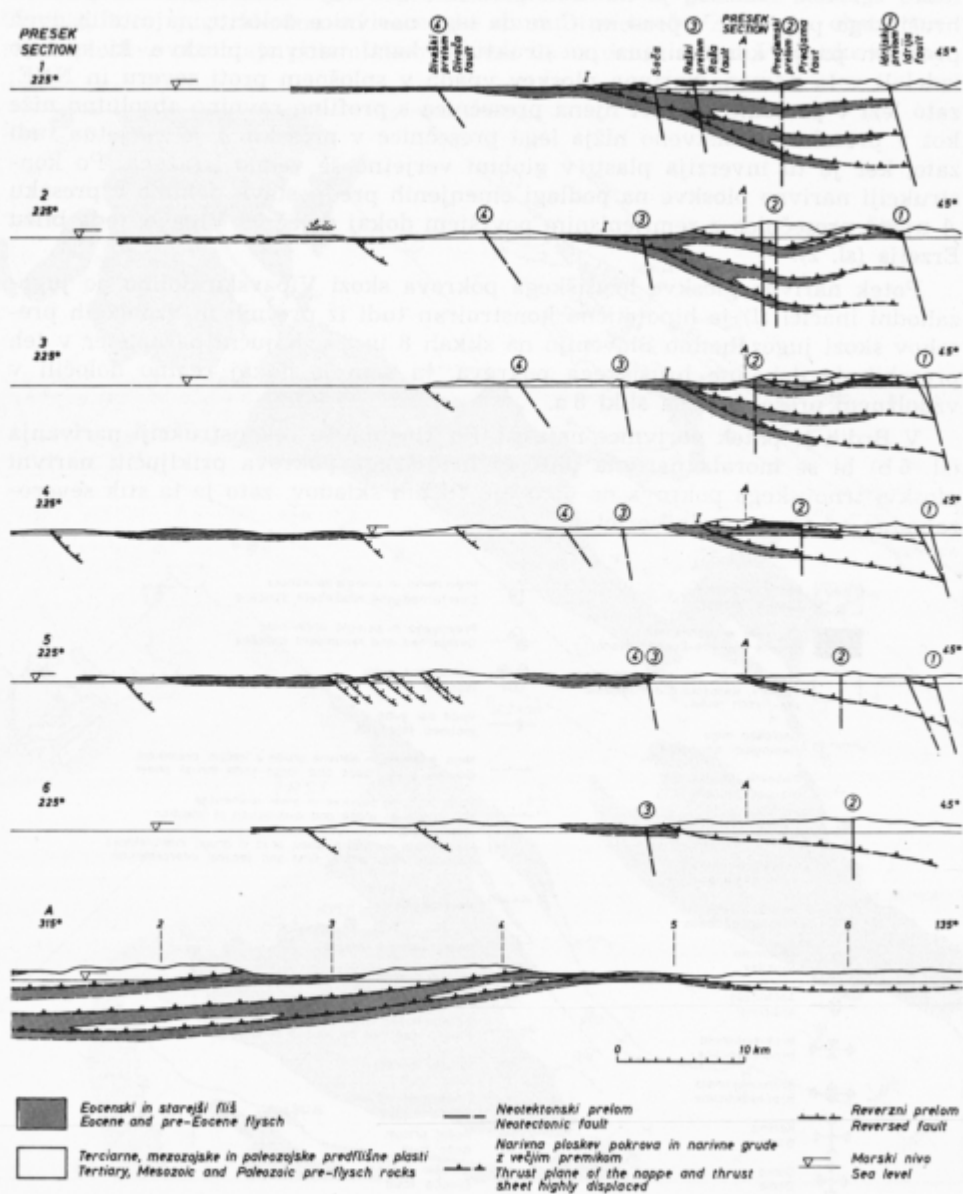
V Brdih je potek narivnice nejasen. Po kinematski rekonstrukciji narivanja (sl. 6 b) bi se morala narivna ploskev hrušiškega pokrova priključiti narivni ploskvi trnovskega pokrova na območju flišnih skladov, zato je ta stik severozahodno od Gorice zelo verjeten.



