

FLUVIALNI ELEMENTI V KRASU

Anton Melik

V morfofenetskih študijah v krasu smo v toku zadnjih dveh decenijev z novimi raziskovanji krenili na nova pota in postavili nove poglede za tolmačenje marsikaterega od kraških pojavov ter reliefnih oblik.

Eden pglavitnih novih pogledov je spoznanje, kako močno so različni klimatski pogoji v različnih geoloških dobah vplivali različno na oblikovanje kraškega reliefa. Ali, z drugimi besedami, kako se kras pod različnimi klimatskimi razmerami ter pogoji različno razvija, postavimo v isti dobi, torej tudi v sedanjosti. In pod vplivom takšnih spoznanj ter dognanj so jeli sistematično proučevati kraške pojave in oblike v različnih klimatskih predelih sedanjosti. Zlasti so postali pozorni na kras in na oblike zakrasevanja v tropskih pokrajinah. Posvetili so mu pozornost in ga jeli proučevati že v prejšnjih časih (Daneš 14), a s posebnim interesom v naši dobi (Lehmann 7, Tricart 6, Wissmann 12). Našli so, da ustvarja tamkaj korozija prav posebne kraške oblike, ki se v drugačnih klimatskih področjih ne razvijajo. Proučuje se kras v hladnih pokrajinah v zunanjih delih zmernotoplega področja in v arktičnih ter subarktičnih regijah in Corbel je o tem zbral s svojimi sistematičnimi študijami izredno zanimivega gradiva, ki prav tako priča o specifičnosti zakrasevanja v tamkajšnjih podnebnih pogojih. Klasično spoznavanje krasa in kraških pojavov je iz zmernotoplega podnebja, prav posebno iz naših krajev, iz Jugoslavije, od visokogorskih položajev v Alpah in Dinarskem gorovju do v legah ob toplem Mediteranu, in sicer docela ob toplem našem južnem morju ter v pogojih toplega in v poletju sušnega sredozemskega podnebja. Lahko konstatiramo, da se proučuje kras dandanes v vseh podnebnih variacijah od tropov do polarnega sveta in da se prav posebno pozornost posveča kraškimi pojavom in reliefnim oblikam, ki se razodevajo kot klimatsko pogojene značilnosti različnih podnebnih predelov.

O proučevanju klimatsko pogojenega krasa v različnih podnebnih predelih imamo sedaj objavljenih že obilo rezultatov, a ne bomo trdili, da se že dovolj ujemajo v pglavitnih dognanjih. Intenzivnost zakrasevanja v vročih in vlažnih tropskih krajih z bujno vegetacijo je posebno velika po zaključkih tropskih raziskovalcev (Lehmann, Tricart). Toda Corbel prihaja do ugotovitev, da je zakrasevanje v subpolarnih področjih bolj močno in da bolj naglo napreduje, nego v toplejših predelih (Corbel 1; 5).

Drugi aspekt na probleme klimatsko pogojenega zakrasevanja pa se nam nudi, ko pogledamo na stvari z vidika klimatskega spreminjanja po posameznih predelih. Z menjavo klime, postavimo v naših zmernotoplih krajih, se je menjal tudi značaj zakrasevanja, se je menjala intenzivnost kraškega napredovanja in oblikovanje samo. S tem se seveda stvari zelo komplicirajo. Saj vemo, da niti v powürmski dobi podnebje pri nas ni bilo vedno isto ter enako. A v pleistocenski poredenitvi, ko je bilo podnebje v celem bolj hladno in ne manj vlažno, so se ponavljali toplejši interglacialni oddelki, celó dolgi ter zelo topli. In pred pleistocenom, to je bila v glavnem neogena doba, ko se je oblikoval osnovni del našega današnjega reliefa, v miocenu in predvsem v pliocenu. Sledovi rastlinskega in živalskega sveta v fosilijah pripovedujejo o mnogo bolj vročem podnebju, ki se mu često pripisuje kratkoma tropski značaj. A spet tu doznavamo o znatnih klimatskih razlikah med posameznimi mladoterciarnimi obdobji.

S tem imamo že vrsto klimatsko različnih obdobji za čas, v katerem se je oblikovalo površje današnjega kraškega ozemlja v krajih Evrope in s tem Jugoslavije. Kakšno je bilo podnebje v obdobju pliocena ter v miocenu, se moramo ob teh vprašanjih zanimati. A za sedaj opozorimo le, da se smatra, da je bilo v miocenu podnebje še bolj tropsko (Rakovec 24). Vsekakor pa moramo računati, da je sprva povsod, tudi na apniških tleh, vladalo normalno povrhnje vodno odtakanje ter ustvarjalo normalni fluvialni relief. V tem se ujemajo mnogi raziskovalci krasa in prvotno normalno fluvialno fazo krasa predpostavlja vzemimo Herbert Louís v svojem najnovejšem sintetičnem delu *Allgem. Geomorphologie* 1959 (8, str. 150) (*»Deswegen ist zu erwarten, daß sich in den Karstgebieten zu Anfang ein normales Gewässernetz unter Eintiefung von gewöhnlichen Tälern mit durchlaufend gleichsinnigem Gefälle entwickelt«*). Podobno predpostavljajo mnogi drugi.

Sele kasneje, ko je epirogenetsko, orogenetsko ali tektonsko dviganje premaknilo apniško ozemlje v višjo nadmorsko višino, se je začelo uveljavljati zakrasevanje.

V krasu sedanje dobe, ki je predmet našega proučevanja v zmernotoplih predelih, imamo dejansko opravka z oblikami in pojavi v kraškem reliefu in v hidrografiji, ki niso produkt razvoja vse v istem obdobju, temveč so nastale v posameznih zaporednih klimatsko in morfogenetsko medsebojno različnih obdobjih in so spričo tega različne po genezi in starosti. Ni vselej lahko, kaj šele že na prvi pogled možno razlikovanje med preoblikovalnimi učinki ter morfogenetskim in hidrografskimi svojstvi kraških in sploh reliefnih oblik ter pojavov pripadajočih posameznim obdobjem. Nemara je še najbolj izjemno in po izrednosti sredi tipičnega krasa nase opozarjajoče površje, ki je produkt morfogeneze iz pleistocenske dobe.

Učinke specifične morfogeneze pleistocenske dobe smo v Sloveniji ugotovili predvsem v kraških poljih pa do neke mere v slepih dolinah (20). Kraška polja Slovenije so v glavnem v nadmorskih višinah med 400 in 600 m. Podoba je, da je bilo zakrasevanje v njih doživelo v plei-

stocenu oslabitev. Prav gotovo pa je bila v njih akumulacija mnogo močnejša nego dotlej. Zakaj v njih so ostale iz pleistocena obilne nasipine ter naplavine. In sicer bodisi kameniti drobir, slabo zaobljeni prod ter pesek, kar kaže očitno, da je bilo fluvialnega nasipanja več ko dandanes. Posebej je treba naglasiti, da je bilo obilo periglacialnega preperevanja ter soliflukcije v vseh kamninah, tudi v apnencu ter dolomitu. Saj smo mogli ugotoviti, da je drobirja, ki so ga proizvajali periglacialni procesi, posebno mnogo v visokih legah, postavimo, v nadmorskih višinah med 700 in 900 m, na primer na Blokah, na Rakitni in drugod. Ponekod je v dnu kraškega polja, ki je danes docela suho, brez vodotokov, na široko in tudi na debelo prodne nasipine, znamenje, da je bilo v pleistocenu tu obnovljeno rečno delovanje. Ob produ so naplavljeni sloji ilovice ter gline, kar kaže, da so se ponekod v polju razvila jezera. Skratka: kraška polja v Sloveniji so bila v pleistocenu področje znatne, pretežno fluvialne akumulacije, čeprav povečini niso velika.

Tudi kraška polja v drugih predelih Jugoslavije so imela podobno geomorfološko zgodovino v pleistocenu. Ob proučevanju kraških polj Dalmacije ter Bosne in Hercegovine je v Imotskem polju, v Kupreškem in Vukovskem, v Duvanjskem in Livanjskem, da imenujem samo nekatere, profesor Josip Roglič dognal, da je pleistocen tudi v njih pomenil dobo zelo močnega zasipanja pod učinkom povečane akumulacije rek, zelo ojačenega preperevanja in zelo izdatne soliflukcije periglacialnega značaja (20). In za najjužnejši del krasa v Jugoslaviji, za Nikšičko polje v Črni gori so raziskovanja prof. Radojičića in drugih, zlasti Sinanovića, tudi z vrtnji v tehnične namene, dognala, da je apniško dno prekrito z vsakovrstnimi nanosi 10—13 m na debelo. »Alogene odkladnine v dnu polja kažejo s svojo množino in značajem drobirja, da so bile naložene v dobi, ko so imele reke mnogo večjo erozivno moč ko v naših časih. Za to dobo je bilo karakteristično vlažno in hladno podnebje; Gračanica (eden od potočkov z obrobja, danes ponikalnica) je takrat odlagala fluvioglacialni drobir na večji del polja ter povzročila zajezitev drugih manjših vodotokov in nastala so manjša jezera na dnu polja, kjer so se odlagale glinene naplavine. Toda ta jezera niso zavzela vsega Nikšičkega polja, povodnji pa so morale biti še večje ko v naših časih; tako moramo sklepati po dejstvu, da ni mogoče najti na dnu polja ostankov jezerskih fosilij, pač pa zadevamo v glinah na veliko število organskih tvorb«. (Radojičić 18, 86).

Iz druge razprave o Nikšičkom polju, Sinanovićeve (19), se razvidi, da je pleistocenskih naplavin ter nasipin še več ter da se gibljejo v debelini med 10 in 20 metrov (Sinanović, str. 58), na nekih krajih celo do 25 m, in sicer so to konglomerati, peskovite gline, glinoviti peski, gline itd.

Nikšičko polje je še prav posebno zanimivo, ker je vanj dospeval še drobir fluvioglacialnega izvora, saj so ledeniki z visokih črnogorskih gora segali še tik do Nikšičkega polja.

Računati moramo potemtakem, da so bila kraška polja v Jugoslaviji od Slovenije na SZ do Črne gore na JV v spremenjenih klimatskih razmerah pleistocena področje izdatne akumulacije. Toda s tem smo v proučevanju pleistocenske morfogeneze za kraška polja šele na polovici pota. Zakaj pleistocen ni bil klimatsko enotno obdobje, marveč hladen in vlažen le v periodah glaciacije, medtem ko je bil v interglacialih mnogo toplejši. Kako so te klimatske menjave vplivale na intenzivnost zakrasevanja, pa na fluvialne erozivne, transportne in denudacijske sposobnosti, to so še odprta vprašanja, ki jih še proučujemo. Vsekakor pa je osnovno važno dejstvo, da vsa poglacialna doba ni zadostovala, da bi bila odstranila akumulacijski drobir, ki se je nabral v kraških poljih v toku pleistocena, bodisi da izvira samo od zadnje poreditve ali tudi od prejšnjih. Akumulacijskega drobirja je na splošno v večjih poljih več kot v manjših, zlasti mnogo tam, kjer so bili najugodnejši pogoji, da so se obnovile znatnejše reke ali rečice (Dobrepolje, Ribnica, Nikšić itd.). Vsekakor se je s klimatskim segretjem obnovilo intenzivnejše zakrasevanje in je pojenjalo ali docela nehalo fluvialno zasipanje s soliflukcijo. S tem so nehali delovati faktorji, ki bi mogli odstraniti klastični material, ki se je z akumulacijo nabral v dnu kraških polj. Zakrasevanje se je tudi v tem pogledu izkazalo kot faktor konserviranja v morfogenetskem inventarju dotleja nastalega reliefa. S tem bi imeli tudi raztolmačeno, zakaj so se v vseh naših kraških poljih ohranile tako velike množine pleistocenskega akumulacijskega drobirja.

