

O NASTANKU ALP IN RAZVOJU NJENEGA POVRŠJA

Jurij Kunaver^x

Čeprav živimo le na obrobju alpskega sveta, nam je ta značilni evropski prostor vendarle tako blizu, da ga je vredno spoznati nekoliko podrobneje. Treba je samo prek kateregakoli karavanškega prelaza proti avstrijski Koroški in že kmalu onstran južnega karavanškega grebena, po katerem teče državna meja, sledi Selsko-kapelsko podolje (po Selah in Železni Kapli). Tu poteka znamenita meja med t.i. Dinaridi ali Južnimi Alpami ter Centralnimi Alpami severno od tod. Po tem podolju teče t.i. periadriatski šiv ali lineament, ki ga odlikujejo številna nahajališča različno starih magmatskih kamnin, predvsem granitni plutoniti. Šiv se nadaljuje v Ziljsko dolino in naprej proti zahodu v Poadižje, dalje južno od Ortlerske skupine čez Passo Tonale, mimo severnega obrežja jezer Lago di Como in Lago Maggiore do Ivreal Torina. Njegova skupna dolžina je okrog 700 km in spada med najpomembnejše alpske tektonske linije. Aktiven je že od perma dalje, ob njem je prišlo večkrat do vertikalnih in horizontalnih premikov velikih dimenzij, odtod tudi plutonizem.

Severne Karavanke z Obirjem pa tudi Dobrač oziroma Ziljske Alpe spadajo že v Centralne Alpe, ker so nastale z orogenetskimi pritiski proti severu. Posezimo nekoliko v geološko preteklost, da bi lažje razumeli sedanost.

Sestavek ima namen predstaviti geološki razvoj Alp pa tudi značilnosti površja. Alpe so zagotovo najbolj raziskano gorovje na svetu, toda obenem geološko zelo zamotano zgrajeno. Ni enostavno nagubano gorovje, ampak ga odlikuje narivna oziroma krovna zgradba z največkrat starejšimi kamninami nad mlajšimi. Na tem področju je še polno neznank, ki bodo še zaposlovale bodoče raziskovalce. Med geologi so precej različna gledanja na vlogo periadriatskega šiva. Nekateri so na primer mnenja, da se ob njem neposredno stikata afriška plošča oziroma sredozemske mikroplošče z evropsko ploščo. Drugi spet tega izrazito ne poudarjajo. Tudi glede tega, katera litosferska plošča se je podrinila pod drugo, si niso enotni.

Kljub temu smo menili, da dajeta dva članka, objavljena v Geographische Rundschau v letniku 1984 in 1982, in druga literatura, objavljena v času 25. mednarodnega geografskega kongresa v Parizu, dovolj snovi za informativen prispevek o tej tematiki. Pri tem se pisec zaveda, da ni mogla biti v celoti upoštevana specialna geološka literatura tudi iz območja Slovenije, kjer so v zadnjem času razvili precej samostojno gledanje na dogajanje na jugovzhodnem obrobju Alp. S tem se bodo predstave o paleogeografskem razvoju tega območja še temeljito izpopolnile. Dr. S. Buserju z geološkega zavoda Ljubljana se zahvaljujemo za informacije in pojasnila v tej zvezi. Avtor se je zato dotaknil geologije

^x Dr., izred. prof., Pedagoška akademija, Univerza Edvarda Kardelja, 61000 Ljubljana, Kardeljeva ploščad 16, glej izvleček na koncu Obzornika

slovenskega ozemlja, le kolikor je bilo to nujno potrebno.

Razvoj alpske orogeneze

Geološkega razvoja Alp danes ni mogoče več zadovoljivo razložiti brez upoštevanja tektonike litosferskih plošč. Seči je treba najprej 200 milijonov let nazaj do zgornjega paleozoika, ko sta bila Laurazija in Afrika spojeni v enoten superkontinent Pangea. Na prostoru Alp je bilo varistično kopno, kar pomeni starejše paleozojske kamnine, ki so bile nagubane v varistični orogenezi. Ta paleozojska podlaga prevladuje na precej obsežnem alpskem prostoru (je tudi v podlagi Karnijskih Alp in v delu Pohorja).

