

UDC

UDK 911.2:551.44(497.12) Kaninsko pogorje = 863

INTENZIVNOST ZAKRASEVANJA IN NJEGOVI UCINKI V ZAHODNIH JULIJSKIH ALPAH — KANINSKO POGORJE**

Jurij Kunaver*

Na precejšnjo jakost zakrasevanja in na močno zakraselost visokogorskih kraških območij v porečju zgornje Soče so že doslej opozarjala poročila o speleoloških raziskavah (J. Kunaver 1969), o intenzivnosti korozije v naših Alpah (I. Gams, 1966), pisec pa je to vprašanje načel v svoji disertaciji iz leta 1972. Med tujimi avtorji omenimo M. Pulino (1974), ki je objavil nekaj rezultatov merjenj v Triglavskem pogorju in ki lahko služijo za primerjavo. Visoke množine padavin (3000 do 4000 mm) in površinski videz reliefa na Kaninskem pogorju prepričljivo razodevajo, da gre za območje, kjer dosega intenzivnost korozije visoke vrednosti. Ugotovljeno je, da je ta v prvi vrsti funkcija množine padavin in specifičnega odtoka, medtem ko so trdote površinskih in podzemskih kraških voda na splošno zelo nizke (I. Gams, 1966).

Namen tega poročila je osvetliti problematiko v zvezi s posrednim in neposrednim merjenjem in opazovanjem učinkov korozijske intenzitete ali kraške denudacije na visokogorskem kraškem površju na primeru Kaninskega pogorja. Obetamo si, da bodo na ta način predstave o korozijski intenziteti v tem okolju še bolj konkretne v primerjavi s posrednimi izračunanimi rezultati. Pri tem smo proučevali razporeditev snežnih padavin in način odtekanja padavinske vode s površja, način izračunavanja kraške denudacije s pomočjo že znanih formul in metodologijo neposrednega merjenja učinkov kraške denudacije na apnenčevo površje. Nekatere okoliščine so prav na Kaninskem pogorju omogočile, da smo lahko izmerili recentno zniževanje golega skalnega površja in ta proces celo zasledovali. Podobno tematiko vsebuje prispevek avtorja v zborniku mednarodnega simpozija o standardizaciji metod za ugotavljanje kraške denudacije, ki je bil leta 1975 v Ljubljani. Prispevek je bil priobčen v angleškem jeziku. Pričujoča razprava pa vsebuje rezultate najnovejših meritev.

** Razprava je del raziskovalne naloge z naslovom »Geologija, geomorfologija in hidrologija Kaninskega pogorja«. Naloga je bila izdelana v Geološkem zavodu SRS v Ljubljani in jo je financirala Raziskovalna skupnost Slovenije.

* Dr., profesor višje šole, Pedagoška akademija v Ljubljani, Stari trg 34, 61000 Ljubljana, YU.

I. Posredno ugotavljanje korozijske intenzitete

Če izhajamo najprej iz že objavljenih rezultatov o iznosu korozijske intenzitete v različnih delih Julijskih Alp izračunanih na osnovi trdote vode in specifičnega odтока, dobimo podatke, kot jih prikazuje tabela 1. Za primerjavo naj služijo še podatki za podobna območja v Alpah in drugod.

Tabela 1

Avtor	Območje	Padavine v mm/l.	Specif. odtok v l/sek/km ²	Korozij. intenz. v m ³ /km ² /l.*
Corbel, 1965	Julijske Alpe — Triglav	3000	89	128
Gams, 1966	Julijske Alpe — izvir Soče	3000	90 % (odt. kol.)	80,7
1969	Tolminka	—	97	104
	Soča nad Kobaridom	—	70	104
	Julijske Alpe v povprečju	—	—	prek 100
1966	Soča pri Soči	—	70	74,3
Pulina, 1974	Julijske Alpe — najvišji deli	2166	63	51—67
Bögli, 1951	Centralne Alpe, 1500—2000 m	2000	—	12**
Bauer, 1964	Dachstein, 1700—1800 m	1500	—	15—20**
Kotarba, 1972	Zahodne Tatre 1850—2123 m	1532	—	16
Pulina, 1974	Zahodne Tatre, najvišji deli, Cierwone Wierchi	—	37	46,6
Pulina, 1974	Kavkaz, sredogorski kras	do 3000	—	55,8
	Kavkaz, visokogorski kras	—	—	114—139