Naj tedaj zaključim: kakorkoli je upravičen pomislek, da pri proučevanju naših kraških polj v pleistocenu nismo upoštevali toplih klimatskih interglacialov in njihovih morfogenetskih učinkov (Tricart 6a), je treba vzeti v vsakem primeru za osnovo — dejstvo, da je v dnu kraških polj, velikih in majhnih, ostala obilna fluvialna ter soliflukcijska akumulacijska odeja, ki je preoblikovalni procesi ter faktorji interglacialov in postglaciala niso mogli odstraniti in ki je kljub interglacialom element reliefa, in sicer v glavnem fluvialni element, pričajoč o klimatsko pogojeni pleistocenski morfogenetski fazi v toku kvartarja.

Upati smemo, da bomo mogli v kratkem močno napredovati, kar se tiče spoznavanja kraške akumulacije v pleistocenu, zakaj nova pripravljala dela za velike graditve, za nove hidrocentrale itd, nas silijo na nove tehnične prijeme, vrtnanja, melioracije itd. V letu 1959 so s posebnim globinskim vrtnjem dognali v Ljubljanskem Barju, podobnem kraškemu polju, nič manj ko 105 m debele nasipine, ki so jih v pleistocenu vode nanesele po velikem delu s kraških terenov, ki se začenjajo tik južno od te kotline. In kar je posebno interesantno: proučevanje cvetnega prahu v teh debelih usedlinah je pokazalo, da izvirajo domala v vsem obsegu iz zgornjega dela pleistocena, v glavnem iz dobe würmske glaciacije.

Se interesantnejši in še bolj instruktivni so rezultati arheoloških razkopavanj v kraških jamah v Slovenskem Primorju, okrog Postojne, Divače, Črna Kala itd. Profesor Brodar, naš specialist za paleolitik,

je našel — in prav tako njegovi učenci — ob paleolitskih artefaktih v vhodnih sektorjih kraških jam metre in metre na debelo raznovrstnih naplavin. Izkazalo se je ob arheoloških kopanjih ter študijah, da so bile te kraške jame na debelo docela zadelane z naplavino v toku würma, pa da so se pokazali znaki, da so bile ponekod naplavine ponovno denudirane pa zopet nanešene (Prim. publicirana poročila za Črni Kal, Betalov spodmol, Parsko golobino itd.).

V naglem napredovanju graditve elektroenergetskih podjetij pripravljamo izkoristitve kraških polj za vodne akumulacije, kar gotovo ni lahka stvar. V ta namen so že izvršena na več krajih raziskovalna vrtanja, bodisi v pleistocenskih naplavinah ter nasipinah in seveda skoznje, kakor tudi v živo apniško skalo in sicer bodisi v živoskalnem dnu polja kakor tudi v njega obrobju (Cerkniško polje, Planinsko polje, Nikšičko polje in dr.). Pri teh vrtanjih so marsikje zadeli na stare kraške votline in preduhe, ki pa so bili zapolnjeni s sigo ali z glino in so s tem postali vododržni. Toda ni lahka stvar, dognati v vsem obsegu, kje so apniška tla prevotlena, a kje so »zdrava«, to je neprevotlena in vododržna, pa nadalje, kje je akumulacijska pleistocenska odeja tako debela in kompaktna ter konsistentna, da more držati vodo v eventualni zbiralni vodni kotanji. Kraška polja bodo tedaj tudi za moderno tehniko zelo interesanten problem, pa zelo odgovoren za iniciatorje ter dragocen v primeru uspešnega preizkusa.

Pri tem se pokaže kot eden temeljno važnih, naravnost usodnih problemov tudi za hidrotehniko — vprašanje spodnje meje prevotlosti in podzemskih vodnih tokov v kraški notranjosti. Postavljeno je mnenje, da se je podzemna vodna cirkulacija razvila neodvisno od morske gladine in njene višine (30, str. 118—121). Ali naj takšno domnevo sprejmemo kot dognano dejstvo za osnovo našega pojmovanja o votlinskem ter hidrografskem razvoju v kraškem podzemlju? To je velika stvar, ta domneva, zakaj ob njej si moramo zastaviti marsikatero novo in ne malo komplicirano vprašanje in se zamisliti ob njem. Če more kraška voda brez ovir odtekat v notranjosti globoko navzdol brez korelacije s krajevnimi in večjimi erozijskimi rečnimi osnovami ter tudi brez ozira na višino morske gladine, kako in zakaj je potem tako, da vidimo v Slovenskih Alpah — da ostanemo docela konkretni — kako izvirajo močni rečni tokovi na vznožju gorskih pobočij, ob dnu ali celo v dnu rečnih dolin, kakor so Sava-Dolinka, Savica, Mostnica, Bistrica v Vratih pod Triglavom, Radovna, Soča, Bistrica v Bohinju, Kroparica in Lipnica pod Jelovico, Kamniška Bistrica, Savinja in še neštete druge rečice ter potoki? Nikjer tod ni zaznavna spodnja meja kraške gmote. In neštete večje vode, reke, rečice s potoki, kako da izvirajo v robu ravnine ter danjih rečnih ravnin, na vznožju gorovja ter hribovja, od Ljubljane, Kamnice, Ižice, Bistre in drugih do Krke za neštetimi močnimi izvirkami na vznožju ob dolinskem dnu, pa do izvira Kolpe s kraškimi izvirkami pritokov Bilpe, Dolskega potoka itd., do izvirkov Brkinske Reke, Bistrice, Vipave, Hublja, Lijaka, Mrzljeka itd.? In če je odprta pot skozi

votlinske prostore in pretoke v globočine brez ozira na višino krajevne erozijske osnove ter celo morske gladine, kako da se ob kraških poljih, v strmih bočjih alpskih dolin pa v dolinskem dnu po deževju pojavljajo nešteti roji vodnih izvirkov, ki jih bruha na dan prevotlena kraška notranjost? Očitno je v teh neštetih primerih, kako močno so hidrogrfski pojavi kraške notranjosti vezani na erozijske osnove v reliefu, pa na morsko gladino. Seveda moramo pri tem vzeti v poštev tudi dejstvo paleogeografije, postavimo domnevo, da se je gladina Jadranskega morja nahajala v pleistocenu okrog 90 m niže ko dandanes.

Seveda si ne moremo predstavljati, da je s tem že rešeno vprašanje, do kod navzdol v kraški notranjosti segajo votline in kako globoko gre pretok vode v podzemlju. Menimo pa, da je pri tem raziskavanju najsoolidnejša pot tista, ki pregleda ter analizira vse naše, sedaj že zelo bogate speleološke in podobne podatke, pa dožene v konkretnih primerih, kako globoko segajo najgloblje jame ter votline v kraški notranjosti ter posebej, do kod so dognani podzemski vodni pretoki v globočino. V najgloblje z normalnimi dolinami razrezanih apniških gmotah v Julijskih Alpah, na Banjščici in podobno so našli najgloblje segajoče kraške jame, ki pa niso segale pod sedanjo ali nekdanjo erozijsko osnovo. Ko izhajamo iz preudarka ali celo iz dognanja, da so orogenetska, tektonska in podobna premikanja ustvarila osnove mnogih votlin v kraški notranjosti, ne moremo zanikati možnosti, da so se na ta način oblikovale ne le počti ter prepoke, marveč tudi votline v globočinah pod nivojem morske gladine. Drugo vprašanje pa je, kako se hidrogrfsko izkoriščajo te globoke votline ter prepoke. Nauk o težnosti kot poglavitnem gibalnu vodnega pretoka v teh največjih votlinah se more do neke mere modificirati z dopolnitvami o vodnem toku pod pritiskom in posebej še z upoštevanjem znanih ter še ne znanih paleogeografskih sprememb. Toda za možnost hidrogrfskega pretoka v globočinah kraške notranjosti brez relacije do nivoja morske gladine manjka še dokumentacija, je skratka potrebna — empirična pot.

Razčistitev na novo postavljene problematike kraškega podzemskega pretoka je postala prav sedaj osnovno važna, ko smo prešli v novo obdobje izkoriščanja konkavnih zakraselih površin za vodne zbiralne kotanje ali dolinske zapore. — Konferenca o konsolidaciji tal v krasu za hidrotehniške potrebe je v dneh od 23. do 25. novembra 1960 v Splitu obilo razpravljala o tej problematiki, in sicer konkretno ob hidrotehniških pripravah, geoloških raziskavah in izvajanju hidrotehniških del samih, in sicer za velike nove vodne elektrarne, predvsem za Peručo na zgornji Cetini, za HE Split na spodnji Cetini ter za sistem elektrarn v območju Nikšičkega polja v Črni gori. Zelo je razveseljivo, da bodo vsi ti referati objavljeni v posebni publikaciji, kar bo omogočilo izčrpno razpravo o tej osnovno važni akciji. Precej vpogleda v vso to problematiko pa pomeni že objavljeno krajše poročilo o izvedenih hidrotehniških delih in ustvaritvi »Akumulacije ter HE Peruča« (prim. št. 31). Tu v našem gospodarskem in hidrotehniškem delu na veliko operativno posegamo v kraško hidrotehniško problematiko, v konkretno

izvedbo izkoristitve kraškega polja ter zakrasele, a še vodno aktivne doline Cetine za namestitev hidroelektrarne. Nemogoče je tu ob kratkem ter tako rekoč dodatno primerno obsežno razpravljati o teh dveh velikih podjetjih. Brez nevarnosti za pretiravanje pa moremo reči, da smo tu v preokretu naše taktike, kako naj dosežemo odločilno zmago v borbi za obvlado prirodnih ovir, ki jih nudi kras našemu gospodarstvu. Naj pa opozorimo, da bi mogla tukaj naša teoretska veda o krasu, o kraškem podzemlju in o kraški hidrografiji prispevati temeljno važna spoznanja, dragocena dognanja ter nasvete hidrotehniki. Mimogrede naj v navodilo našim bližnjim študijam opozorimo, da se naši domači projekti za hidrocentrale v krasu močno vežejo na uspehe ter neuspehe v Dalmaciji ter v Črni gori. Toda uspehov v zgradbi hidrocentrale na Peruči nad Sinjem, ki je zdaj že v obratu, ne moremo in ne smemo primerjati z našimi načrti glede zaježitvenega jezera v Planinskem kraškem polju. Zaježitev Cetine pri Peruči je manj kompleksna in manj težavna, čeprav so se tudi tu že uporabili novi tehnični prijemi v obliki hidrotehniške »zavese« s pomočjo hidrotehniškega injektiranja (31, str. 13 sl.). To, kar so tehniki izvedli na Cetini, da so omogočili novo hidrocentralo pri Peruči, ima drugačne prirodne osnove, kot jih nudi Planinsko polje, in sicer takšne, kakor jih imamo v Sloveniji na primer na zgornji Krki od Soteske navzgor. Zdi se po primerjavi, da je tako teren kot hidrografska situacija in pogoji za tehniko zavese ter injektiranja na dolenski Krki mnogo lažji nego je problem zbiralne vodne kotanje v Planinskem polju. Tega moremo upravičeno primerjati z Nikšičkim poljem, kjer so stvari manj preproste, mnogo težavnejše in bolj problematične. Oba primera, vsa tematika in vsa problematika pa kriči po razčistitvi vsega tega, kar se nam še nejasnega mota okrog vprašanja kraške prevotlenosti, vodnega pretakanja v kraškem podzemlju in zlasti odnošajev kraškega vodnega pretoka do rečnih erozijskih osnov ter relacije do nivoja morske gladine, sedanje in nekdanje.