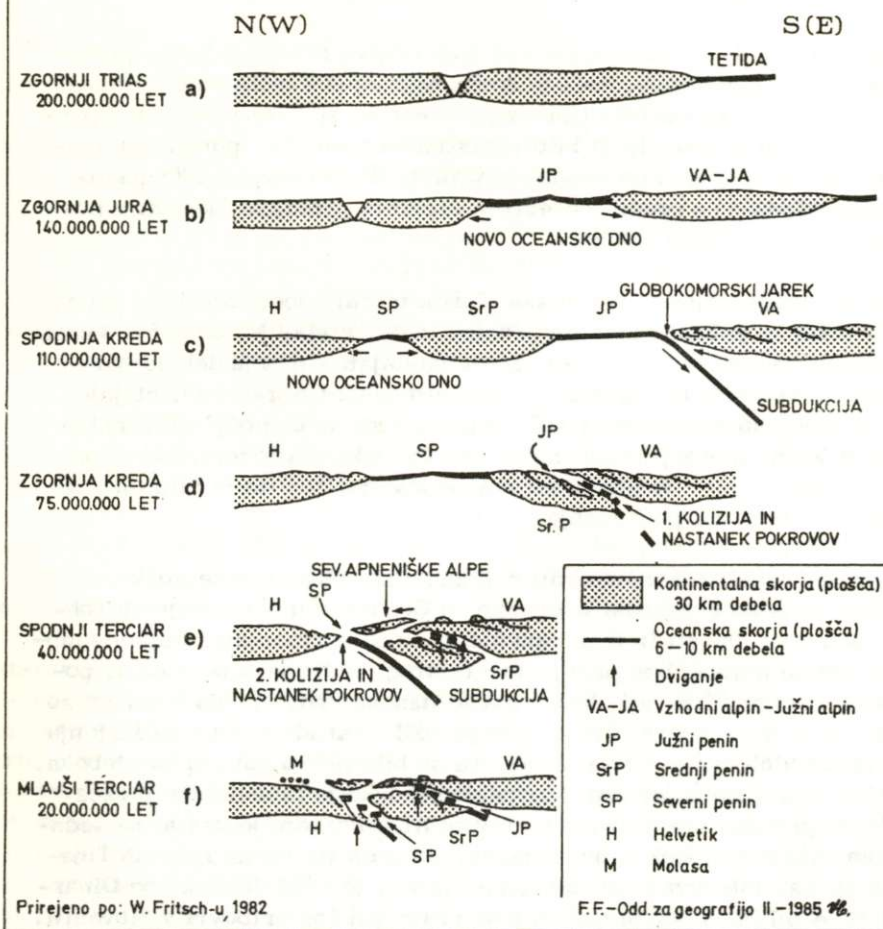
Ko sta se afriška in laurazijska litosferska plošča takrat začeli odmikati druga od druge, je med njima počasi zazevala geosinklinala Tetida. Na območju Vzhodnih in Južnih Alp so takrat, v triasu, že začele nastajati v morju debele skladdovnice apnenca in dolomita ter obsežni koralni grebeni. Čeprav so nastajale v zelo plitvem morju, so debele več tisoč metrov. Tudi na območju slovenskih Alp je bilo plitvo šelfno morje, ki ga imenujemo Julijska platforma, katerega dno pa se je hitro pogrezalo. Sedimentacija apnenca in dolomita je bila tako izdatna, da je lahko dohitevala pogrezanje.

Geologi so do danes uspeli rekonstruirati več značilnih obdobij v geološkem razvoju Alp. Povezana so s premiki Laurazije in Gondvane oziroma njunih robnih območij. Vseh podrobnosti iz tega razvoja ni mogoče omenjati. Najpomembnejše pa je, da sta se najprej oba prakontinenta drug od drugega odmikala, pozneje pa sta se začela približevati, kar traja še danes. Prostor, na katerem so nastajale Alpe, se je zato najprej širil, nato pa ožil. Zaradi prvotnega širjenja so se izoblikovala podolgovata morja, nekatera so bila plitva, druga pa globoka. Približevanje je povzročilo pojav podrivanja ali subdukcije laurazijske plošče pod afriško, ki se je začel sredi krede v sredini Alp. Pri tem je nastal na sedanjem južnem obrobju Alp globokomorski jarek, podoben tistim na robovih Tihega oceana. Tak jarek, imenovan tudi Slovenski jarek, je ločil Julijske od Dinarske platforme in je bil na območju današnjega predalpskega hribovja v Sloveniji.

Hkrati je verjetno nastal takrat tudi ozek pas novega morskega dna oziroma oceanska plošča. Vse to se je dogajalo na južnem robu tako imenovanega južnopeninskega oceana. Severno od njega je bil ozek srednje peninski prag ali brianconska mikroplošča in severno od nje severnopeninski ocean. Vse to je bila posledica širjenja prostora na vmesnem območju med obema prakontinentoma, nastajanja nove oceanske plošče in njenega podrivanja pod Gondvano. Sedimentacija v tem območju je bila drugačna, bolj peščeno glinasta kot na območju Vzhodnih in Južnih Alp.

Subdukcija je bila prvotno samo v vzhodnem delu Alp. Zato se je tam kot njegovala posledica najprej pojavilo gubanje in narivanje. Subdukcija je bila usmerjena proti jugu in v globine astenosfere. Orogenetski narivni pritiski pa so bili usmerjeni proti severu, vendar le od periadriatskega šiva dalje, južno od njega pa v

RAZVOJ ALPSKE OROGENEZE



smeri proti jugu. Tako so bile obsežne plošče mezozojskih kamnin, ki so nastale v tetidnem morju južno od današnjega glavnega grebena Centralnih Alp, potisnjene proti severu in so se v zadnji fazi premikale tudi gravitacijsko. Tako razlagajo nastanek današnjih Severnih apneniških Alp. V tem vidimo tudi vzrok za kamninsko podobnost z našimi apneniški Alpami. Drugod so se orogenetski procesi in z njimi veliki pokrovni narivi pričeli šele v starejšem terciaru. Pritisk proti severu se je nadaljeval tudi pozneje, kar dokazujejo narivi čez švicarsko-bavarsko molaso. Molase so grobi, flišu nekoliko podobni sedimenti, ki so v podlagi severnega planotastega predgorja Alp. Nastali so sredi terciara kot posledica erozijskega zniževanja takratnih mladih Alp. V najmlajšem obdobju alpske orogeneze, v pliocenu, so omenjeni pritiski proti severu enostavno nagubali tudi Švicarsko in Francosko Juro. V istem obdobju

so se nagubali tudi Apenini.

Prikazani razvoj je zelo poenostavljen. Prevladuje prepričanje, da so imele pomembno vlogo tudi mikroplošče, na primer jadranska in karnijska. Zaradi njih je verjetno prišlo do več subdukcij na različnih območjih in v različnih obdobjih orogeneze. Najbolj pa so si geologi edini v tem, da so Alpe produkt mogočnega trka dveh kontinentalnih litosferskih plošč, med katerima je bila oceanska plošča. Ko je ta zaradi subdukcije izginila v globino astenosfere, sta zadela kontinenta drug ob drugega in orogeneza je bila zaključena. Na podoben način razlagajo tudi himalajsko in uralško orogenezo.