Izračunane vrednosti za Julijske Alpe se med seboj precej razlikujejo, tako zaradi razlik v metodi izračunavanja, kot tudi zaradi različnih osnovnih podatkov. Zato je bilo za naše potrebe in cilje potrebno dobiti ustrezne podatke o korozijski intenziteti, ki bi veljali predvsem za Kaninsko pogorje. To gorovje spada med najbolj namočene predele Slovenije, saj so s totalizatorjem, nameščenim tik pod Prestreljeniškimi podi na višini okrog 2080 m, namerili povprečno 3418 mm padavin letno (obdobje 1953—1964). Nosanova je objavila še višjo vsoto in sicer 3506 mm (1966, 135, 1931—60). Ne glede na možna odstopanja menimo, da je ta količina zelo blizu realne (Furlan, 1968, str. 81—82), saj tudi izredno obilne snežne padavine, ki so reden pojav vsako zimo, kažejo na maksimalne padavinske vrednosti za naše razmere. Znani so nekateri podatki o maksimalni debelini snežne odeje v okolici postaje D, ki je v prvih spomladanskih mesecih dosegla v povprečju 5 do 6 m, v večjih globelih, kot je na pr. Veliki graben, pa celo do 10 m. To so predvsem vrednosti iz zime

* ali znižanje površja v mm/1000 letih.

** Vrednosti so verjetno prenizke, ker so izračunane iz podatkov za dejansko zniževanje površja, ki znaša v prvem primeru 0,0125 mm/leto, v drugem pa 0,015—0,020 mm/leto.

1974/75, ki je sicer bila padavinsko izredno bogata, za ostale zime pa lahko trdimo, da so ti poprečki največ za 20 do 30 % manjši. 6. aprila 1977 so pri zgornji postaji namerili 7,6 m snega.

Na osnovi odtočnega količnika za kraške izvire Kaninskega pogorja, ki naj bi znašal 90 %, smo dobili specifični odtok 95,1 l/sek/km², ki je izračunan iz okroglo 3000 mm padavin. (Bidovec, 1962, str. 410, 85 % odtočni količnik za Sočo nad Kobaridom.) Merjenja kemizma vode v izviru Glijuna pri Plužnah so dala naslednje vrednosti (J. Kunaver, 1969, str. 72):

Ca0	Mg0	karbonatna trdota	celokupna trdota	temperatura vode (šest meritev)
3,88	1,14	4,3	5,02	5,5° C

Zanimalo nas je, kolikšne so izračunane vrednosti korozijske intenzitete ali kraške denudacije (angloameriški termin) na osnovi zgornjih podatkov in z uporabo nekaterih najbolj znanih formul.

Originalna je formula J. Corbela $I = \frac{E T}{100}$ iz leta 1957, Izračunana vrednost korozijske intenzitete za Kaninsko pogorje je 102,9 m³/km²/leto CaCO₃ ali 102,9 mm/1000 let.

P. W. Williams (1963) je prvi to formulo nekoliko modificiral in pri tem upošteval realnejšo gostoto apnenca (2,7). Formula se glasi $x = \frac{E T}{10 D}$ iz česar sledi rezultat $x = 95,3 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{leto}$. Williams posebej opozarja, da je treba izrecno razlikovati specifično težo od gostote apnenca, vendar je to bolj pomembno v primerih, ko imamo opravka z bolj poroznimi karbonatnimi kamninami. Pri starejših apnencih sta obe konstanti precej podobni in jih zato lahko enačimo.

I. Gams je leta 1967 objavil popravljeno Corbelovo formulo, v katero se namesto dejanskih količin karbonatov, raztopljenih v vodi, vstavijo podatki za trdote vode. Poleg tega zahteva formula uporabo konstant posebej za specifično težo apnenca in posebej za specifično težo dolomita, ki sta po Gamsu odločilni za pravi izračun. Formula se glasi $I = Q_s (6,6 N_{Ca} + 4,7 N_{Mg}) \frac{31,5}{10^{-5}}$. Ta formula ima verjetno napako, ker je do ustreznega rezultata mogoče priti le z deliteljem 10⁻³ in to ob upoštevanju, da je Q_s sekundni odtok v litrih na kvadratni kilometer. Po tem izračunu smo dobili rezultat 92,5 m³/km²/leto.