Naj ob tem pripomnimo, da moramo geomorfološko sedanost smatrati za obdobje obnovljenega zakrasevanja. Na mnogih krajih se množijo znamenja, da voda spet bolj intenzivno uhaja v votlikavo notranjost. Kmetje so opazili, da voda iz struge potoka v rastočem razmerju gine v dno struge, med kamenitim drobirjem v živo skalo ter imajo spričo tega tamkajšnji mlini čedalje manj vode za svoje obratovanje (okolica Grosupljega). Postali smo pozorni na krajevna imena vasi Studenec, Vir in podobno, toda dandanes nikjer v obližju vasi ni nikakega studenca; očitno je, da je v tej kraški pokrajini še bil vodni izvirek, ko so vas ustanovili v srednjem veku ter ji po njem dali ime. In marsikje ljudje pripovedujejo, da je bil ta in ta studenec nekdanj močnejši ko danes. — Zelo pogosti so primeri, da se nad podzemsko votlino udre strop in se napravi na površju konkavna kraška vdolbina (Hrovat 27).

Zmanjšanje intenzivnosti zakrasevanja ne le da ni bilo enakomerno skozi ves pleistocen, marveč tudi regionalno ni bilo splošno, zlasti ne v višjih legah, kjer je bilo najhladnejše in kjer je bilo velik del ali celo

večino leta obilo površja pokritega s snegom. Na takšno tolmačenje nas napeljuje proučevanje sedanjega zakrasevanja v visokem gorovju. Na visokih Alpah Slovenije, ki so domala v vsem visokem obsegu iz apnencev ter dolomitov, vidimo nekatere posebne, višinske oblike kraškega reliefa, ki so med njimi posebno vidni, zelo opazni in dokaj na gosto izoblikovani »kotličiči«, kakor se imenujejo v naši domači govorici. V strokovni literaturi se bolj malo navajajo in karakterizirajo. Kotličiči so vdolbine v golem zakraselem apniškem reliefu, in sicer nepravilnik oblik, a vedno precej ali celo zelo globoke, neobsežne v premeru, najčešče le meter, dva, zelo rogljatih, raztrganih sten in dna, ki se često izgublja v globočino v ozkih podaljških. Najčešče vidimo takšne kotličiče v apniškem vrhovju nekako do gozdne zone navzdol, tedaj do okrog 1700—1800 m. V poletnih tednih se v njih drži sneg zelo, zelo dolgo, najčešče še v avgust, tako da komaj v septembru skopni. Očitno je, da snežnica silno pospešuje zakrasevanje v teh kotličičih in podoba je, da je sneg s snežnico poglavitni faktor, ki je povzročil izobliko kotličičev. Močna morfogenetska učinkovitost kotličičev se popolnoma ujema s Cvijičevim (25) pojmovanjem, ki je snežiščem prisojalo veliko in zelo pomembno vlogo v zakrasevanju. Po svoji zasnovi se kotličiči najbolj držijo vrzeli med apniškimi skladi ali drugih vdolbin, ki so iz kakršnihkoli vzrokov nastale v goli, na sploh razdrapani površini.

Stare kotličiče moremo opazovati posebno pogosto v prostranih gozdnih predelih alpske in dinarske kraške Slovenije v višinskem svetu med 1000 in 1700 m nadmorske višine. To so v gozdnem reliefu prava brezna, ne velikega prereza, a globoka; pašni živini so velika nevarnost, ker jih žival, zlasti ovce, sredi gozdnega rastja ne opazi ter pade vanj in jo pastir dostikrat zaman išče. Očitno je, da so učinek kraškega razjedanja v pleistocenu, ko je bil v obdobjih poledenitve ta visoki svet po večini brez gozdne vegetacije; v takšnih vdolbinah so se držala snežišča skoro celo leto in je snežnica mogla v njih naglo napredovati s svojim kemičnim razjedanjem. V takšnih pleistocenskih kotličičih je marsikje drobir iz preperevanja krepko zadelal prehode v notranjost, tako da v njih ni prepaha ter stagnira zrak. V takšnih položajih se v njih uveljavlja temperaturna inverzija in razvijejo se v njih prave ledene jame.

V visokem apniškem svetu alpskega in dinarskega področja so se spričo močnega kemičnega razjedanja razvile tudi večje, široke konkavne kotanje nepravilnih oblik. Posebno vzbujajo pozornost obsežne in tudi dokaj globoke take konkavne kotanje v globlje vrezanih progah ter podoljih v višinah med 1000 in 1700 m, ki smo v njihovem dnu našli obilne morenske nasipe; očitno je, da so se v njih pomikali močni tokovi pleistocenskega ledu. V nekaterih takšnih kotanjah, ki jih živa govorica imenuje »drage«, so bile prave lokalne čelne kotanje, bodisi v Julijskih Alpah, v Trnovskem gozdu in na planoti Snežnika. Očitno je, da se je izpod ledenika pretakalo obilo vode-snežnice ter pomagalo še nadalje poglobljati te drage. V eni od njih, v Smrekovi dragi na Trnovskem gozdu, je dognana posebno močna temperaturna in vege-

tacijska inverzija, ki je znanstveno opisana že pred več ko petdesetimi leti (Beck).

V visokogorskem in sredogorskem apniškem svetu je bilo tedaj pod učinkom pritekanja vode iz snega in ledu v ledenodobnem in periglacialnem podnebjem kemično kraško razjedanje prav močno, komaj če kaj oslabiljeno. Podobno je jako močno tudi dandanes v alpskem ovršju, pod učinkovanjem zelo dolgo trajajočih snežišč, kar bi se v glavnem ujemalo s Corbelovimi dognanji v severozahodni Evropi (5).

Pripomniti kaže na tem mestu, da je votlikavost visokogorskega terena v visokih apniških Alpah ter dinarskih planotah dosegla izredno velike dimenzije. Docela brezvoden je visokogorski svet, tudi alpska jezera v višinah med 1400 in 1900 m so brez odtoka, a spodaj v vznožju apniških sten mnogo sto metrov niže prihaja kraška voda na dan v močnih izvirkih, tipičnih sources vauclusiennes. Tod so podzemne vode izdelale silno dolge, globoke pretoke, ki so nam do zdaj na žalost znani samo v posameznih sektorjih, na primer v Triglavu, nad Bohinjskim jezerom itd. Podoba je, da je bilo tod kemično razjedanje apniške notranjosti komaj kaj prida oslabiljeno, pri čemer pa moramo seveda jemati v poštev gotovost, da so se ti podzemski vertikalni pretoki oblikovali tudi že v toku mladega terciara.

Da zaključimo o kvartarnem preoblikovanju v krasu: v hidrografske in geomorfološke pojavi ter reliefnih oblikah, ki jih danes vidimo v kraških poljih, moramo gledati nekaj za pravi kras netipičnega, nenormalnega, izrednega, nekaj, kar je očitno svojstveno samo krasu v področju pleistocenskih glacialnih ter periglacialnih pojavov. Preoblikovalni procesi, ki jih danes vidimo v kraških poljih, kotlinah in slepih dolinah na delu, potemtakem niso stadij v normalnem enosmernem kraškem razvoju, temveč so nekako toliko kot odstranjevanje tega, kar je v njih ustvaril pleistocen s svojo preoblikovalno intervencijo, ki je v glavnem najbližja normalnemu fluvialnemu preoblikovanju.

Za naš nadaljnji študij je važna živoskalna apniška osnova, ki je prekrita s pleistocensko naplavino ter nasipino v kraškem polju. Ta živoskalna osnova je predpleistocenske starosti, je končni rezultat morfogeneze ob zaključku pliocenske dobe. Z njo se tedaj tako rekoč vračamo v normalni razvoj ter potek zakrasevanja in hkrati s tem v vso mnogostransko problematiko pliocenskega in sploh mladoterciarnega kraškega preoblikovanja.

Dejansko vemo primeroma zelo malo zanesljivega in točnega o tej živoskalni osnovi, ki je skrita pod nasipinsko in naplavinsko odejo iz pleistocenske dobe. Najčešče prenašamo predstavo od te pleistocenske odeje, ki je kot fluvialna ali celo jezerska akumulacijska tvorba povprečno ravna, na dno in si predstavljamo, da je tudi živoskalno dno — iz ravnine. V resnici pa takšna domneva ni tako sama po sebi umljiva, posebno ne, ko še vedno ne moremo reči, da so vsa teoretska pojmovanja ter tolmačenja, kako so nastala kraška polja, medsebojno v skladu. Ni izključeno, da so ponekod v živoskalnem dnu polja še neizravnana razmerja, da so vegasta, da sestojijo morebiti nekatera iz več plitvih

sosednih slepih dolin ali kako podobno. Na Planinskem in na Cerkniškem polju so vrtnja pred nedavnim časom pokazala, da je živoskalna podlaga kvartarnim usedlinam dejansko več ali manj ravna (M. Pleničar 26). Toda podrugod, postavimo v Dobropolju ali v Ribnici se zdi, da je stvar bolj kompleksna. Vsekakor bodo sedanje in bodoče raziskave dna kraških polj za potrebe pridobivanja hidroenergetske energije mogle v tem pogledu prinesiti mnogo novega, tem bolj, ko točna dognanja v tem smislu morejo pomeniti tudi temeljno važne praktične razčistitve. Ob proučevanju kraških polj Slovenije se nam vedno znova vsiljuje domneva in teoretična predpostavka, da je kraško polje v svoji živoskalni osnovi nastalo podobno kot skromna ravnica ob zaključku slepe doline. Zato najbolj računamo z domnevo, da je živoskalno dno kraškega polja večja ali manjša ravnina, zaključek morfoogenetskega razvoja ob koncu pliocena.

V glavnem prihaja danes v poštev dvoje tolmačenj za nastajanje ravnih površin v krasu: eno so fluvialne ravnine, ki jih je v apniških tleh izdelala reka s svojo bočno erozijo, in drugo so ravnote v apniški živi skali, ki so učinek korozije, kakor njih nastanek v tropskem krasu opisujejo ter tolmačijo raziskovalci reliefa v tropskih pokrajinah. S pomočjo tropske kraške korozije se je do sedaj tolmačil zlasti nastanek večjih ravnin v apniških predelih tudi v naših zmerno toplih krajih, pod predpostavko, da so se razvile v tropskem podnebjju našega pliocena. Tako se tolmači nastanek velikega ravnika (zaravni) med Uno pri Bihaću in Korano v nadmorski višini 350—370 m (Roglič 17), pa velikega ravnika severne Dalmacije v nadmorski višini 220—320 m, kakor tudi manj obsežni ravniki v porečju Cetine, dalje na obeh straneh spodnje Neretve Dubrava-Brotinja v nadmorski višini 270 m, pa ravnik Suma in Lug pod Trebinjem, v zgornjem koncu Popovega polja v nadmorski višini 250—260 m kakor tudi zaravan Liškega polja 550 do 570 m (Roglič 16). V tolmačenju nastanka teh, po večini obsežnih ravnin v apnencu po procesih tropske korozije se naglaša, da teh uravnin ni mogoče razložiti s fluvialno erozijo. Kajti te apniške ravnote se ne vlečejo podolgem ob vodotokih, se ne razširjajo v smeri navzdol, ne prehajajo v smeri navzgor v terase ter se zožijo vanje, kakor sicer opazujemo v normalnih fluvialnih oblikah. Nikjer niso pokrite s kremenovim peskom ter ne kažejo nagnjenosti v smeri dolinskega stržena (Roglič 17, str. 66). To so zelo tehtne navedbe, ki nam odpirajo možnosti, da računamo z različnimi procesi uravnavanja, bodisi v obliki korozije na tropski način, bodisi na normalen način fluvialnega uravnavanja. Zakaj v Slovenskem krasu imamo na mnogih krajih na apnencu ravnote, ki po svojem reliefnem značaju, po razprostranjenosti, po razmerju do vodotokov razodevajo prav tiste značilne poteze, ki se v citiranih opazovanih karakterizirajo kot fluvialne, v poudarjenem nasprotstvu s korozijskimi uravninami.