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 kadunje, 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 kadunje 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).

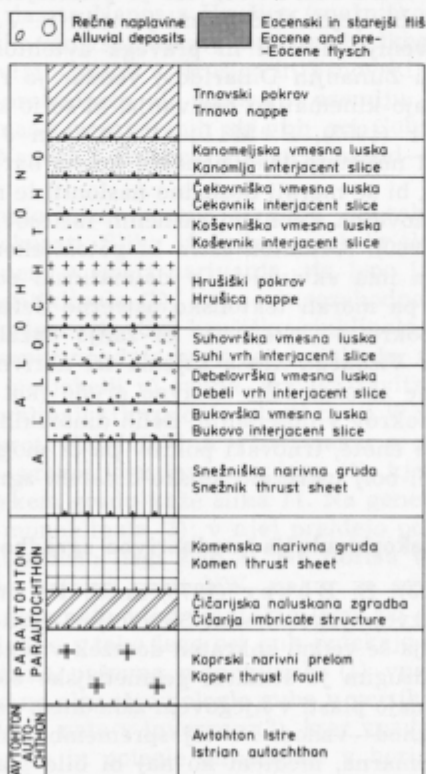
Kanomeljska, čekovniška in koševniška vmesna luska pokrivajo sicer veliko površino, vendar so po prostornini majhne v primerjavi s pokrovi in narivnimi grudami. Glede na kameninsko sestavo in razvoj pripadajo v enaki meri krovninski kot talninski narivni enoti, zato jih obravnavamo kot vmesno narivno 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.

(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 določneje 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 obris 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.

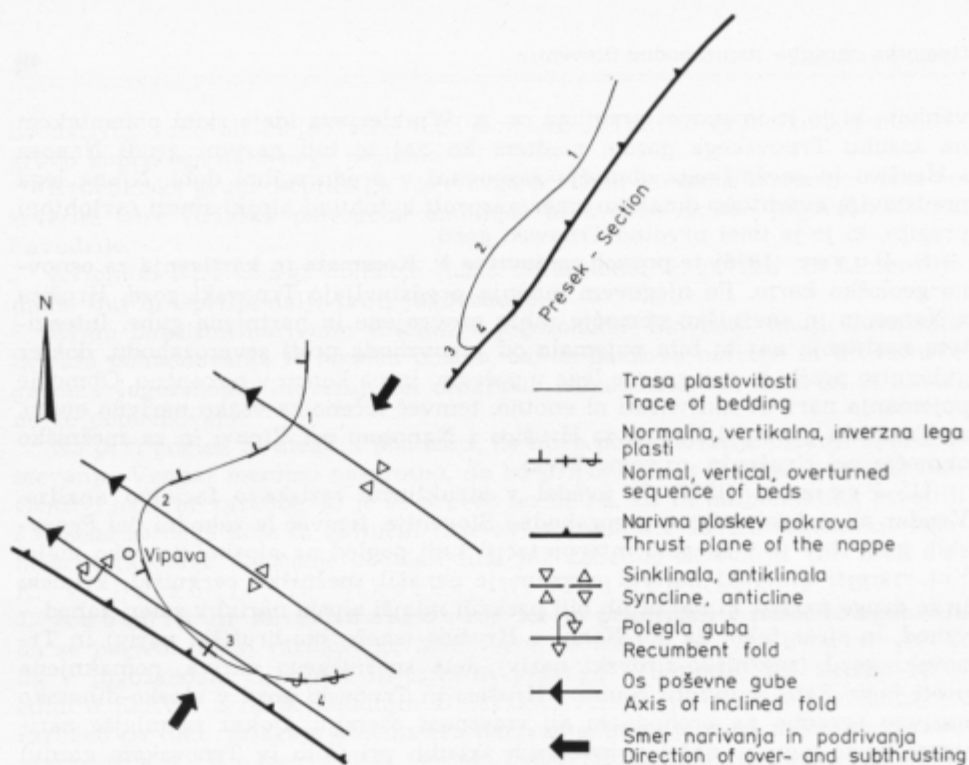
S. Buser (1976) je povzel ugotovitve F. Kossmata in kartiranja za osnovno geološko karto. Po njegovem mnenju predstavljajo Trnovski gozd, Hrušica z Nanosom in snežniško območje rahlo prevrnjene in narinjene gube. Intenziteta narivanja naj bi bila pojemale od jugovzhoda proti severozahodu, dokler gube 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. Premru (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, krinski 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-hruški 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 hruška sinklinala (1) in nanoška antiklinala (2), katere jugozahodno krilo prehaja v vertikalno (3) in inverzno lego (4). Osi hruške sinklinale in nanoške antiklinale nista horizontalni, temveč vpadata proti severozahodu, zato trasa poljubne plastice v horizontalni projekciji ni ravna, temveč zavita, kot vidimo na tlorisu (sl. 10). V hruški 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.