Kamninski sestav in tektonske enote Alp

Iz tega razvoja sledi tudi kamninski sestav in tektonska členitev, ki sta nam pogosto manj razumljiva predvsem zaradi nekaterih imen, s katerimi se redkeje srečujemo. Zato je najpomembnejše, da vemo, kje so prvotno nastajali posamezni kamninski kompleksi, kar smo že obravnavali, in da vemo, v kakšen položaj so pozneje prišli.

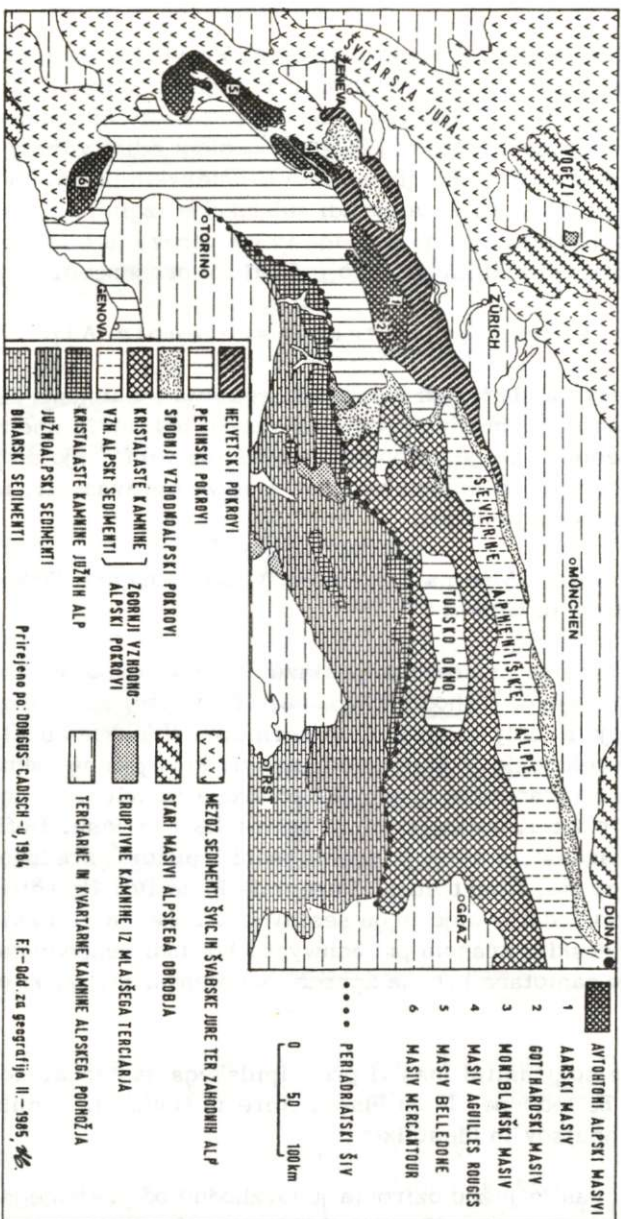
Običajno delimo Alpe na Zahodne in Vzhodne na črti Bodensko jezero - Renska dolina - Lago di Como.

Zahodne Alpe se pričnejo na prelazu Giovi severno od Genove. Zanje je značilno, da so višje od Vzhodnih Alp, najvišji vrhovi so višji za okrog 1000 metrov. So tudi ožje in bolj komplicirano zgrajene. V Zahodnih Alpah se vzporedno vlečejo štiri tektonski in kamninski pasovi. Prvi pas na zahodnem oziroma severnem robu so francoske apneniške predalpe in švicarske apneniške Alpe, ki se razlikujejo v t.i. dofinejskem in helvetskem faciesu. Dofinejski facies je pretežno apnenčast, v njem je nastal znani francoski sredogorski in visokogorski kras Vercorsa, Chartreusa, Desert de Plate itd. Helvetik ali helvetski pokrovi so vzhodno nadaljevanje in ga sestavljajo apnenčasti masivi (npr. Märenberg z visokogorskim krasom pri Schwyzu) kot tudi neapneničaste kamnine. Značilna je zelo zamotana krovna zgradba s celom narivov, ki obvisijo nad švicarsko planoto.

Drugi pas so granitni masivi predalpidskega nastanka, kot so Mercantour, Pelvoux, Belledonne, Mont Blanc, Aare in Gothard. V njihovem okviru so tudi območja gnajsov in blestnikov.

Naslednji pas je južno oziroma jugovzhodno od prejšnjega in obsega peninske pokrove (imenovani po Peninskih Alpah). V zahodnem delu se imenuje brianconska cona in sestoji iz peščenjakov, konglomeratov, skrilavcev in apnencev različne starosti od karbona do krede. Vzhodni del, ki pa je obenem četrti sestavni del Zahodnih Alp, sestavljajo alohtoni peninski kristalinski masivi Maira, Vanoise, Gran Paradisa in Valiških Alp. Sem spadajo tudi manj metamorfozirani sljudnati skrilavci (schistes lustres) Piemonta in Graubündena.

TEKTONSKA ČLENITEV ALP



Opomba: geološki termin kristalaste kamnine (masivi, skrilavci, kristalinki) slovenski geologi zadnja leta dosledno zamenjujejo z metamorfnimi kamninami. Toda v tuji literaturi ga še srečujemo in mredko pomeni tudi metamorfne in magmatske kamnine (globočnine) skupaj (Kristalini, Kristalline Zone - Gellinge, - Gesteine, roches -, massif cristallin (s), crystalline rock). Zato se mu v slovenskem strokovnem izrazoslovju ni mogoče vselej enostavno izogniti.