V Sloveniji smo se največ pečali s proučevanjem ravnin v apnencu, tudi v zakraselem, ravnin, ki so vrezane v apniška tla, a so pretežno primeroma nevelikega obsega. Za mnoge smo mogli povečini brez

težav dognati, da so nastale v pliocenu kot rezultat bočne erozije rek in rečic. Avtorju te razprave še ni bilo mogoče, da bi v tropih proučeval tipe kraškega površja ter tamkaj pridobljene rezultate primerjal z doma opazovanimi ter raziskovanimi kraškimi geomorfološkimi tvorbami. Pač pa se je mnogo pečal s študijem domačega reliefa. Zato je umestno, da tu pokaže na tiste tipe morfogenetskih tvorb v apnencu, tudi zakraselem, o katerih smatra s pomočjo konkretne in stvarne argumentacije, da so jih izoblikovali normalni vodotoki s svojo globinsko ter predvsem bočno erozijo. Mnogi smo prišli do zaključka, da je tudi ravno dno v živoskalni osnovi kraškega polja mogla izdelati s svojo lateralno erozijo reka ali rečica, ki se je iz kakršnegakoli vzroka do tod ohranila v povrhnjem toku in je tekla tod trajno ali vsaj jako dolgo, vijugala po površini ter z bočno erozijo ustvarjala ravnino.

Na take predpostavke nas napeljujejo nekatere okoliščine. Predvsem dejstvo, da so vsaj kraška polja v Sloveniji položena v podolja, to se pravi v serijo dolin in kotlin, ki se vlečejo po dolgem v dinarski smeri, v progi nižjega reliefa. In docela se ujema s situacijo v slovenskih poljih sintetična navedba Herberta Louisa (8) iz leta 1959 (*Allgemeine Geomorphologie*, str. 148), da imajo kraška polja vedno vsaj na eni strani dolini podoben izhod iz konkavne kotline, po navadi ne več ko 50—60 m nad dnom. Te proge nizkega reliefa, ki so v njih položena polja, niso nič drugega, tako smo mogli dognati na Slovenskem krasu, kakor območje sprva povrhnje tekočih rek in sicer Ljubljani (Planinsko, Cerknisko, Ložko polje), Rašice (Radensko, Dobro polje) ter Ribniško in Kočevsko ob prvotni Bistrici-Rinži, pritoku Kolpe. Kraška polja so se razvila v tistih sektorjih, v katerih so se iz kakršnihkoli vzrokov fragmenti rek ohranili na površju. In vsa polja so ohranila podolgovato obliko v smeri prvotnega rečnega toka.

Ker ne želim v tem razmotrivanju v celoti razpravljati o domnevah glede nastanka kraških polj v celoti ter glede živoskalnega njihovega dna še prav posebej, marveč je moj namen postaviti v ospredje naše razprave staro problematiko, kako nastajajo in kako morejo nastati morfogenetske ravnote v kraškem reliefu, se ne morem spuščati v morfogenetsko analizo kraških polj v Jugoslaviji na splošno. Vendar naj iz okolice primerov opozorim na Nikšičko polje, ki leži ob skrajnem jugovzhodnem koncu Jugoslavije, v osredju Črne gore in ki je v zadnjih letih postalo objekt prav posebnih študij ter tehničnih raziskav, z vidika, da se preizkusi, koliko je sposobno za melioracije ter za zbiralne vodne kotanje ob projektiranih hidrocentralah.

Ko razpravlja o genetičnih osnovah Nikšičkega polja, Sinanović ne skriva, da pripisuje razen tektoniki pglavitno morfogenetsko vlogo rečnim tokovom. »A brez ozira na evolucijo, ki je pogojena s starimi rečnimi tokovi, katerih sledovi se danes določno vidijo, in ki so se nekdaj stekali v Gornjem polju (to je v severnem delu Nikšičkega polja), je to polje po mnenju sodelavcev Inštituta »Jovan Cvijić« ohranilo svoje osnovne tektonsko-morfološke karakteristike. Namesto starih

vodotokov, ki so pritekali z okolnih pobočij, so se pojavili manjši tokovi, ki jih hranijo mnogoštevilni izvori in studenci, prihajajoči na dan na robu polja samega.« (Sinanović 19, str. 20).

Od zunanjih raziskovalcev jugoslovanskega krasa naj navedem Kurta Kayserja (10). Ko je raziskoval kras v zahodni Črni gori, je prišel glede kraških polj do naslednjega zaključka: »Wie weit die hier aus einer Anzahl von Fällen abgeleitete Entstehung von Karstpoljen aus dem ‚blinden Tal‘ allgemeinere Bedeutung beanspruchen kann, müßte erst noch die weitere Untersuchung der dinarischen Polje klarstellen. Es ist sehr schade, daß Cvijić (1901, p. 76) den vom blinden Tal zur Entstehung des Karstpoljes führenden Weg ganz kategorisch abgeschnitten hat. Entsprechend der grossen Manigfaltigkeit des Karstformenschatzes möchte ich zwar die von Cvijić (1901) so sehr in den Vordergrund gerückte Poljenentwicklung aus der ‚Karstmulde‘, die bei ihrem Tiefenwachstum unterirdische Wasserbahnen anschneidet und nun einen eingeebneten Boden durch Aufschüttung und Seitenerosion erhält, nicht ohne weiteres ablehnen. Jedoch darf gesagt werden, daß diese Entwicklung auf keinen Fall die beanspruchte allgemeinere Gültigkeit haben kann und wahrscheinlich sogar hinter den beiden andern Möglichkeiten der Poljenbildung, tektonisch aus dem Grabenbruch und erosiv aus dem blinden Tal, zurücksteht.« (10, stran 93); — »... ist ja für die Poljenbildung stets das Hinzutreten besonderer, nicht im reinen Prozeß der Karstdenudation einzureihender Umstände nötig, seien es tektonische Vorgänge, sei es die Vererbung von Formen und Vorgängen aus der Zeit normaler fluviatiler Entwässerung.« (10, str. 94).

Glede povezave kraških polj z nekdanjim normalnim rečnim omrežjem na apniških tleh naj navedem ugotovitve iz ene od najnovejših raziskav iz Taurusa v Mali Aziji, ki ga smemo računati tako rekoč za podaljšek dinarskih zakraselih gorskih predelov, iz razprave Herberta Louisa iz leta 1956 (9, str. 33) »The polje basins are always situated in vales which were once sections of a genuin valley network and which were formed before the fractures in the limestone had become active in the karst hydrography. In many cases, but not always, major guiding lines of this valley mesh are tectonically determined...« A glede nastanka kraških polj je kljub temu, da skuša postaviti svoje tolmačenje, vendarle mnenja, da »The question of the origin of karst poljes still remains open despite certain advances achieved during recent decades« (9, str. 33).

Nastajanje polj v Sloveniji sodi po vseh okoliščinah v obdobje mlajšega pliocena. To je tista doba, ki je imela toplejše podnebje in za katero vidimo zaključke, da so takrat pod učinkovanjem korozije nastajale obsežne ravnine v živoskalnem apnencu (Roglić 15—18; Tricart 6, 6 a itd.).

Pri prizadevanju, da bi proučevane živoskalne ravnine v našem krasu tolmačili s korozijo tropskega značaja, imamo prve težave že

v opredelitvi pliocenskega podnebja. Za našo pokrajino menijo geologi-paleontologi glede podnebja takole: »V spodnjemiocenski dobi je vladalo tropsko podnebje, kakršno je bilo že v starejšem terciaru. Razen tega je bila klima tedaj, kakor tudi še v poznejšem miocenu aridnejša od današnje« (Rakovec 24, 133). »V dobi srednjega miocena se je v srednji Evropi ozračje precej shladilo. Namesto tropskega podnebja je zavladalo subtropsko« (Ib. str. 136). »V pliocenski dobi je postajalo podnebje še hladnejše, dokler se ni ob zaključku dobe tako ohladilo, da so postale temperaturne razmere že skoraj enake današnjim« (24, 138). Ob takšni paleoklimatski karakteristiki je težko delati zaključke glede spora o predomnanci korozije ali fluvialne erozije. Tembolj težko, ker moramo pri tem upoštevati tudi možnosti klimatskega učinka različnih nadmorskih višin in bi morali jemati v poštev tudi variacije paleoklimatskih predpostavk po višinskih pasovih.

Spričo vsega tega se nam zdi najrealnejša pot ta, da konkretno skušamo analizirati dejansko stanje in možnosti tolmačenja ne toliko teoretsko načelno, marveč praktično, konkretno in realno, kolikor se najbolj da aplicirati za zgornjepliocensko obdobje.

Naš kraški svet v Sloveniji nam kaže obilo površinskih oblik, o katerih po intenzivnem raziskovanju ne moremo dvomiti, da jih je izdelala fluvialna erozija. Naj v naslednjem predstavimo pglavlitne od teh morfogenetskih tvorb.

Ena najbolj tipičnih fluvialnih erozijskih oblik v zakraselem apnencu je »dol«: globoko vrezana, a jako ozka dolina, dokaj strmih, a zelo nerazgibanih pobočij. Višinska razlika med dnom takšnega dola ter vrhom pobočij znaša od nekajkrat deset metrov do več sto metrov. Običajno je dno zelo ozko, tako da v njem ni dosti več prostora kakor za rečno strugo. Dole imamo na Slovenskem a) še aktivne ter b) fosilne, brez živega vodnega toka. Med aktivnimi je najvidnejši in največji dol reke zgornje Kolpe, ki teče med Slovenijo in Hrvatsko, skozi docela sklenjene mezozojske apnenice, od Kostela pa do Bele krajine. Da teče ta dol Kolpe skozi docela zakraselo apniško pokrajino, lahko najlepše demonstriram z dejstvom, da dobiva Kolpa tu, v dnu dola, močne tipične kraške izvirke, Bilpo in Dolski potok, pod Starim trgom pa še nekatere manjše. Povirje Kolpe je nad dolom v škrljčevem ozemlju med Čabrom in Kostelom; Kolpo z dolom bi mogli tedaj imenovati alogeno reko. Toda pripomniti moramo, da so takšni »otoki« razgaljenih vododržnih plasti v našem krasu dokaj pogosti in da imamo še marsikje podobne alogene reke, rečice ter doline-dole. V podobnem tesnem dolu teče Soča od kraja Plave pa do Solkana—Gorice, kjer prestopi v fliš Vipavske doline, pa više gori med Tolminom ter Avčami pa tudi Idrijca in njeni pritoki. Podobni doli, že na kanjone spominjajoči, so na spodnjem toku Idrijce in Bače pri Tolminu, pa na spodnji Reki, kjer prestopi v podzemski svet Škocjanskih jam. Sava teče po podobnem dolu-kanjonu v sektorju pod Kranjem, kjer se je zarezala skozi

kvartarne apniške konglomerate. Da so vsi ti in še mnogi manjši doli ter kanjoni fluvialne oblike na zakraselem, naglašam, na zakraselem apnencu, je izven dvoma.

Ali to še ni vse. Nad globokim aktivnim dolom Kolpe so v zmernih in v večjih višinah nekajkrat deset in nekaj sto metrov više, vrezane v zakrasele mezozojske apnenice terase, ki spremljajo rečno dolino na obeh straneh ter se z njo vred vzporedno enakomerno spuščajo navzdol, a se hkrati razširjajo mestoma ob nekdanjih pritokih rečne doline navzdol proti Beli krajini (Prim. Bošnjak 22). Še bolj določno bi se dal spremljati ta fluvialni razvoj, ako ne bi bilo v zgornjih legah tako mnogo znakov in sledov prvotnih proti JV usmerjenih rečnih tokov, ki so se razlikovali od usmerjenosti sedanje vodne mreže in ki kažejo na krepke hidrografske spremembe v toku pliocena. A da so visoko nad dolom sedanje Kolpe dobro vidne, zares prave fluvialne terase, o tem nam pripoveduje geomorfološka situacija v zgornjem delu Pokupja. Tam imamo nad dolino Čabranke, ki je tako rekoč prava izvirnica Kolpe — ta sama izvira, kakor znano, na desni, iz močnega kraškega vrela —, okrog 350 m nad njenim dnem, zelo lepo izoblikovano suho dolino Draga-Loški potok. Odprta je nad globoko vrezano Čabranko-Kolpo, tako da je izven vsakega dvoma, da jo je izdolbel v pliocenu levi Kolpin pritok. Ta značilna, zelo dolga suha dolina, podobna dolu, ima pri Podpreski z leve strani kot pritok prav tako suho dolino Podpreska-Mrtalozi. Malo niže od Drage-Trave, kjer visi ta pritočna suha dolina kakor odsekano nad globoko vrezano Čabranko, je ohranjena med Borovško goro in Goteniškim Snežnikom suha dolina Draga—Ravne 880—740 m visoko, pričajoč, da je sprva Čabranka tekla tod skozi proti JV. — Pri Starem trgu se odpira na dol Kolpe prostorna suha dolina Poljanska, ki jo je izdelal, očitno je to, nekdanji povrhnji pritok Kolpe, prednik sedanjega Dolskega potoka. Več je še manjših pritočnih suhih dolin, kakor je na primer Draga nad Damljem.