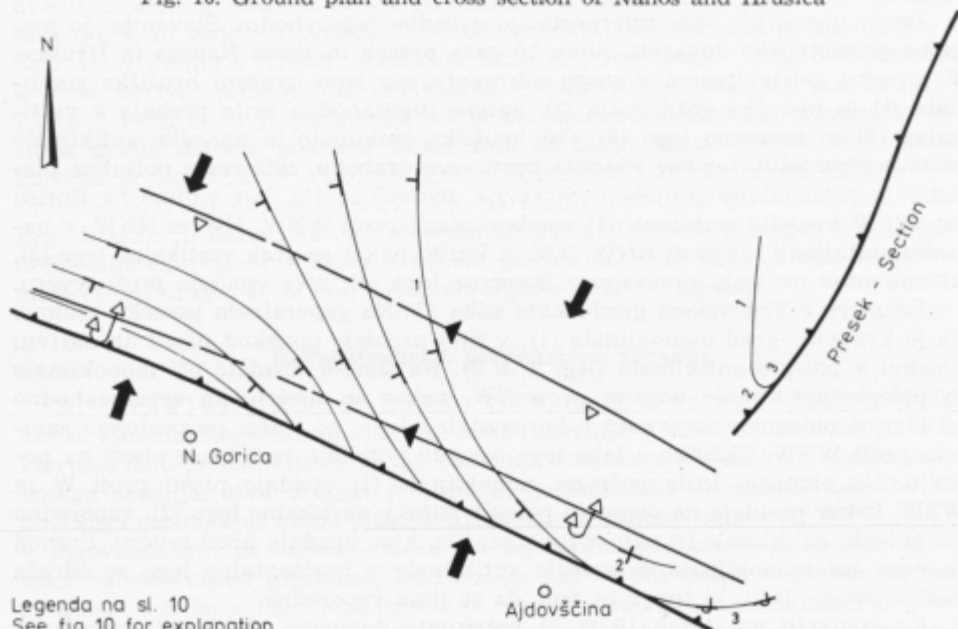
Razmere v Trnovskem gozdu kaže slika 11. Na generalnem preseku vidimo, da je Trnovski gozd monoklinala (1); v njej preidejo ponekod plasti ob narivni ploskvi v pleglo antiklinalo (legi 2 in 3). Na tlorisu vpadata osi monoklinale in poglele antiklinale najprej proti NW, nakar se severno in severozahodno 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 monoklinale (1) vpadajo plasti proti W in WSW, nakar preidejo na območju poglele gube v vertikalno lego (2), vzporedno osi poglele antiklinale in nato v inverzno (3), kjer vpadajo proti severu. Prehod poševne osi monoklinale in poglele antiklinale v horizontalno lego se odraža tudi v smeri plasti, ki težijo za tem, da so jima vzporedne.