Za Zahodne Alpe je značilna velika podolžna brazda, ki jo Francozi imenujejo "Sillon alpin" (alpska brazda). Začne se z dolino reke Drac in se nadaljuje skozi Gresivaudan (dolina Isere nad Grenoblom) proti severu mimo Albertvillia, v dolini Arly in v zgornjem toku Arve pod Mont Blancom. Posebno močan je njen vpliv na izoblikovanje doline Walis. Ta tektonska črta se nadaljuje čez prelaz Furka, v zgornji tok reke Reuss, čez prelaz Oberalp in v dolino zgornjega Rena.

Vzhodne Alpe so širše in so manj zamotano zgrajene. Proti vzhodu se gorska slemena počasi znižujejo in divergirajo (se razmikajo). Tektonske enote imajo prav tako obliko vzporednih pasov, med katerimi so tri podolžne brazde. V prvem pasu so Severne apneniške Alpe, ki so v predgorju sestavljene iz nagubanih plasti molase, fliša in obsežnih apneničastih masivov iz kamnin triadne in jurske starosti. V zahodnem delu prevladujeta wetersteinski apnenec in glavni dolomit, v vzhodnem pa ramsauski dolomit in dachsteinski apnenec.

Sledi prva brazda, ki se začne v Engadinu in nadaljuje v dolinah Inna in Ennse. Drugi pas so Centralne Vzhodne Alpe od Silvrette na zahodu do štajerskega gnajnskega loka z Bücklige Welt. Zgrajena so iz visoko metamorfoziranih kristalnih skrilavcev. Sredi Centralnih Alp je znano tursko tektonsko okno, ki obsega poleg Visokih Tur tudi Zillertalske Alpe. V njem so se zaradi erozije prikazale izpod vzhodno alpskega pokrova kamnine že prej omenjenih peninskih pokrovov, ki so po času nastanka in po sestavi enoten pojav v vseh Alpah. Te se kažejo še v dveh manjših tektonskih oknih, in to v Engadinu in v pogorju Wechsel. Ta penin sestavljajo turski kristalin s skriljavim ovojem in centralnimi gnajsi.

Centralne Alpe obdaja na severu in jugu ozek pas, ki ga sestavljajo manj metamorfozirani vzhodno alpski pokrovi. Kot kamnina prevladuje temna grauwacka ali droba, ki jo sestavljajo z živci in zdrobljenimi kamninami bogati metamorfozirani peščenjaki staropaleozojskega nastanka. Severni pas grauwacke vsebuje precej številna nahajališča bakrove, niklove, kobaltove rude (običajno nastopajo skupaj), svinčeve, cinkove, srebrove in predvsem železove rude v Eizbergu na Štajerskem. Mnoga nahajališča so bila znana že od keltskih in rimskih časov. Pomembna so tudi nahajališča magnezita.

Druga brazda, ki jo imenujejo noriška, je na južnem obrobju Vzhodnih Centralnih Alp. Začne se v pokrajini Lungau v povirju Mure in sega vse do Semmeringa.

Tretja brazda se začne pri Comskem jezeru in je izoblikovana vzdolž periadriatskega šiva, ki smo ga že omenili. Njena sestavna dela sta tudi Ziljska dolina in del Celovške kotline.

Četrta sestavni del Vzhodnih Alp so Južne apneniške Alpe, ki so po svojem kamninskem sestavu podobne severnim apneniškim Alpam. Na južnem robu Alp prevladujejo mladomezozojske kamnine, znane z italijanskimi imeni amonitico rosso, biancone in scaglia. Poseben položaj imajo italijanski Dolomiti, ki so zgrajeni iz triasnega Schlernskega dolomita in iz obsežnih koralnih grebenov.

Vmes pa so vulkanski tufiti, ki so nastajali pod morjem istočasno.

Predledeniški relief

Alpski relief je nastajal daljše obdobje, kot si na splošno predstavljamo. Slovenski alpski svet naj bi po domačih ugotovitvah v najvišjih delih imel ohranjene stare uravnave, danes vegaste visokogorske kraške planote. Le-te naj bi izvirale po prvotnem prepričanju iz zgornjega miocena, po novejšem mnenju pa iz spodnjega pliocena. Evropska literatura o morfogenezi Alp pa govori o večji starosti najstarejših in s tem tudi najvišjih starih uravnnav. Nastale naj bi v oligomiocenskem obdobju. Tudi uravnave v južnih apneniških Alpah, kamor spadajo tudi naše Julijske in Kamniške Alpe, bi bile lahko te starosti, seveda le najvišje, na primer okrog Triglava.

- Naslednja značilnost, na katero opozarja avtor najnovejšega članka o alpskem reliefu H. Dongus, je potreba po razlikovanju tektonskega razvoja tega gorovja in njegovega geomorfološkega razvoja. Dobesedno pravi, da so danes Alpe erozijski ostanek (Abtragun) nekdanje pokrovne gmote. Oblike alpskega površja niso direktno nasledstvo tektonskega dogajanja, pač pa povečini učinek zunanjih dejavnikov in selektivne erozije. V reliefnem razvoju so bistveno sodelovali torej dviganje gorovja, kamninske značilnosti in podnebni vplivi.

V terciaru so torej nastale osnovne poteze Alp, v pleistocenu pa je poledenitev izrezala njihovo današnjo podobo. Stare površinske oblike s tem niso bile docela odstranjene, pač pa so se jim pridružile nove. V pleistocenu je torej alpski relief postal pestrejši v primerjavi s starejšim, terciarnim. V kakšnem podnebnju je torej nastajal terciarni alpski relief? Odgovor moramo iskati v današnjih suhih območjih na Zemlji, koder nastajajo reliefne izravnave, ki bi bile lahko podobne srednjeterciarnim.

O starosti najstarejših uravnnav smo že govorili. Danes jih najdemo v najvišjih delih Alp v različnih oblikah, v glavnem pa seveda le kot ostanek nekdanj večjih uravnnavanih območij. To so lahko obsežnejša in bolj ravna območja zbiranja ledu pod najvišjimi alpskimi vrhovi, dalje krnice itd.