Docela določno se zdi, da izhaja iz teh fosilnih geomorfoloških reliefnih oblik, da je imela Kolpa v srednjem pliocenu obsežno normalno povrhnjo hidrografsko mrežo in da so ti vodotoki, pritoki Kolpe, vrezovali z globinsko in bočno erozijo svoje normalne fluvialne doline ter dole, tako kot Kolpa sama.

V kraškem reliefu Slovenije imamo tudi drugod lepe fosilne suhe doline v obliki tipičnih dolov. Že iz dosedanje geološke in geografske literature je izmed njih posebno znan in ponovno proučevan (Kossmat, Winkler) Čepovanski suhi dol med Sočo ter Idrijco. Čepovanski dol je zarezan med docela zakrasele 800—900 m visoke apniške planote, in sicer do 300 m globoko, gotovo eden najizrazitejših suhih dolov na svetu sploh. V njegovem dnu se je po izobliki, ki pripada vsekakor nekako srednji pliocenski dobi, uveljavilo zakrasevanje, ki pa je le malenkostno spremenilo fluvialne tvorbe dna in strmih, nerazčlenjenih pobočij. Fosilne suhe dole iz pliocenske dobe imamo še po drugod, na primer okrog 1300 m visoko v vzhodnih Kamniških Alpah (»Dol«) ob

Veliki Planini (Prim. mnoga krajevna imena Suhi Dol, Suhadole in podobno).

Za našo razpravo posebno zanimiva v Sloveniji je dolina dolenske Krke, ki tudi teče po kanjonskem dolu, dasi primeroma ne globokem, a po sredi docela zakrasele apniške pokrajine, ki ima značilno regionalno ime »Suha krajina«. Dolenjska Krka opozarja nase po tem, da nikakor ni alogena reka, marveč izvira iz tipičnih kraških studencev skoro 30 km južnovzhodno od Ljubljane in teče v dinarski smeri proti JV do Soteske, in sicer v plitvem, vsekakor še mladem dolu, ki je vrezan v 1 do 1,5 km široko živoskalno dno rečne doline, ki je vsekakor izoblikovana v zgornjem pliocenu. Nekoliko je vegasto to dno in nekoliko zakraselo, enakomerno je široko, a reka v vsem tem sektorju ne dobiva povrhnjih pritokov, marveč le posamezne kraške izvirke. Nikjer ob dolini ni vododržnih kamnin, vse je izoblikovano v mezozojskem apnencu ter dolomitu. V strugi Krke, zlasti niže navzdol, so plitvi pragovi iz sige, ki se izločuje iz rečne vode. Podoba je, da tu res ne moremo dvomiti, da je tako rečni dol, kakor v živo skalo vrezano dolinsko dno učinek fluvialne erozije. Kakih sto metrov više imamo izoblikovane na obeh straneh reke v živi apniški skali dokaj obsežne, s preperelino obilno prekrita terase, ki se vzpenjajo ob rečni dolini navzgor. V določenih presledkih vidimo više še terase v docela podobnih položajih (29). Ne more biti dvoma, da je vse to proizvod močne rečne bočne erozije iz pliocenske dobe. V celem tedaj po genezi dolina Krke spominja na dolino Kolpe, samo da je zadnjo izoblikovala alogena reka, a prve nikakor ne.

Podobnega značaja so morfogenetske tvorbe ob rečicah v Beli krajini: ob njih je izoblikovan plitev dol, ki zasluži ime kanjona. In ta podoba se nam še marsikje ponavlja, med drugim tudi ob vodotokih, ki teko čez pleistocenski apniški konglomerat, na primer na Kokri in Savi pri Kranju, na Soči nad Gorico, ob spodnji Neretvi v Hercegovini, ob Cijevni ter Morači pri Titogradu v Črni gori itd.

Posebno so še instruktivne morfogenetske tvorbe v podoljih med kraškimi polji. V kraško polje pri Ložu se v nizki podolžnodinarski progi spuščajo tri vzporedne suhe doline, ki delajo vtis normalnih rečnih dolin, izoblikovanih v pleistocenski dobi pred formiranjem današnje kotline Ložkega polja, saj nehajo nad njim kakor odrezano.

V podolje teh polj se izteka pod Planinskim poljem suha dolina Hotenjska, glede katere je že geolog F. Kossmat ugotovil, da jo je izdelala pliocenska Idrijca, ko je pred piraterijo še odtekala v dolino prvotne predkraške Ljublanice (Kossmat, Die Entwicklung 21). Enako je sila interesantna rečica Cerknjščica, ki teče še danes v Cerknjško polje in je v pleistocenu nanesa vanj zelo obsežen, dasi bolj plitev vršaj. Toda pred koncem pliocena je še tekla mimo vasi Begunje proti Logaški kotlini niže dol v Ljubljaničinem podolju, preden jo je piraterija kratkega pritočka Cerknjškega polja pretočila nase. Še zdaj pa se vidi suha dolina prvotne Cerknjščice od Begunj proti SZ, vrezana v propustne apnenice, na gosto razjedena z nešteti vrtačami. Na tole

suho dolino prvotne Cerknishčice ob Begunjah in Bezuljaku ter pod Dobcem prav posebno opozarjam. Zakaj po vsej pravici jo smemo in moramo šteti za dokumentarno reliefno obliko fluvialne geneze v krasu. Ob Cerknishkem potoku vidimo v ustrezni višini nadaljevanje v terasah na obeh straneh potoka — iste ravnice, ki jo vidimo od Begunj dalje proti SZ v znatni širjavi do okrog enega kilometra. Rečna terasa je v Begunjah na desnem robu 611 m, a na levem pod kopo Brezje (625 m) za spoznanje više. Od Begunj proti SZ se vrstijo v dnu nadmorske višine 605 m pod Bezuljakom, 598 m pod Dobcem in 578 m še dalje proti ZSZ. Očitno je, da imamo tu opravka z danjo ravnico v dnu doline ob Cerknishkem potoku, ki je tekel prvotno od tod proti logaški pokrajini. Kmetje so opazili to izrazito ravnoto, zato so ji dali značilno ime Ravnik. Dokaz nam je, kako more reka ali rečica v apnencu izdelati s svojo bočno erozijo pravo, docela izrazito ravan, v istem apnencu, v katerem so se kasneje na gosto izoblikovale vrtače in druge kraške oblike (28).

In še druge suhe doline so nam ohranjene v podolju ter ob njem; ne dopuščajo dvoma, da jih je izoblikovala normalna bočna erozija povrhnje tekočih rečic, kakor se posebno prepričevalno vidi pri Cerknishčici, kjer so od Begunj navzgor dobro ohranjene rečne terase, med njimi tudi glavna, ki ni nič drugega ko nadaljevanje suhe doline pod Begunjami. In zaradi vsega tega se moramo odločiti za zaključek, da je bila za razvoj reliefa v pliocenu v tem podolju dominantna bočna erozija nekdanjih povrhnje tekočih rek ter rečic.

Podobno so ohranjene suhe in slepe doline v podolju dolenske Rašice, ki so v njem kraška polja v Dobropoljah in pri Račni pa še plitva zaprta kraška kotlina ob Grosupljem. Tod se močno mešajo apniške zakrasele ploskve in vmes tudi vododržne kamnine s povrhnje tekočimi potoki, s ponikalnicami ter slepimi dolinami. In v suhih dolinah vidimo najčešče v zaporednih višinah bočne terase, ki se vzpenjajo vzporedno s strženom doline v zaporedne višine, kar so vse znamenja normalne fluvialne erozije. In na nešteti krajih vidimo, da stare fluvialne terase, bodisi v živih, bodisi v suhih dolinah režejo enakomerno apniški in vododržni relief.

Posebno vzbuja pozornost relief na Krasu. Tam, kjer gine v podzemski Škocjanske jame voda Brkinske Reke, se nadaljuje po sredi zakrasele pokrajine suha dolina iste Reke, ponekod v obliki suhega dola (prim. imena vasi Dol, Danje, Veliki Dol, Mali Dol itd.), podrugod v obliki plane, suhe doline, na primer pri Brestovici). Tudi tu ne more biti dvoma, da imamo opravka s sledovi nekdanjega povrhnjega toka Reke, ki so se vanjo iztekali mnogi pritoki, kakor pričajo stranske suhe doline ob njih, in sicer v zgornjem pliocenu. V tem tolmačenju soglašajo dosedanji raziskovalci (Marussi 23).

Skratka: na kraškem področju v Sloveniji so dominantne suhe plane doline normalnega fluvialnega sistema in doli ter fosilne rečne terase, vse to izoblikovano v toku pliocena. Po popolni prevladi verti-

kalnega kraškega odtakanja v votlikavo apniško notranjost se je kasneje, zlasti v zgornjem pliocenu, na teh fosilnih fluvialnih tvorbah razvilo zelo mnogo drobnih kraških oblik, predvsem obilo pravih normalnih vrtač, ki je z njimi apniško površje kakor prevlečeno. Zelo je treba naglasiti, da so uravnane kraške površine najbolj na gosto posejane z njimi. Tudi udorne vrtače vidimo največ na takih tleh.

Naj opozorimo na zelo interesantno dejstvo, da tudi v razvoju tropskega krasa računajo z učinki ter dediščino predkraškega fluvialnega reliefa. Ko je govor o razporejenosti »cockpitov«, to je, reči moremo, tropskih vrtač, na Jamaiki, Portoricu, na Celebesu, se navaja med faktorji-direktrisami te razporejenosti: »il est sans doute en partie la conséquence d'un réseau hydrographique superficiel a l'origine, assujetti à la karstification (Lehmann, 7, s. 3).

Posebno zanimiv je v krasu kompleksni indirektni tip fluvialnih oblik, ki se vežejo na podzemске tokove rek, kjer so ostale negloboko pod površjem. Tu vidimo, da so nastale nad podzemsko rečno strugo velike udorne vrtače, in sicer tam, kjer se je nad podzemsko rečno votlino udril strop in je udor segel do površja ter je v njem ostala koleševka. Ponekod moremo po koleševkah ugotoviti podzemski rečni tok in v dnu nekaterih so mogli doseči podzemski vodotok. — V Ljubljaničinem podolju imamo primer, med Postojno ter Cerknico, da se je postopoma več ko en kilometer na dolgo udril strop nad podzemsko reko ter je ta v tem sektorju postala normalna nadzemska reka Rak, ki so se tu, tam, čeznjo ohranili ostanki prvotne apniške odeje kot prirodni mostovi.