Konstrukciji na slikah 10 in 11 potrujeta 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

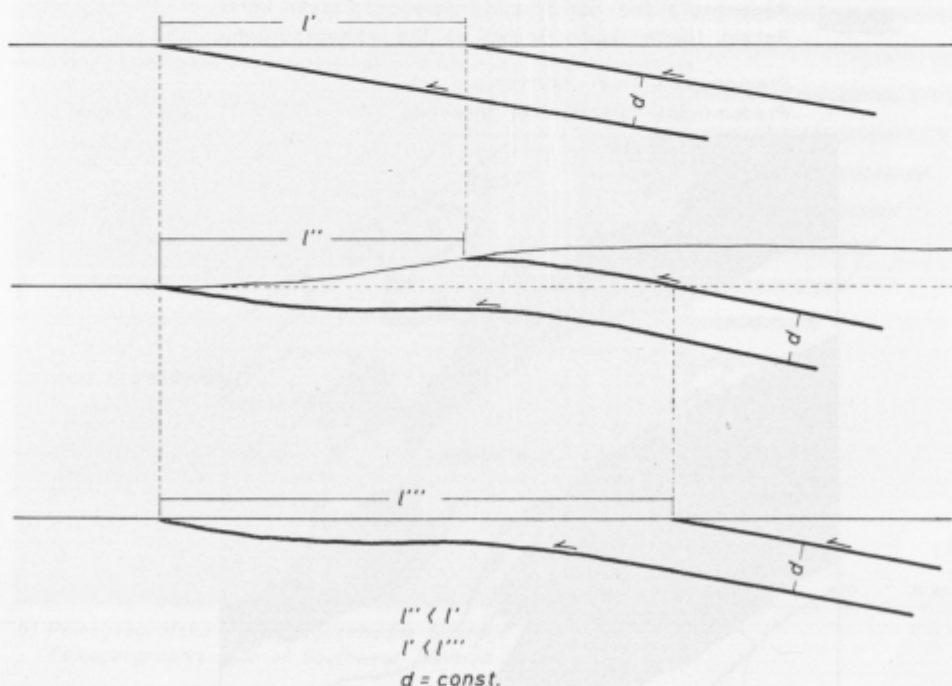
Sl. 11. Tloris in presek Trnovskega gozda, Banjščice in Brd

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).

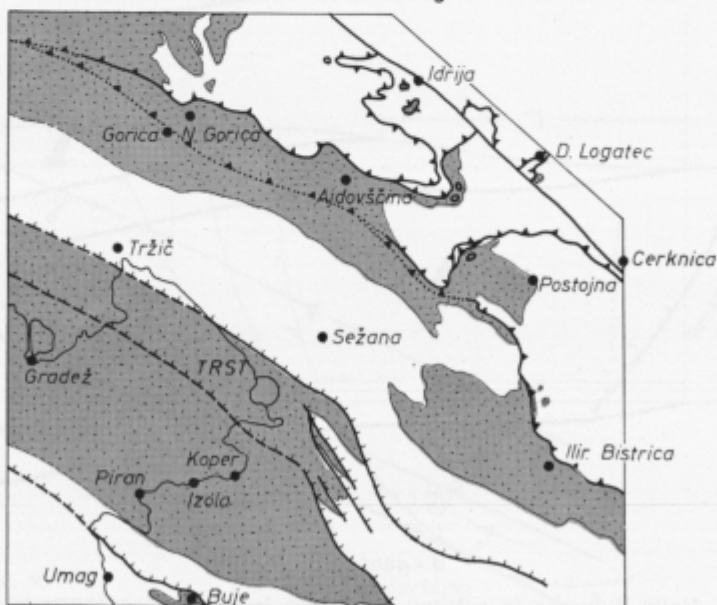
V geološki zgradbi jugozahodne Slovenije se kaže še en zanimiv geometrijski element. Po sliki 8 potekata narivnici komenske in snežniške narivne grude približno v smeri NW—SE, narivni ploskvi hrušiškega in trnovskega pokrova pa v prvem primeru na območju Razdrtega in v drugem, na območju Cola