Vertikalno dviganje je povzročilo, da so uravnave razvrščene tudi v različnih višinah, vendar sta število in obseg uravnnav odvisna od režima tektonskega dviganja. Poleg teh oblik morajo biti predpleistocenske starosti tudi večje doline. Kajti kako bi jih sicer mogli preoblikovati ledeniki oziroma se usmeriti vanje, če ne bi obstajale že pred tem. Prav iz tega sklepajo, da morajo uravnave biti še starejše od dolin, torej predpliocenske starosti.

Star uravnnav relief se je še bolje kot v centralnem delu Alp ohranil na obrobju, v apneniških masivih. Poznamo ga kot visoke planote v italijanskih Alpah, vzhodno od Verone, predvsem v Lessinskih Alpah, v Julijskih in Kamniških Alpah, še obsežnejše in številnejše pa so stare visokogorske kraške planote v Severnih apneniških Alpah. Najbolj znane planote so v pogorju Dachsteina, zahodno od

tod v Tennengebirgeu, v Hagengebirgeu in v Steinernes Meeru. Vzhodno od nje-
ga pa je ena največjih alpskih planot sploh, Totes Gebirge. Na teh planotah so
ponekod ohranjene zaplate silikatnega proda, t.i. augensteini iz časa, ko so
reke še konsekvntno odtekale iz Centralnih Alp proti severu.

Predno so se rečni tokovi prilagodili geološki zgradbi, kar je bila naslednja fa-
za razvoja alpskega reliefa, so si prej še nekateri izbrali podzemne poti skozi
omenjene apneničaste masive. Posledica tega so velike vodoravne jame v
Dachsteinskem gorovju, kot sta npr. Eisriesenwelt in Rieseneishöhle.

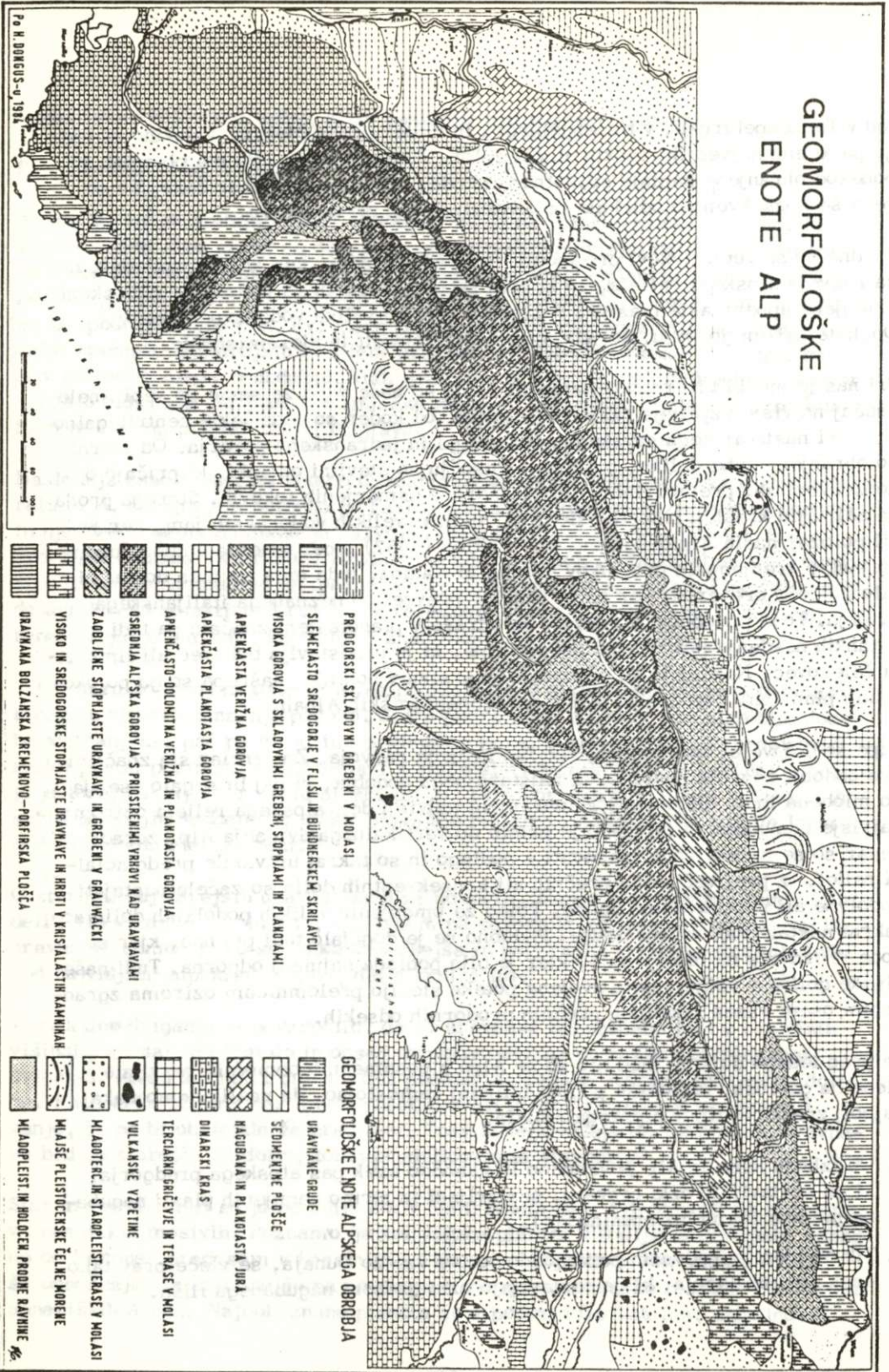
Pri nas je moral biti razvoj podoben, le da so naše Alpe že same po sebi imele
značaj najvišje vzpetega raztočnega sveta, od koder so vode tekle centrifugalno
v smeri nastajajočega savskega, dravskega in jadranskega porečja. Od takrat
so ohranjene suhe doline, posebno v Posočju so številni ostanki, ki pričajo o
konsekvntnih, premočrtno v smeri Jadrana usmerjenih tokovih. Starega proda
na najvišjih kraških planotah sicer ni, tudi ne velikih vodoravnih jam, ker je
bil položaj naših Alp drugačen. A. Winkler (1957) sicer omenja najdbo augen-
steinskih kremenovih prodnikov s Krna in Kanina, toda tega podatka doslej ni
bilo mogoče preveriti, ker ga je Winkler prevzel od neznanega italijanskega
avtorja. Toda podobnost v razvoju se odraža v planotastem značaju pa tudi v
ostankih nekdanje površinske prepereline, ki jo predstavlja bobovec ali limonit-
ni železovec. Nekdaj je bil osnova železarstvu v Bohinju, našli pa so ga po oko-
liških planotah. Poznajo ga tudi v severnoapneniških Alpah.