Tam, kjer take podzemске reke stopajo na dan, so nastale nad izviro m večje ali manjše zatrepne stene. Nad izviro m je korozija jako močna in trajna, vrh tega je nad izvirkom v goli skali tudi mehanično preperevanje zelo izdatno in tako se skalna stena zajeda čedalje bolj v vznožno bočje, da raste tako rekoč zadenski. Marsikje se je ob reki izvirnici na zadenski način izoblikovala zaprta zatrepna dolina z mogočno navpično steno v koncu. To je pravo tipično ozadje ali okvir ob source vauclusienne, kakor jih posebno lepo vidimo ob izviro m Ljubljaniče pri Vrhniki in še na nešteti h krajih, na primer nad izviro m Une v Blagaju v Hercegovini itd. itd. — Nad tistimi kraškimi izviro m, ki so mladega nastanka, še ni mogla, da bi se razvila zatrepna dolina s steno, kar je dober pripomoček za presojanje starosti hidrografskih dejstev.

Na podoben način se razvija v živo apniško skalo ob ponikvi v polkrogu večja ali manjša zajeda, ki prav tako raste v višino, bolj ko je kolebalo vodno stanje ali še koleba višina rečnega toka, ki ponikuje v globino. Marsikje, kjer se držijo ponikve z ustaljenim dotokom, so se razvile znatne kotanje nad ponorom, z golo steno v polkrogu, tudi znatne relativne višine. Tudi pri tem sodeluje razen korozije mehanično razpadanje. Lepe take zatrepne doline so v severni Istri ob brkinskih ponikalnicah.

Korozijo opazujemo dandanes pri nas, in sicer v strugah naših rek in rečic, kjer teko čez apniško živo skalo, kjer je popolnoma brez vegetacije in brez prstene ali prodno-peščene odeje. Lepo jo moremo opazovati v Julijskih Alpah v Bohinju v strugi Mostnice, tam, kjer teče skozi morenske nasipe. Povsod tam, kjer je morena odstranjena in je rečica dosegla živoskalno osnovo bolj ali manj gladkih ploskev, tam se je začela uveljavljati v živi skali erozija v obliki korozije, zlasti na tistih živoskalnih ploskvah, ki so ob rečnem strženu v nekoliko višji legi, tako da jih dosega voda le v višjem stanju ter ob povodnji. Ko rečica upada, se drži voda v malih kotanjah in kraških ponvah še dolgo ter s korozijo razširja in globi konkavne kotanje. Polagoma se začne v največjih ustavljati pesek, kasneje tudi prod, ki ga začne voda vrteti, tako da z njim z docela mehanično erozijo pogloblja in razširja kotlinevdolbine in izoblikuje iz njih prave erozijske lonce, podobne tistim, ki jih voda ustvarja pod slapovi v tolmunih. Sosedni erozijski lonci se pri nadaljnem razširjanju in globljenju strnejo ter končno docela združijo, da nastanejo erozijski kanali in končno prava korita, pri nas tudi Vintgar ali Predoselj imenovana. Iz sodelovanja korozije in mehanične erozije so se na isti Mostnici na treh krajih razvila prava korita. — V podobni situaciji vidimo korozijo v dnu gorskega potoka Koritnice pod Mangartom, in sicer ob ustju Možnice. Vidimo jih tudi v strugi Soče ter ob njej v Julijskih Alpah med Trento ter Bovcem, pa tudi niže doli v območju mesteca Kanal, kjer teče reka v pravem kanjonu. Končni učinek korozije je povsod tod vintgar ali celo kanjon.

Dejstvo, da moremo brez težav zelo mnogo geomorfoloških oblik v našem kraškem reliefu raztolmačiti kot fluvialne tvorbe iz predkraške dobe, pa jih docela neprisiljeno razložiti z normalnimi preoblikovalnimi činitelji globinske ter bočne rečne erozije, to dejstvo je v krasu na Slovenskem tako močno in očitno, da ne moremo mimo tega spoznanja drugače, kakor da ga sprejmemo kot nujno in prepričevalno. Zato nam proučevanje krasa na Slovenskem narekuje ugotovitev, da pomenijo fluvialni reliefni elementi zelo velik in važen sestavni del površja v našem krasu. Pri tem niti nismo posegli na obravnavanje pobočij in gorskih hrbtov, pogorij ter posameznih gora, hribov in gričev, kjer so normalne fluvialne doline, žive, aktivne in suhe posredovale normalno denudacijo, preperevanje in pospeševale morfogenezo tudi na podoben način kakor v normalnem fluvialnem reliefu. Reči moramo, da je v reliefu na Slovenskem krasu zelo mnogo fluvialnih geomorfoloških tvorb, reliefnih oblik ali vsaj njihovih zasnov, ki so marsikje tako rekoč samo kakor prevlečene s kraškimi oblikami, s hidrografskimi in morfogenetskimi učinki zakrasevanja.

Ob sebi se razume po vseh teh ugotovitvah, da računamo s prvo fazo krasa v prvotnem sklenjeno fluvialnem reliefu. Povrhnje tekoče vode, reke, rečice in potoki so oblikovali le fluvialne oblike, dokler ni zakrasevanje seglo v globino in so se začele tvoriti žile podzemskega pretoka ter so nastajale ponikve, podzemske jame ter ostali inventar normalnega, dasi sprva le plitvega krasa.

Ob koncu ne bo napak, če se na tem mestu, ob dani priložnosti izreče in zapiše pobuda v naslednjem smislu. Dandanes, ko se pogosto organizirajo delegacije, da gredo v inozemstvo, pa ekskurzije, da si ogledajo posamezne dežele ali države bodi v prirodnem bodi v ekonomskem pogledu, in še marsikaj podobnega, ne bi bilo napak, ako bi se lotili organiziranja znanstveno-študijske ekskurzije v tropske kraje kraškega značaja. Treba bi bilo poslati tjakaj v dobro izbrana področja naše znanstvene delavce, zlasti mlajše, da bi si iz avtopsije ogledali kraške oblike v tropskem podnebjju, pa da bi te tipe kraškega površja in hidrografskih pojavov primerjali z lastnim znanjem domačega krasa. Sodelavci na teh ekskurzijah naj bi bili iz raznih pokrajin Jugoslavije, ki imajo kras, in naj bi bili dobro opremljeni z natančnim poznavanjem domačih kraških tipov pokrajinskih in specifično zakraselih reliefnih in hidrografskih tvorb. Ko moramo računati z verjetnostjo, da se je marsikakšna kraška oblika našega današnjega površja, reliefa in podzemlja, razvila pod drugačnim, morda skoro tropskim podnebjem mladoterciarnne dobe, ob drugačni tropski vegetaciji, je nujno, da si te oblike površja ogledamo tako rekoč v avtentični izdaji originalnega tropskega krasa. Mi v Jugoslaviji, ki smo v matični deželi spoznavanja in študija krasa, smo skorajda dolžni, da krenemo na to pot direktnega seznanjanja z osredjem današnje kraške znanstvene problematike. Saj bo imelo vse to tudi neprecenljive praktične rezultate za naše poglobljeno spoznavanje krasa, osnove za velik del naše gospodarske dejavnosti.

Zavedati se moramo, da imamo v svojstvih našega krasa, tudi na Slovenskem, marsikakšno še nepojasnjeno, premalo pojasnjeno in ne zadovoljujoče razloženo stvar, vzemimo v Kočevskem, v Ribniškem polju, pa v Dobrepoljah in na žalost še mnogo, mnogokje. Zdaj, ko se je razodelo, da se je marsikaj, kar je del današnjega reliefa našega krasa, razvilo in se izoblikovalo pod učinki drugega podnebjja v davni pleistocenski in terciarni preteklosti, nam to spoznanje narekuje potrebo, da z ogledom ter proučitvijo na kraju samem, kjer v tropih še trajajo takšni preoblikovalni procesi, obogatimo naše znanje v direktnem kontaktu ter prenesemo dragoceno spoznavanje na domače probleme, ki jih pač sami najbolj poznamo. Pojmovanje na klimo navezanih geomorfoloških procesov, torej klimatsko specifičnih preoblikovalnih pojavov, ki dandanes prevladujejo v geomorfološki znanosti, naravnost zahteva takšen postopek in ga nam svetuje kot najbolj smotno zasnovani način raziskovalnega dela.

Dasi se je raziskovanje krasa in tolmačenje kraških pojavov silno ojačilo v toku zadnjih desetletij, se razširilo skoro po vsem svetu in se poglobljalo, vendarle ne moremo reči, da se je približalo h končnim stadijem, kaj šele, da bi se bilo uspešno zaključilo. Obogatilo je znanost s spoznanji, da se je kras razvijal v raznih klimatskih dobah različno in prav tako, da se dandanes razvija v različnih deželah ter kontinentih različno, drugače v tropskih in drugače v polarnih ter subpolarnih področjih in spet različno v zmernotoplilih predelih v nizkih nadmorskih

legah, pa v visokih gorovjih ter v vmesnih položajih. Nadalje so razlike po kakovosti apniških in dolomitnih kamenin, po posebnih svojstvih podnebja, po temperaturah in obilici padavin, po tektonskih specifičnostih in še po čem. Razlikovati je treba klimatsko vezane, dedovane učinke zakrasevanja iz različnih zaporednih obdobj, kjer so se ohranili v isti pokrajini do naših dni. Iščejo se še kriteriji za primerjavo ter klasifikacijo in terminologijo, a predvsem se uporabljajo novi pogledi za tolmačenje ter se mešajo in prepletajo s starimi. Toda vse to je še v toku, še v delu ter bo v toku in delu prav gotovo še lep čas. V takšnem raziskovalnem obdobju se zdi, da je najsigurnejši način dela ta, ki se predvsem zaglobi v dejansko stanje ter ga razišče in tako rekoč po najboljših spoznavnih močeh konstatira, v genetičnih tolmačenjih pa računa s čimbolj širokimi možnostmi primerjave ter primerjalnega tolmačenja in teoretskega razčiščevanja.

LITERATURA

1. Das Karstphänomen in den verschiedenen Klimazonen. Bericht von der Arbeitstagung der Internationalen Karstkommission in Frankfurt a/M Dez. 1953. Zusammengesetzt von H. Lehmann mit Beiträgen von J. Roglić, C. Rathjens, G. Lasserre, H. Harrasowitz, J. Corbel und P. Birot. Erdkunde VIII. Bonn 1954. Str. 112–122.
2. H. Wissmann, Der Karst der humiden heissen und sommerheissen Gebiete Ostasiens. Erdkunde VIII. Bonn 1954. Str. 122–130.
3. H. Lehmann, Der tropische Kegelkarst auf den großen Antillen. Erdkunde VIII. Bonn 1954. Str. 130–139.
4. J. Corbel, Erosion en terrain calcaire (vitesse d'érosion et morphologie). Annales de Géographie LXVIII 1959. Mars-Avril. Str. 97–120.
5. Jean Corbel, Les Karsts du Nordouest de l'Europe. Etude sur le Rôle du Climat dans l'érosion des Calcaires. Institut des Etudes Rhodaniennes de l'Université de Lyon. Mémoires et documents 12. Lyon 1957. Str. 541.
6. Tricart (J), Modelé karstique et modelé périglaciaire dans les Causses. Rev. de Géomorphologie dynamique VI. No. 6. Paris 1955.
- 6a. Tricart (J), poročilo o delu Melik, Kraška polja Slovenije v pleistocenu. V Revue de Géomorphologie Dynamique. Paris 1956. No. 1–2. Str. 23–24.
7. H. Lehmann, La terminologie classique du karst sous l'aspect critique de la morphologie climatique moderne. Revue de géographie de Lyon. Lyon 1960. Str. 1–4.
8. Dr. Herbert Louis, Allgemeine Geomorphologie. Berlin 1960. Str. 354.
9. Herbert Louis, Die Entstehung der Poljen und ihre Stellung in der Karstabtragung auf Grund der Beobachtungen im Taurus. Erdkunde X. Bonn 1956. Str. 33–53.
10. Kurt Kayser, Morphologische Studien in Westmontenegro II. Die Rumpftreppe von Cetinje und der Formenschatz der Karstabtragung. Z. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1934. Str. 26–48, 81–102.
11. Kurt Kayser, Karstrandebene und Poljeboden. Erdkunde IX. Str. 60 do 64. Bonn 1955.
12. Hermann Wissmann, Karsterscheinungen in Hadramaut. Geomorphologische Studien, Ergänzungsheft Nr. 262 zu Petermanns Geogr. Mitt. München 1957.
13. André Blanc, Répertoire bibliographique critique des Etudes de relief karstique en Yougoslavie depuis Jovan Cvijić, Centre national de la Recherche scientifique. Mémoires et Documents VI. Paris 1958. Str. 135–227.