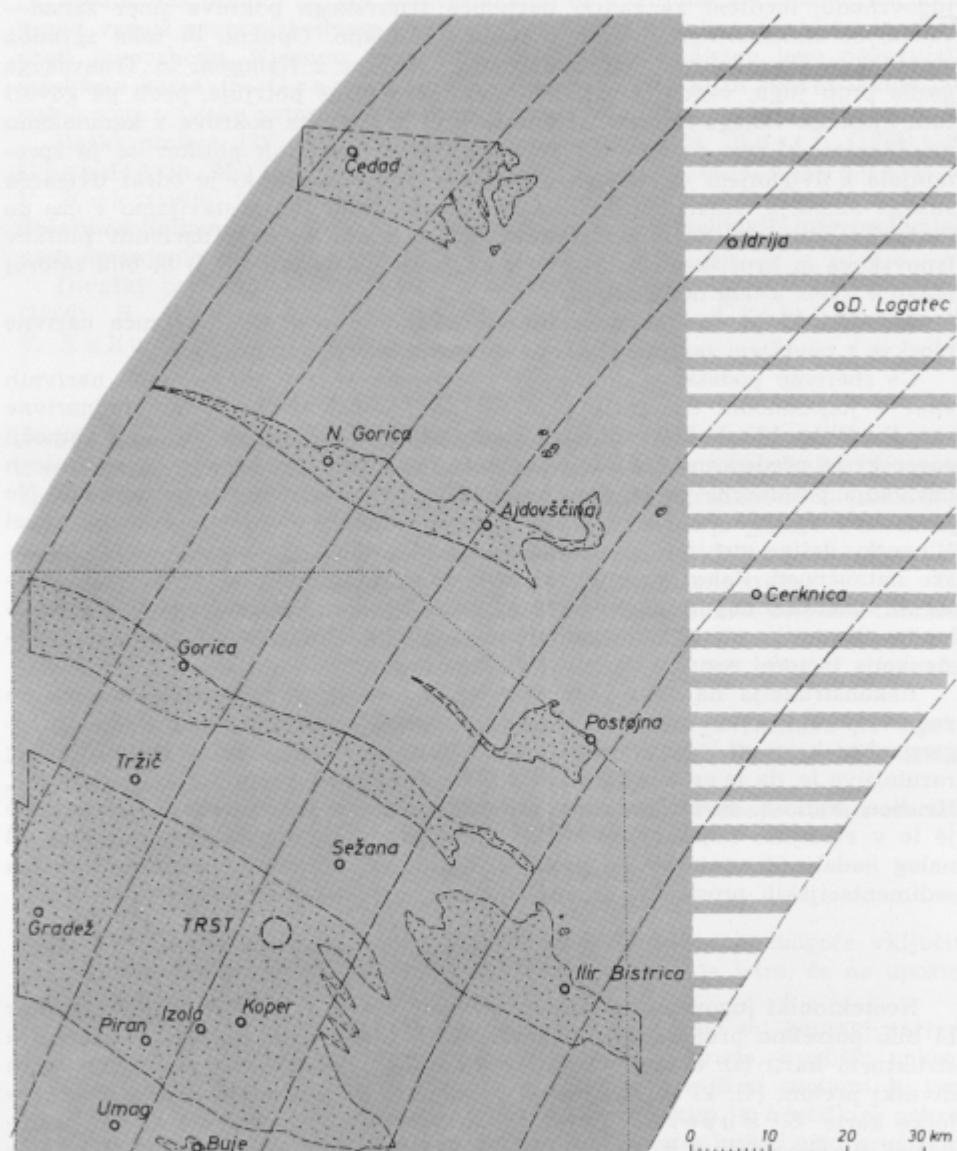
Sl. 12. Vpliv dviganja in sočasne erozije na lego položne narivne ploskve

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

-  Fliš
Flysch
-  Terciarne, mezozojske in paleozojske predflišne kamnine
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 zatojrej 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 zanje 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 koprskega 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.

Geologic 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. Buser, K. Grad & M. Pleničar took the same explanation (1967).

A. Winkler 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. Premru (1980): from the facies sequences one 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. Buser, nor the interpretation by A. Winkler involving the rotation, nor the explanation given by U. Premru 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 Postocene 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
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
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
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.-prz. Akad. Umiej. III, 10, 109—171, Krakow.
- Miljuš, P. 1976, Osnovne crte geološke gradje Dinarida i evolucija eugeosinklinale. 8. jugoslovanski geološki kongres, Geotektonika-Geofizika 3, 139—156, Ljubljana.
- Mrakar, 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 Kalkvorpalen im Ötcherland 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.