Alpe so doživele, kot vidimo, več faz svojega razvoja. Za terciar sta značilni
dve obdobji razvoja površja. Iz najstarejšega obdobja, ki naj bi segalo vse tja
do miocena in do oligocena, so ohranjeni najvišji deli alpskega reliefa oziroma
najvišje uravnave. V pliocenu je prišlo do vertikalnega dviganja Alp, zaradi
česar so se začele vode vrezovati v podlago in so takrat ustvarile predglacial-
ni relief. Iz prej večinoma prečnih ali konsekvntnih dolin so začele nastajati
podolžne ali subsekvntne doline. Poleg že omenjenih velikih podolžnih dolin so
takrat nastale tudi mnoge druge. Podobno se je dogajalo tudi pri nas, kjer so
vode vrezovale najhitreje tam, kjer je bila podlaga najmanj odporna. Tudi naše
alpske doline v večjem delu svojega poteka sledijo prelomnicam oziroma zgrad-
benim osem razen v krajših prečnih prodornih odsekih.

Še pred ledeno dobo in med njo so se Alpe v posameznih območjih razvijale
glede na geološko tektonske pogoje tolikanj samostojno, da razlikujemo nekaj
najbolj značilnih tipov alpskega reliefa.

1. Ob izhodu Rena iz Alp je vzhodno in zahodno ozek pas alpskega predgorja,
ki ga sestavljajo ozki grebeni, sestavljeni iz strmo nagnjenih plasti naguba-
ne molase (Schichtkammländer).
2. Tik ob njem, predvsem pa vzhodno od tod vse do Dunaja, se vleče prav tako
ozek pas predgorja, ki ga sestavljajo ozki grebeni nagubanega fliša.

GEOMORFOLOŠKE ENOTE ALP



- PREDGORSKI SKLADOVNI GREBENI V MOLASI**
- SLEMENASTO SREDGORNJE V FLISU IN RUDNERSKEM SKRILAVCU
 - VISOKA GORVJA S SKLADOVNIKI GREBENI, STOPNJIAMI IN PLANOTAMI
 - APENČASTA VERŽKA GORVJA
 - APENČASTA PLANOTASTA GORVJA
 - APENČASTO-ODONITNA VERŽKA IN PLANOTASTA GORVJA
 - OSREDNJA ALPSKA GORVJA S PRISOTREKNIH VROVJI NAJGORVJAVIMI
 - ZABLJENE STOPNIASTE URAVNAVE IN GREBENI V GRAVVAČKI
 - VISOKO IN SREDGORNJSKE STOPNIASTE URAVNAVE IN HRBTI V KRISTALASTIH KAMNINAH
 - URAVNAVA BOLZANSKA KREMNINO-PARFIRSKA PLOŠČA

- GEOMORFOLOŠKE ENOTE ALPSKEGA OBRONJA**
- URAVNAVE GRODE
 - SEDIMENTNE PLOŠČE
 - NAGOBANA IN PLANOTASTA JURA
 - DINARSKI KRAS
 - TERCIARNO BRILČVJE IN TERASE V MOLASI
 - VULKANSKE VZPETINE
 - MLADOTERC IN STADOTLEISTI TERASE V MOLASI
 - MLAJŠE PLEISTOCENSKE ČELNE MORENE
 - MLADOTLEISTI IN RUDOLECI, PRODNE KAMNINE