V podobni formuli, ki jo je Gams objavil leta 1966 smo trdote vod nadomestili z dejanskimi vrednostmi v mg/l (Kuščer, 1974, str. 564.). Glasi se

$$I = Q_s \left(\frac{N_{Ca0}}{2,7} + \frac{N_{Mg0}}{2,9} \right) 31,5 \cdot 10^{-3}$$

$$I = 93,7 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{leto}$$

Pulina (1974, str. 22) je priredil Corbelovo formulo za območja z znanim srednjim letnim pretokom vode (Q) na kraških izviri in z znanim obsegom podzemnega porečja. Vendar je mogoče njegovo formulo uporabljati tudi v poenostavljeni obliki za razmere, kakršne so naše.

$$D_m = 12,6 \frac{\Delta T \cdot Q}{P} \quad \text{ali} \quad = 0,0126 \cdot \Delta T \cdot q$$

$$\Delta T = T - T_a$$

$$D_m = 102,8 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{leto}$$

Pri nas je uporabil Corbelovo formulo v nekoliko drugačni obliki še Habič (1968):

$$A = \frac{4 \text{ qm K } 31,5}{10}$$

Rezultat je praktično isti kot pri Corbelu in pri Pulini.

Pregled znakov:

I = (X, D_m, A) = količina raztopljene karbonatne kamnine v m³ na leto z 1 km² ali ekvivalentno znižanje površja na 1 km² v enem letu v mikronih

E = srednji letni odtok v dcm

T = srednja letna celokupna trdota (CaCO₃ + MgCO₃) v p.p.m. ali mg/l

D = gostota apnenca (dolomita)

Q (s) = srednji letni odtok v porečju v l/km²/leto (po Gamsu)

Pravilno: l/km²/sek

N_{Ca} = kalcijeva trdota v nemških trdotnih stopnjah

N_{Mg} = magnezijeva trdota v nemških trdotnih stopnjah

Q = poprečni letni odtok v m³/sek

$$q = 1000 \frac{Q}{P}$$

P = površina kraškega ozemlja s podzemskim odtokom

T_a = srednja letna celokupna trdota vod, ki izvirajo izven kraškega območja

6,6 in 4,7 = koeficienti v Gamsovi formuli so verjetno izračunani iz vrednosti nemških trdotnih stopenj in specifičnih tež. Koeficient 4,7, je verjetno izračunan na osnovi specifične teže 3,15, kar ni realno. Pravi koeficient bi bil 4,93 pri upoštevanju specifične teže 3 za MgCO₃, oziroma 5,1 pri specifični teži 2,9.

Zgornji računi kažejo, da zelo bistvenih razlik med korozijsko intenziteto izračunano po eni ali drugi varianti v resnici ni. Razlika znese največ 10 m³/km²/leto. Kljub temu se postavlja vprašanje, kateri rezultat je bližji resnici. Brez dvoma je treba pritrditi korigiranim formulam Williamsa in Gamsa. Prav tako se je pokazalo, da bi bila verjetno zelo uporabna tudi korigirana Gamsova formula z upoštevanjem dejanskih količin raztopljenih karbonatov. Toda tudi z uporabo originalne Gamsove formule iz leta 1966 pridemo do istih rezultatov, vendar le s popravljenim koeficientom in pomenom za Q_s.

Odločili smo se za koeficient 5,1, ker je v literaturi pogosteje uporabljena za dolomit specifična teža 2,9. S tako urejeno Gamsovo formulo pridemo do rezultata 94 m³/km²/leto, kar je le za spoznanje drugačen rezultat in je posledica drugačnega načina nastavljanja računa. Iz tega sledi, da so vsi podatki, ki jih je doslej objavil Gams za korozijsko intenziteto v Sloveniji, pri katerih je uporabil koeficient 4,7, za okrog 1 % prenizki (1967, str. 54, tabela 195. Končno se iz tega pokaže, da je razlika med uporabnostjo Gamsove in Williamsove formule minimalna.

II. Diferencirana dinamika preoblikovanja površja

Korozijsko intenziteto ali kraško denudacijo smemo razumeti le kot celokupno količino raztopljenih karbonatnih kamenin na kraškem površju in v kraškem podzemlju. Zato so primerjave z debelino odnešene plasti apnenca sicer plastične, ne pa docela točne. (Beckinsale, 1972, str. 57.)