14. J. Daneš, Geomorphologische Studien im Karstgebiet Jamaikas. *Comptes Rendus IX. Congr. Internat. Geogr.* 1914.
15. Josip Roglič, Cepičko polje. *Geografski Glasnik XI-XII. Zagreb 1950. Str. 147-148.*
16. Josip Roglič, Zaravni na vapnencima. *Geografski Glasnik XIX. Zagreb 1958. Str. 103-134.*
17. Josip Roglič, Unsko-Koranska zaravan i Plitvička jezera. *Geomorfološka promatranja. Geografski Glasnik XIII. Zagreb 1952. Str. 50-68.*
18. B. Radojičić, Nikšičko polje. *Geografski Glasnik 1953. Str. 71-84.*
19. Dr. ing. Stevan A. Sinanović, Melioracije Nikšičkog i Grahovskog polja i značaj melioracija kraških polja za unapređenje poljoprivredne proizvodnje dinarske karsne oblasti. *Beograd 1959. Izdavačko preduzeće »Gradjevinška knjiga«.* Strani 232 in ilustracije.
20. Anton Melik, Kraška polja Slovenije v pleistocenu. *Dela SAZU Inštituta za geografijo 3. Ljubljana 1955. Str. 162.*
21. Franz Kossmat, Die morphologische Entwicklung der Gebirge im Isonzo- und oberen Savegebiet. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. Berlin 1916.*
22. Radivoj Bošnjak, Dolina gornje Kupe. *Posebna izd. Geogr. dr. sv. 10. Beograd 1931.*
23. A. Marussi, Il Paleotimavo e l'antica idrografia subaerea del Carso Triestino. *Bollettino d. Soc. Adr. di Science Naturali in Trieste 38. Udine 1940.*
24. Ivan Rakovec, Geološka zgodovina ljubljanskih tal. *Zgodovina Ljubljane, Prva knjiga. Ljubljana 1955.*
25. Jovan Cvijić, O snežaničkoj i ledničkoj eroziji. *Glasnik Geogr. dr. sv. 7 i 8. Beograd 1922.*
26. Mario Pleničar, Prispevek h geologiji Cerkniškega polja. *Geologija (razprave, poročila) I. Ljubljana 1953. Str. 111-119.*
27. Ing. Alojz Hrovat, Kraška ilovica. *Ljubljana 1953.*
28. Anton Melik, Pliocensko porečje Ljublanice. *G. V. IV. Ljubljana 1929.*
29. Anton Melik, Hidrografska in morfološki razvoj na srednjem Dolenjskem. *Geogr. vestnik VII. Ljubljana 1931.*
30. J. Roglič, Das Verhältnis der Flusserosion zum Karstprozess. *Zeitschrift für Geomorphologie Berlin 1960. Heft 2. Str. 116-128.*
31. Akumulacija i heperuca. *Split 1960. Dalmatinske hidroelektrarne. Split. Str. 64.*

Anton Melik

LES ELEMENTS FLUVIATILES DU KARST

Résumé

Au cours de vingt dernières années, l'étude morphogénétique du karst, basée sur de nouvelles recherches, a pris une voie nouvelle et propose des hypothèses nouvelles qui pourraient expliquer bien des phénomènes et des formes du relief karstiques.

Un des principaux points de vue nouveaux est la reconnaissance du fait que les conditions climatiques, différentes selon les diverses périodes géologiques, ont exercé des influences différentes sur la formation du relief karstique.

En Slovénie, les effets de la morphogénèse spécifique du pléistocène ont été constatés surtout dans les poljés. La plupart des poljés slovènes

se trouvent entre 400 et 600 m d'altitude. Tout indique que la karstification y fut affaiblie au pléistocène, tandis que l'accumulation était plus importante que précédemment. Le pléistocène y a laissé en effet des alluvions et des éboulis très abondants en forme de cailloux, de galets peu arrondis et de sable, ce qui prouve que l'alluvionnement fluvial était plus important que de nos jours. On doit souligner le fait que la désagrégation périglaciaire et la solifluxion étaient très importantes dans toutes les roches, donc aussi dans le calcaire et la dolomite. Nous avons en effet constaté que les débris caillouteux, produit des processus périglaciaires, étaient particulièrement abondants à des altitudes assez élevées, entre 700 et 900 m, p. ex à Bloke. Les fonds des poljés qui sont aujourd'hui à sec, présentent parfois de larges et profondes nappes de galets, se qui signifie que l'activité fluviale y a repris au pléistocène. La nappe de galets est bordée par des dépôts d'argile et de glaise, ce qui prouve qu'il y avait dans ces poljés aussi des lacs. Bref: au pléistocène, il y avait dans les poljés slovènes une accumulation importante, dans la plupart des cas fluviale, bien que tous ces poljés soient relativement petits.

Les autres poljés yougoslaves avaient au pléistocène une histoire géomorphologique analogue. En étudiant les poljés de la Dalmatie, de la Bosnie et de l'Herzégovine, notamment ceux de Imotski de Kupres, de Vukovsko, de Duvno et de Livno, le professeur Roglić a constaté que le pléistocène avait été là aussi une période d'alluvionnement très important produit par l'accumulation accrue des rivières, de désagrégation accentuée et de solifluxion très abondante de caractère périglaciaire. Quant à la partie la plus méridionale du karst yougoslave, le poljé de Nikšić au Monténégro, les recherches du prof. Radojičić et de quelques autres, ainsi que des forages qui avaient un but technique, ont montré que le fond calcaire était recouvert par une couche d'alluvions épaisse de 10 à 20 m. »Les dépôts allogènes dans le fond du poljé, par leur quantité et la dimension des particules qui les forment montrent qu'ils ont été déposés à une époque où les rivières avaient une force érosive beaucoup plus grande que de nos jours. Cette époque était caractérisée par un climat humide et froid; la Gračanica (un des ruiseaux de la bordure qui se perd de nos jours sous terre) a alors déposé des alluvions fluvioglaciaires sur la majeure partie du poljé, elle a provoqué l'endiguement des autres cours d'eau moins importants, et des petits lacs, où se sont déposés des sédiments argileux, se sont formés au fond du poljé; mais ce lac n'a toutefois pas occupé la totalité du poljé, bien que les inondations devaient être encore plus importantes que de nos jours.»

On doit donc supposer que les poljés yougoslaves depuis la Slovénie au NO jusqu'au Monténégro au SE du pays étaient dans les conditions climatiques changées du pléistocène la scène d'une accumulation intense. Mais cette constatation nous fait faire seulement la moitié du chemin. En étudiant la morphogenèse des poljés au pléistocène, il faut tenir compte du fait que le climat n'était pas égal pendant

toute cette époque; il était froid et humide pendant les périodes glaciaires, mais beaucoup plus chaud pendant les interglaciaires. Quelle fut l'influence de ces oscillations climatiques sur l'intensité de la karstification et sur les forces fluviales d'érosion et de dénudation — voici une question que nous étudions encore. De toute façon il faut retenir le fait fondamental que tout le postglaciaire n'a pas suffi pour emporter les débris d'accumulation déposés dans les poljés au cours du pléistocène, soit qu'ils datent de la dernière période glaciaire, soit des périodes précédentes. Ces dépôts sont en général plus abondants dans les grands que dans les petits poljés, surtout là où les conditions étaient plus favorables à la réinstallation des cours d'eau (Dobrepolje, Ribnica, Nikšić, etc.). Le réchauffement climatique a sans doute accéléré la karstification et ralenti ou même arrêté l'alluvionnement fluvial et la solifluxion. L'action des facteurs qui auraient pu emporter les débris déposés dans le fond des poljés par l'accumulation a donc disparu. La karstification représentait donc un facteur de conservation dans l'inventaire morphogénétique de relief formé jusqu'à ce temps-là. Ce serait aussi une explication du fait que nos poljés avaient conservé des quantités si grandes de débris d'accumulation pléistocènes.

Nous pouvons espérer de faire bientôt un grand pas en avant en ce qui concerne la connaissance de l'accumulation karstique au pléistocène. Les travaux préliminaires pour la construction de nouveaux barrages etc. exigent des méthodes nouvelles, des forages etc. En 1959, nous avons trouvé, au cours des forages profonds au Marais de Ljubljana qui ressemble aux poljés, une couche d'accumulation de 105 m déposée au pléistocène par les eaux qui venaient en majorité des terrains karstiques situés au sud de ce bassin. Et ce qui est particulièrement intéressant: l'examen des pollens dans ces sédiments a prouvé qu'ils dataient presque tous du pléistocène supérieur, en principal de la période glaciaire de Würm.

Plus intéressants et plus instructifs encore sont les résultats des fouilles archéologiques dans les grottes karstiques du Littoral slovène, dans les environs de Postojna, de Divača, de Črni Kal, etc. Le professeur Brodar, première autorité slovène sur le paléolithique, et ses élèves ont découvert dans les cavernes karstiques, outre les pierres taillées, des couches de sédiments divers profondes de plusieurs mètres. On a établi que ces cavernes furent entièrement obstruées par des dépôts au cours de la période de Würm, mais certains signes montrent que les dépôts ont été dénudés à plusieurs reprises, et puis accumulés de nouveau (cf. les rapports déjà publiés sur les cavernes de Črni Kal, Betalov spodmol, Parska golobina, etc.).

Les grands travaux pour la construction des centrales hydroélectriques ont fait naître l'idée de l'utilisation des poljés comme bassins d'accumulation, ce qui n'est pas une tâche aisée. On a effectué déjà en plusieurs endroits des forages d'exploration, soit dans les dépôts pléistocènes, soit dans la roche calcaire vive dans le fond des poljés et dans leur bordure (poljés de Cerknica, de Planina, de Nikšić, etc.). Lors de

ces forages, on a découvert souvent des cavités karstiques remplis de concrétions calcaires ou d'argile, ce qui les avait rendus imperméables.

Notons ici que le présent géomorphologique doit être considéré comme une période de reprise de la karstification. On trouve en maint endroit des signes que l'eau disparaît de plus en plus vite dans les cavités souterraines. Des paysans ont observé que l'eau des ruisseaux se perdait dans leur lit même, qu'elle disparaissait à travers le gravier dans la roche vive, et que les moulins en manquaient souvent (environs de Grosuplje). Quelques villages de cette région portent des noms comme Studenec; Vir (ce qui signifie source, fontaine), mais de nos jours, il n'y a aucune source dans leurs environs; il est évident qu'elles existaient encore au moyen âge, lorsque ces villages furent fondés. Et les paysans racontent que bien des sources étaient jadis plus abondantes que maintenant. — Il arrive aussi fréquemment que la voûte d'une cavité souterraine s'effondre, laissant à la surface une dépression karstique.

Dans les hautes et moyennes montagnes calcaires, en climat glaciaire et périglaciaire, il y eut une importante corrosion karstique de nature chimique, provoquée par l'eau de la glace et de la neige fondantes; le même fait se produit de nos jours sur les sommets alpins sous l'effet des névés qui s'y maintiennent longtemps.

Dans les poljés, la roche vive calcaire qui date d'avant le pléistocène est recouverte par des alluvions et des éboulis pléistocènes; elle représente le résultat final de la morphogenèse à la fin du pliocène.