3. Sledi obsežen pas zahodnega alpskega predgorja, ki ga sestavljajo vzporedno potekajoči visokogorski grebeni, obsežne stopnjaste planote iz različno nag-njenih karbonatnih in nekarbonatnih plasti. Med njimi so najbolj znañe pla-note Devoluy, Vercors, Grandes Chartreuse, Bauges, Aravis in Desert de Plate v Franciji, Blümlisalp v Berner Oberlandu ter planote nad dolino Muota v švicarskih apneniških Alpah, vse znane po intenzivni zakraselosti. So bo-disi podobne že omenjenim avstrijskim kraškimi planotami ali pa za njimi nekoliko zaostajajo in so še v pasu gozda, kot Vercors.
4. Za severno obrobje Alp vzhodno od Rena do Salzache je značilen apneničasto dolomitni visokogorski svet s strmimi in ozkimi navpičnimi grebeni, brez večjih planot.
5. Peti tip, ki ga predstavljajo Severnoapneniške Alpe, smo že omenili.
6. Šesti tip površja so Južne Alpe, ki so v mnogočem podobne severnoapneniš-kim Alpam, le da se severno od Padske in Furlanske nižine ne dvignejo takoj v višine nad gozdno mejo.
7. Sledijo Centralne Alpe s priostrenimi visokimi vrhovi in z ostanki najvišjih starih površij. Ob njih se vlečejo že omenjene podolžne doline, ki imajo v pobočjih stare ledeniško preoblikovane terase.
8. Območje, zgrajeno iz grauwacke, je malo obsežno in je med Innsbruckom in Salzachom. Kamnina ni posebno odporna in so zato površinske oblike za-obljene, tudi ostanki starih uravnav so v obliki zaobljenih hrbtov.
9. V najvzhodnejšem delu Alp se površje polagoma znižuje. V kristalasti po-dlagi so pogorja zaobljena, vendar je v podobnosti višin mogoče slutiti ostan-ke terciarnih uravnav. Pogorja prehajajo iz sredogorskih v hribovit in na-zadnje v gričevnat svet, ki obdaja Dunajski in Graški zatok. Kot takega ozna-čujejo tudi južni rob Alp v zahodnem delu Padske nižine in deloma v zgornjem Podravju, ki je izdelan v ozkem pasu kristalastih kamnin. Tudi tam ni izrazi-tih vrhov, temveč prevladujejo bolj zaobljene in podolgovate oblike.
10. Najmanj obsežen relief je v srednjem Poadižju, ki je nastal na podlagi bol-zanskega kremenovega porfiritu. Nastala je nekakšna plošča, v katero so poglobljene doline. Zato je nad dolinami precej planotastega reliefa. Nad planotami pa se dvigajo priostreni vrhovi italijanskih Dolomitov.

Za sedanjo podobo Alp je bila velikega pomena poledenitev. Vendar ta, kot smo že ugotovili, ni tako bistveno spremenila oblik, ki so jih Alpe že imele pred tem. Pač pa so rečne doline dobile strmejša ali celo navpična pobočja tam, kjer so debele gmote ledu pritiskale od strani. Iz nekdanjih erozijskih teras so na-stala ledeniška ramena, stopnje med stranskimi in glavnimi dolinami pa tudi v podolžni smeri so postale izrazitejše. V območjih nepropustnih kamnin, ki tudi sicer prevladujejo, zato niso presenetljiva številna jezera in slapovi.

V pleistocenu se Alpe niso povsem enakomerno preobrazile, kajti količina pa-davin se je izrazito zmanjševala od zahoda proti vzhodu. Zato je bila temu pri-

merna tudi poledenitev. Posebno vzhodno od Salzburga je bila poledenitev precej skromnejša in s tem tudi pleistocensko preoblikovanje. Tudi južni del Zahodnih Alp skoraj ni bil poledenel. Ledenik v dolini Durance se je končal že pri Sisteronu. Tudi Južne Alpe so bile manj namočene z izjemo porečja Tagliamonta in Posočja.

Ledeni pokrov, od koder so se raztekali dolinski ledeniki, se je začel v višini okrog 2600 m, to je na območju današnjih prelazov. Tam so bili različni ledeniki povezani med seboj. Ob robu Alp je led segal še do višine 1400 m, nato pa so ledeniki ob izhodu iz dolin naglo izgubili višino in so se spremenili v t.i. piedmontske ledenike. Mejo med nižjimi poledenelimi in višjimi nepoledenelimi območji je največkrat mogoče zaznati s pomočjo bočnih ledeniških obrusov. Nad njimi se dvigajo strmi, nezglajeni in priostreni vrhovi, ki so v času poledenitve štrleli iznad ledenega pokrova, tako kot še danes vrhovi v najvišjem delu Alp ali pa na Grenlandu. Zato tudi v Alpah uporabljamo ime nunataki za tovrstne vrhove. Izraziti so piramidasti vrhovi tipa Materhorna ali Finsteraarhorna, ki so nastali z mehničnim razpadanjem in umikanjem pobočij.

V neposrednem sosedstvu gorskega alpskega sveta je ravninski svet Padske in Furlanske nižine na eni in Švabsko-bavarske planote na drugi strani. V podgorskem pasu, ki pa je ponekod precej širok, so odložene v več vzporednih nizih obsežne čelne morene alpskih ledenikov. Na južnem obrobju Alp so ledeniki odložili čelne morene le na izhodu iz dolin. Toda kljub temu so zelo obsežne posredno spremljajoče prodne ravnine, ki se širijo daleč proč od alpskega roba. Prodne akumulacijske ravnine so na severnem robu Alp še bolj intenzivno razgibane, ker so fluvio-glacialna akumulacija in terase iz različnih obdobij pleistocena. Zato je Švabsko-bavarska planota vse prej kot ravnina. Podobne lastnosti ima tudi Celovška kotlina.

V zaključku lahko ugotovimo, da je celotni alpski relief nekoliko starejši, kot to navaja literatura za naš del alpskega sveta. Najvišjim uravnavam okrog Triglava so prvotno prisojali staromiocensko, pozneje srednje in spodnjemiocensko, slednjič pa spodnjepliocensko starost. Toda geolog Grimšičar (1962) je na podlagi ugotovljene oligocenske starosti sivice v Ljubljanski kotlini celo domneval, da so naše najvišje planote lahko oligocenske starosti.

Recentno preoblikovanje alpskega površja

Zadnje holocensko obdobje preoblikovanja alpskega reliefa je po trajanju bistveno krajše od prejšnjih obdobij. Pa tudi intenzivnost preoblikovalnih procesov se je močno zmanjšala v primerjavi s posameznimi obdobji pleistocena. Tako se nam pogosto zdi, kot da se v zadnjih 10.000 letih v Alpah ni "skoraj nič zgodilo". Tak vtis dobimo, če opazujemo še sveže sledove ledeniške erozije in akumulacije, na primer mlade akumulacijske terase, ki so večinoma nastale v obdobju umikanja ledenikov na koncu zadnje poledenitve.