Račun razmerja med količino raztopljenega apnenca, ki je bila odnešena s površja na eni strani in iz kraškega podzemlja na drugi strani, je še vedno nekoliko težji problem. Posebno to velja za kraško površje, ki je poraščeno oziroma je pokrito s talno odejo. Vendar v novejšem času ugotavljajo, da večji del celokupne kraške denudacije odpade na plast tik pod površjem (Gams 1969, Boegli 1960). Na golem ali slabo poraščinem kraškem površju, kakršno je visokogorsko, je to razmerje nekoliko lažje ugotoviti, vsaj kar zadeva delež, ki odpade na površinske vode. Srednja vrednost kalcijeve trdote s kraškega površja odtekajoče vode je bila na višini 2000 m na Kaninskem pogorju okoli 1,29 N° ali 23 mg/l. Celokupna trdota je tedaj 1,67 N° ali 28,6 mg/l. Magnezijeva trdota je znašala 0,38 N° ali 5,6 mg/l. Podobne čeprav nekoliko višje vrednosti je dobil tudi Gams v Triglavskem pogorju (1963, str. 8). V tabeli 2 so navedeni značilni primeri kemizma kaninskih kraških voda in to s površja in iz različne globine v jamah. Nekatere sistematične serijske meritve so v veliki meri izpolnile naša pričakovanja. Tako je najprej v primeru vzorcev vode iz žlebičev v okolici brunarice na Malem Skednju (od 1 do 5), ki smo jih nabrali v deževnem vremenu v žlebičih na različnem nagibu in pri različnem pretoku. Iz podatkov je vidna dovolj izrazita tendenca naraščanja trdote vode z dolžino površinskega toka. Odstopanja od tega so bržčas posledica drugih spreminjalnih faktorjev, kot na primer neenakega pretoka vode, različnih dimenzij žlebičev, prisotnosti travne ruše ipd.

Značilen je dalje primer vode, ki odteka izpod talnega pokrova, poraščenega z rušjem. Relativno visoka trdota ni presenetljiva, saj je po Gamsu in drugih avtorjih talna odeja poglavitni dobavitelj CO₂ in vzrok za pospešeno korozijo na takšnih krajih.

Za račun razmerja med deležem korozije, ki odpade na površje in onim, ki odpade na kraško podzemlje, so značilni podatki o trdotah voda v različnih globinah pod površjem (od 11 do 14). Iz njih je videti, da se voda, odtekajoča s površja, razmeroma zelo hitro nasiti z apnencem, saj so trdotne vrednosti zelo blizu ali celo enake vrednostim izmerjenim v Glijunu. S tem se vsekakor potrjujejo novejša gledanja na dinamiko poteka korozije, ki se najbolj živahno odvija na površju oziroma tik pod površjem (Boegli 1960, Gams, 1963, str. 8). Neposredna posledica tega je vidna takorekoč na vsakem koraku na površju visokogorskega krasa. Težje je ugotoviti, do katere globine sega tako močna razjedenost oziroma kako hitro se z globino zmanjšuje prostornina škrapljastih razpok. Konkretno je bilo mogoče v miniranem useku poti nedaleč od postaje žičnice C ugotoviti, da so škraplje razjedle podlago okrog 0,75 cm globoko. Pod to globino se pogostost in prostornina korozijskih razjed nenadoma močno zmanjšata in vtis imamo, kot da je v podlagi povsem kompaktna skalna podlaga.

Tabela 2

St.	Kraj zajemanja vzorca vode	na- klon	datum	višina	CaO	MgO	Celot. trdo- ta	Pretok čas na- polnitve 0,5 l stekl.	Opomba
P O V R S J E									
1.	Zlebič dolg 3,5 m, okolica brunarice na Malem Skednju	45°	28. 8. 74.	2100 m	1,44	0,06	1,49	1 ura*	dež
2.	Meandrski žlebič, 5 m, okolica brunarice na Malem Skednju	30°	28. 8. 74.	2065 m	0,90	0,03	0,93	20 min*	dež
3.	Nerazčlenjeno skalnato pobočje, 6 m, okolica brunarice na Malem Skednju	33°	27. 8. 74.	2100 m	2,45	0,25	2,71	45 min*	dež
4.	Meandrski žlebič, 20 m, okolica brunarice na Malem Skednju	15°	28. 8. 74.	2065 m	1,52	0,06	1,58	12 sek*	dež
5.	Zlebiči, 20—30 m, okolica brunarice na Malem Skednju	40°	28. 8. 74.	2080 m	2,61	0,35	2,96	5 min*	dež
6.	Voda izpod melišča in 6 m po žlebiču, Na Prodih ob poti na Kanin	—	30. 8. 74.	2350 m	3,83	0,11	3,95	5 min*	dva dni po dežju
7.	Snežnica v žlebiču, 6 m pod Snežiščem, pod Crnim Voglom	—	6. 7. 67.	2150 m	1,4	—	1,4	—	—
8.	Snežnica v žlebiču, 7 m pod Snežiščem, Prehodavci	20°	29. 7. 70.	2050 m	0,84	0,50	1,34	1 l/sek	—
9.	Stoječa voda v plitvem kotliču, podi pod vrhom Kanina	—	11. 8. 66.	2300 m	—	—	2,86	—	—
10.	Zlebič pod rušjem, Razor	25°	12. 8. 66.	1650 m	—	—	6,3	8 min*	lepo vreme