De nos jours, on interprète la formation de ces surfaces planes du karst de deux manières: la première vaut pour les plaines fluviales modelées dans un sol calcaire par l'érosion latérale des rivières, et la seconde pour les surfaces planes dans la roche vive calcaire qui sont le résultat de la corrosion; c'est de cette manière que les spécialistes du karst tropical expliquent leur formation dans les pays chauds. Jusqu'ici, on a interprété ainsi aussi la formation des plaines plus étendues dans les régions calcaires de la zone tempérée, en supposant qu'elles s'étaient développées dans le climat tropical du pliocène. En Slovénie, nous avons étudié surtout les surfaces planes dans le calcaire karstifié, qui sont en majorité relativement petites. Souvent, nous avons pu constater sans difficulté qu'elles dataient du pliocène et qu'elles étaient le résultat de l'érosion latérale des rivières. L'auteur de ce rapport n'a pas eu encore l'occasion d'étudier les types du karst tropical et de les comparer avec les résultats des explorations géomorphologiques obtenus dans le karst dinarique, mais il a étudié minutieusement le relief karstique de son pays. Il lui semble donc indiqué de donner ici un rapport sur les résultats de ces travaux et de présenter les types des formations morphogénétiques dans le calcaire, aussi dans le calcaire karstifié, qui sont, selon son opinion basée sur des arguments concrets, le résultat de l'érosion en profondeur et latérale des cours d'eau normaux. Il y a des explorateurs du karst qui sont arrivés à la conclusion que le fond plat des poljés a pu être modelé par l'érosion latérale

d'un cours d'eau qui s'y est maintenu, pour une raison quelconque, seulement en surface assez longtemps pour créer une surface plane.

Il y a certaines circonstances qui parlent en faveur d'une telle hypothèse. Il y a surtout le fait que tous les poljés slovènes sont situés dans une série de vallées et de bassins orientée dans le sens du massif dinarique, dans une zone de relief moins élevé. La situation dans les poljés slovènes est entièrement conforme à la constatation synthétique de Herbert Louis (*Allgemeine Geomorphologie*, 1960, p. 148), à savoir que les poljés possèdent toujours au moins une issue qui ressemble à une vallée et qui se trouve tout au plus à 50—60 m au-dessus de leur fond. Dans le Karst slovène, nous avons pu constater que ces zones de relief bas représentaient en effet le territoire des rivières qui coulaient jadis en surface. C'est le cas de la Ljubljanska (poljés de Planina, de Cerknica, de Lož), de la Rašica (poljés de Račna, de Dobro polje) et de la Bistrica-Rinža primitive, affluent de la Kolpa (poljés de Ribnica et de Kočevje). Les poljés se sont développés dans les secteurs où, pour une raison ou pour une autre, des fragments de rivières s'étaient maintenus à la surface du sol. Et tous les poljés ont conservé une forme allongée dans le sens du cours d'eau primitif.

Le karst slovène présente une multitude de formes de relief qui doivent leur origine indubitablement à l'érosion fluviale, ce qui a été vérifié par des explorations minutieuses. Nous esquisserons ici les plus importantes de ces formations morphogénétiques.

Une des formes les plus typiques dans le calcaire karstifié modelé par l'érosion fluviale est le DOL: c'est une vallée encaissée, très étroite, aux versants peu accidentés. La dénivellation entre le fond et le bord supérieur varie entre quelques dizaines et quelques centaines de mètres. Le fond est d'habitude très étroit, ainsi qu'il est occupé presque en entier par le lit de la rivière. Les dols slovènes sont a) actifs, b) fossiles, sans cours d'eau vivant. Parmi les premiers, le plus important est le dol de la Kolpa supérieure qui sépare la Slovénie de la Croatie, et qui passe, entre Kostel et la Carniole-Blanche, à travers une masse continue de calcaires mésozoïques entièrement karstifiés. La karstification complète de cette région est confirmée par le fait que la Kolpa reçoit là, au fond du dol, des sources karstiques abondantes, la Bilpa et le Dolski potok. Les sources de la Kolpa elle-même se trouvent en amont du dol, dans les terrains schisteux entre Čabar et Kostel; on peut donc considérer la Kolpa avec son dol comme une rivière allogène. Notons toutefois que de telles «îles» de couches imperméables dénudées sont assez fréquentes dans le karst slovène, et que nous pouvons observer en maint endroit de tels dols, rivières et ruisseaux allogènes. Il n'y a aucun doute que tous ces dols et canyons, et d'autres moins importants, sont des formes fluviales modelées dans le calcaire maintenant karstifié.

Mais ce n'est pas tout. Au-dessus du profond dol actif de la Kolpa, il y a à quelques dizaines et à quelques centaines de mètres des terrasses taillées dans les calcaires mésozoïques karstifiés; elles bordent la

vallée sur les deux côtés, s'élèvent parallèlement à la vallée et s'élargissent vers l'aval, vers la Carniole-Blanche. Il s'agit d'authentiques terrasses fluviales, ce qui est confirmé par la situation dans le bassin supérieur de la Kolpa: dans la vallée de la Cabranka, affluent gauche de la Kolpa, on voit à quelque 350 m au-dessus de son fond l'entrée de la vallée sèche Trava-Loški potok qui ressemble à un dol, et cette vallée possède elle-même un affluent gauche ancien, la vallée sèche Podpreska—Mrtalozi; les deux vallées datent du pliocène. Ces formes géomorphologiques fossiles indiquent clairement que la Kolpa a possédé au pliocène moyen un réseau d'affluents important, et que les terrasses dans le calcaire karstifié au-dessus de sa vallée actuelle sont des formations fluviales normales.

Le relief karstique de la Slovénie présente aussi de belles vallées sèches fossiles en forme de dol typique. Le mieux connu est le dol sec de Čepovan entre la Soča et l'Idrijca qui fut l'objet de plusieurs études (Kossmat, Winkler). Le dol de Čepovan est creusé entre de hauts plateaux calcaires (800—900 m), il est profond de 300 m, et il représente sans doute un des plus caractéristiques dols secs du monde. Son fond, qui fut modelé sans doute au pliocène moyen, a subi les effets de la karstification qui cependant n'a modifié que peu les formations fluviales de son fond et de ses versants abruptes et assez unis. La Slovénie possède encore d'autres dols secs fossiles du pliocène, p. ex. dans les Alpes de Kamnik orientales, à une altitude d'environ 1300 m («Dol»).

Une vallée particulièrement intéressante en ce qui concerne notre discussion est celle de la Krka en Basse-Carniole qui coule dans un dol à l'air de canyon, mais qui n'est pas très profond. La région qu'elle traverse est de calcaire et entièrement karstifiée et elle porte le nom significatif de «Suha krajina» (pays sec). La Krka mérite notre attention par le fait qu'elle n'est pas du tout une rivière allogène; elle naît des sources typiquement karstiques à quelque 30 km de Ljubljana, et s'écoule dans le sens dinarique vers le SE jusqu'à Soteska par un dol peu profond, sans doute assez récent, creusé dans le fond de roche vive de la vallée qui est large de 1 à 1,5 km; cette vallée date sans doute du pliocène supérieur. Ce fond est quelque peu ondulé et karstifié; dans tout ce secteur, la rivière ne reçoit aucun affluent en surface, mais seulement quelques sources karstiques. Tout au long de la vallée, il n'y a aucune roche imperméable, on ne voit que des calcaires mésozoïques et des dolomites. Dans le lit de la Krka, surtout vers l'aval du secteur, il y a des seuils bas formés par des concrétions de calcaire. Tout indique que le dol de la rivière ainsi que le fond de la vallée creusé dans la roche vive sont un résultat de l'érosion fluviale. Quelque cent mètres plus haut, on voit sur les deux rives des terrasses assez étendues taillées dans la roche calcaire vive; encore plus haut, on voit par intervalles d'autres terrasses en situations analogues. Il n'y a pas de doute que tout cela est le produit d'une érosion fluviale latérale très intense au temps du pliocène. La vallée de la Krka ressemble donc

par sa genèse à celle de la Kolpa, excepté le fait que la Krka n'est pas allogène.

Particulièrement instructives sont les formations morphogénétiques dans les systèmes de vallées entre les poljés. Au poljé de Lož aboutissent trois vallées sèches parallèles qui donnent l'impression des vallées fluviales normales formées au pliocène avant la formation du bassin actuel du poljé de Lož, puisqu'elles se terminent d'une manière abrupte au-dessus de son niveau.

Dans le système de ces vallées aboutit sous le poljé de Planina la vallée sèche de la Hotedrščica; déjà le géologue F. Kosmat a constaté qu'elle est un produit de l'Idrijca pliocène qui s'écoulait avant la piraterie dans la vallée de la Ljubljanska primitive prékarstique (Kosmat, Die Entwicklung 1916). Une petite rivière très intéressante est aussi la Cerkniščica qui s'écoule encore de nos jours dans le poljé de Cerknica et qui y a déposé au pléistocène un cône de déjections très étendu, bien que peu profond. Mais avant la fin du pliocène elle passait encore près du village de Begunje et s'écoulait vers le bassin de Logatec; plus tard, la piraterie d'un petit affluent du poljé de Cerknica la détournait vers celui-ci. Mais on peut voir toujours la vallée sèche de la Cerkniščica primitive orientée de Begunje vers le NO et creusée dans des calcaires perméables percés de dolines innombrables. Dans cette région, il y a maintes autres vallées sèches qui ne laissent subsister nul doute sur leur origine: elles ont été modelées par l'érosion normale latérale des rivières coulant à la surface du sol, ce qui est évident surtout pour la Cerkniščica où on peut voir en amont de Begunje des terrasses bien conservées, dont la principale n'est rien d'autre que la continuation de la vallée sèche en aval de Begunje. Et tout cela nous impose la conclusion que le facteur dominant de l'évolution du relief dans cette région à l'époque du pliocène fut bien l'érosion latérale des cours d'eau qui coulaient jadis à la surface du sol.

Des vallées aveugles et sèches pareilles sont conservées aussi dans le système de Rašica en Basse-Carniole à qui appartiennent les poljés de Dobropolje et de Račna ainsi que le bassin karstique fermé et peu profond près de Grosuplje. On y trouve une confusion de surfaces calcaires karstifiées, de roches imperméables, de ruisseaux normaux, de cours d'eau karstiques, de vallées aveugles. Dans les vallées sèches, on voit souvent des terrasses latérales qui montent parallèlement avec l'axe de la vallée par intervalles successifs, ce qui est un signe de l'érosion fluviale normale. Et en des endroits innombrables, soit dans les vallées vivantes soit dans celles sèches, on peut observer des terrasses anciennes taillées d'une manière uniforme dans le calcaire et dans les roches imperméables.

Le relief le plus intéressant est naturellement celui du Kras. Là où la Reka disparaît dans les Grottes de Škocjan, la vallée sèche de cette rivière se prolonge à travers une région karstifiée, par endroits en forme de dol sec (cf. les noms des villages Dol, Danje, Veliki Dol, Mali Dol, etc.), et ailleurs en forme de vallée sèche plus large, p. ex. près de

Brestovica. Là non plus on ne peut conserver le moindre doute sur le fait qu'il s'agit de l'ancien lit normal de la Reka avec ses nombreux affluents, ce que prouvent les vallées sèches latérales; ces cours d'eau étaient encore vivants à l'époque du pliocène supérieur.

Bref: ce qui domine dans les régions karstiques de la Slovénie, ce sont les vallées sèches, les dols et les terrasses fossiles d'un système fluvial normal qui ont été formés au cours du pliocène. Au moment où prédomina l'écoulement karstique vertical de l'eau vers le réseau des cavités souterraines, c'est-à-dire surtout à l'époque du pliocène supérieur, ces formations fluviatiles fossilisées devinrent la scène d'une karstification qui créa une multitude de petites formations karstiques, notamment de nombreuses dolines normales qui parsèment toute la surface calcaire. Soulignons surtout le fait qu'elles sont concentrées justement sur les surfaces karstiques nivelées, où on trouve fréquemment aussi des dolines d'affaissement.