Nekoliko drugačen vtis dobimo ob študiju vršajev, ki so nastali v poznejšem

obdobju. Tudi melišča in podori so več kot jasen dokaz zgodnje holocenskega pa tudi recentnega razvoja alpskega površja. Tudi različni procesi in pojavi, ki so le občasni in imajo včasih tudi značaj naravnih nesreč, dokazujejo, da eksogene sile ne mirujejo. V italijanskih Alpah so v 450 letih naštel skupno 124 zemeljskih plazov in podorov. Pri tem je bilo delno ali v celoti uničeno 65 naselij. V približno istem času, največ podatkov je iz najnovejšega časa, so imeli 183 hudih poplav, ki so jih spremljali kamniti in blatni tokovi. Tudi v teh primerih pride do hitrih sprememb v površju in do hude materialne škode in človeških žrtev. To je samo nekaj primerov, ki bi jih lahko navedli tudi iz drugih delov Alp. Upoštevati pa moramo, da so podnebne razmere tudi v Alpah zelo različne in da so hitrejšim spremembam bolj izpostavljeni bolj namočeni predeli in tisti z večjimi kolebanji.

Z merjenji prodonosnosti, posebno v akumulacijskih bazenih hidrocentral, in količine raztopljenih snovi v vodi lahko pridemo do precej točnih podatkov, kakšno in kolikšno je v resnici preoblikovanje današnjih Alp. Teh meritev je vedno več, toda podatki niso vedno primerljivi med seboj. Poglejmo le nekaj najbolj svežih.

V vsem porečju reke Isere nad Grenoblom, ki meri 5721 km², se površje znižuje od 0,2 do 0,25 mm/letno. Znižanje v 10.000 letih zneso 2 do 2,5 metra. Od tega odpade manj od polovice na kemijsko raztapljanje. To je seveda poprečje za vse območje, ki ima pri Grenoblu višino 205 m, najvišji vrhovi pa dosežejo 3800 m. Za najvišje dele Dofinejskih Alp so izračunali, da je bilo zniževanje v holocenu verjetno še enkrat večje. Razumljivo je, da so pobočja veliko bolj izpostavljena eroziji kot pa ravnejši deli.

V italijanskih Beneških Predalпах so številke še višje, od 0,68 do 0,73 mm letnega zniževanja, v Apeninih celo od 0,6 do 1,2 mm/letno, v gorah Furlanije 0,3 mm/letno.

Primerjajmo še podatke za zniževanje gorskega in visokogorskega kraškega površja, ki prevladuje na obrobju Alp pa tudi pri nas. Tu imamo v največjem delu opravka s korozijskim procesom, katerega učinke lahko ugotavljamo z merjenjem kemizma voda, z izpostavljanjem apnenčastih tablet in z neposrednim merjenjem zniževanja apnenčastega površja. V nekdanjih ledenih območjih pomagajo tudi kraške mize, ledeniški ali podorni balvani, ki so zaščitili podlago pred korozijo, zaradi česar je nastal kamnit podstavek.

V Vercorsu nad Grenoblom se je apnenčasto površje v 10.000 letih znižalo za 1 do 2,5 m. Nižja vrednost velja za višja, nepogozdena območja. V južnih italijanskih Alpah so namerili 50 cm znižanja, na našem Kaninu pa se je golo skalnato površje v tem obdobju predvidoma znižalo od 30 do 100 cm, kar velja za povprečno (prva vrednost) in za pospešeno zniževanje (druga vrednost, za kraške depresije). Pri nas imamo tudi številne dokaze, da se je golo ledeniško obrušeno skalnato površje lahko na eni strani znižalo za precej manj kot smo navedli, pa tudi za precej več. Kjer so mehkejša kamnine, so vrednosti zniževanja

vanja seveda lahko večje. V podatkih za korozijo niso upoštevane količine, ki odpadejo na kraško podzemlje.

Da Alpe "živijo" svoje posebno življenje, dokazujejo tudi neotektonski procesi. Potresno delovanje je znano predvsem na južnem robu Alp, tam, kjer predvidevajo stik afriške in evropske plošče. Na severnem in predvsem na južnem robu so starejše kamnine narinjene na mlajše. To se je dogajalo celo v najmlajših obdobjih. M. Šifrer je ugotovil tektonsko premaknjene pleistocenske plasti pri Vodicaх zaradi pritiskov s severa. Za Mont Blanc so ugotovili vertikalno dviganje njegovega masiva za 2 mm letno. Podobno predvidevajo tudi dviganje Triglavskega pogorja in Karavank, toda merjenja so še v teku.

Literatura

- Bögel H., K. Schmidt. Kleine Geologie der Ostalpen. Ott Verlag, Thun 1976.
- Chardon M., G.-B. Castiglioni. Geomorphology and natural hazards in the Alps. The Alps, str. 13-14, 25-th International Geographical Congress, Paris - Alpes 1984.
- Dongus H. Grundformen des Reliefs der Alpen. Geographische Rundschau, 36, (1984), H. 8, str. 388-394.
- Frisch W. Entwicklung der Alpen. Geographische Rundschau, 34 (1982), H. 9., str. 418-421.
- Gams I. Kras. Zgodovinski, naravoslovni in geografski opis. Ljubljana, 1974.
- Grimšičar A. Geologija doline Triglavskega jezera. Varstvo narave I, str. 21-31. Ljubljana 1962.
- Kunaver J. On quantity, effects and measuring of the karst denudation in Western Julian Alps-Kanin Mts. Karst processes and relevant landforms, str. 117-126, Ljubljana 1976.
- Šifrer M. Nova dognanja o razvoju reliefa na Gorenjskem. Zbornik 12. zborovanja slovenskih geografov, Kranj-Bled, Ljubljana 1981.
- Winkler A. Geologisches Kräftespiel und Landformung, Wien 1957.