J A M E I N I Z V I R I

11. Jama S 11 pod brunarico na Malem Skednju, cca 8 m stropa	—	28. 8. 74.	2100 m	4,13	0,39	4,52	1—2 h*	kapljajoča voda
12. Jama S 11 pod brunarico na Malem Skednju, cca 13 m stropa	—	28. 8. 74.	2100 m	3,74	0,23	3,96	—	kapljajoča voda
13. Ledena jama G 2 ob poti koča P. S. — Prestreljenik, cca 20 m globine	—	30. 9. 67.	1850 m	3,9	0,58	4,48	—	kapljajoča voda, suho vreme
14. Brezno S 19 pri C postaji žičnice, cca 50 m globine	—	29. 11. 74.	1660 m	4,75	0,5	5,25	—	curljajoča voda, suho vreme
15. Plastni izvir, vrh. podnožja Konjca	—	13. 8. 67.	2150 m	3,0	1,2	4,2	—	—
16. Studenec ob poti do koč P. Skalarja	—	11. 5. 68.	1450 m	3,78	0,22	4,0	visok	—
17. Studenec ob poti do koč P. Skalarja	—	28. 9. 69.	1450 m	4,45	0,14	4,59	nizek	—

Zakrasedanje se je v našem visokogorskem krasu, podobno kot drugod v Alpah in v primeru krasa na Britanskem otočju, ponovno začelo neposredno po zadnji ledeni dobi, kar je bilo pred 8 do 10.000 leti. Za ugotavljanje korozijske intenzitete so zato ledeniško preoblikovana območja hvaležnejša od ostalih kraških predelov. Zato nas tu še bolj zanima, za koliko se je v tem času znižalo površje. Se poprej pa je treba ugotoviti že omenjeno razmerje med deležem raztopljenega in odnešenega apnenca s površja oziroma iz kraške notranjosti. Primerjava celokupne letne korozijske intenzitete ($94 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{leto}$) in trdot površinskih voda so osnova za hipotezo, da v poprečju odpade na direktno ploskovno zniževanje površja okrog ena tretjina vsega korodiranega apnenca. Večji del preostale količine bi na osnovi danih podatkov odpadel na kamninsko plast neposredno pod površjem in le relativno majhen delež apnenca raztopi voda v podzemskih kanalih. Na slednje opozarjajo težko prehodne ožine v številnih doslej raziskanih visokogorskih brezni na Kaninskem pogorju. Večinoma so zatrpane z gruščem in skalovjem, a jih v jame pronicujoča voda enostavno ne more odstraniti. To je med drugim poglavitna ovira, ki na Kaninskem pogorju preprečuje jamarjem prodor v večje globine. Zelo redka so brezna, ki presegajo 100 m, tem bolj pogosta pa so takšna z globino od 5 do 30 m. Pulina v tej zvezi izrecno trdi, da v najvišjem delu Zahodnih Tater odpade 80 % vse raztopljene kamnine na površje in tik pod površjem. Le 20 % odpade na globlje dele kraškega masiva (1974, str. 56).

Naslednji dokaz za šibko agresivnost visokogorskih podzemskih voda so majhne dimenzije izvirnih jam, kar velja predvsem za sistem Glijuna. Danes priteka voda izvira Glijuna izpod morenskega in meliščnega gradiva in ni verjetno, da so v zaledju večji jamski prostori. Pač pa je njegova predhodnica najbolj verjetno pritekala na dan iz jame Srnica v nivoju, ki je okrog 190 do 220 m višji od današnjega. Tudi rovi v Srnici nimajo posebno velikih prečnih prerezov, v povprečju $2,5 \times 3 \text{ m}$.

V govorici korozijske intenzitete pomeni teoretični delež na površini korodiranega apnenca $94/3$ ali $31,3 \text{ cm}$. Za toliko naj bi se v povprečju znižal uravnani del površja Kaninskega pogorja pod pogojem, da je ves čas vladala podobna klima, kot je današnja. Računamo, da odstopanje od sedanje klime vsaj glede množine padavin ni bilo preveč bistveno in da je izračunana korozijska intenziteta zelo blizu dejanski. Neposreden dokaz za postglacialno korozijsko zniževanje površja so tudi v Kaninskem pogorju kraške mize (Kunaver, 1972, str. 285 in 1973, str. 72). Te v pogorju niso tako pogost pojav, kot na krasu Britanskega otočja ali v pogorju Mären v Moutathalu v Švici ali pa na Dachsteinskem pogorju (Bögl, 1961, Sweeting 1966, str. 197). To je posledica drugačne litološke zgradbe, drugačnega vpada skladov in nekoliko specifične, čeprav ne bistveno šibkejše poledenitve v Kaninskem pogorju. Predvsem je malo ledeniških balvanov, ki so bili odločeni na horizontalno ali vsaj subhorizontalno podlago. Večinoma so lašti nagnjeni za več kot 10° . Ravna podlaga pa je poglavitni pogoj za enakomerno korozijo okolice balvana in za izoblikovanje izrazitega podstavka. Kjer je ta nagnjena, je podstavek večinoma višji na spodnji strani kraške mize.



Sl. 1 — Kraška miza na planoti Goličica, Kaninsko pogorje. Lepo izražen podstavek je visok 12 cm (Foto J. Kunaver)

Skupno smo izmerili devet kraških miz na italijanski strani Kaninskega pogorja na območju Foran del Mus in dvanajst na naši strani. Splošna značilnost velike večine kraških miz na Kaninskem pogorju je slabša izrazitost in relativno majhna višina podstavka v primerjavi z navedenimi območji. Te značilnosti so zaradi precejšnje korozijske intenzitete presenetljive, vendar vseh vzrokov za to še ne poznamo. Med drugim se zdi, da je potrebno računati tudi s tanko morensko oblogo golega skalnega površja, ki jo je morala korozija po poledenitvi najprej odstraniti, predno je dosegla skalnato podlago. To predpostavko potrjujejo manjše zaplate morenskega gradiva, ki niso redkost v območjih s kraškimi mizami. To bi bil lahko eden od poglobitnih razlogov za nizke podstavke. Drug razlog je zelo verjetno litološke narave, kajti podstavki kraških miz v homogenem, enakomerno zrnatem quintnerskem apnencu zgornje malmske starosti na Glattalp in Märenberg v Glarnskih Alpah so mnogo bolj jasno in izrazito izoblikovani.

Kraške mize na italijanski strani imajo v poprečju nižje podstavke, le 11,5 cm so visoki, čeprav so na ravnem. Trije podstavki na zahodnem robu italijanskih podov so bili poprečno visoki 19 cm. Podstavki na južni strani pogorja so visoki med 15 in 30 cm, v poprečju. Vendar to velja tudi za tiste na nagnjenem površju. Počeg tega so se ohranili tudi podstavki iz morenskega gradiva z višino med 50 in 80 cm. Kraške mize so brez dvoma najbolj prepričljiv dokaz za postglacialno korozijsko zniževanje površja, toda poprečna

višina podstavkov na ravnih tleh le izjemno dosega debelino odnešene površinske plasti, ki smo jo dobili računsko. Razlika 10 do 20 cm je lahko posledica negativnega vpliva morenskega pokrova na zniževanje golega skalnega površja, lahko je posledica spremenjene dinamike in procesa zniževanja površja potem, ko so se izoblikovali žlebiči in škraplje, lahko pa je zanjo kriv tudi previsok račun za korozijsko intenziteto v postglacialnem obdobju glede na klimatska kolebanja. Morda pa balvani niso mogli v celoti zaščititi podlage pred korozijo. To so domneve, ki jih bo še treba preveriti.

Nastajanje podstavka smo v Kaninskem pogorju opazili tudi pod podornimi bloki. Podori v preteklosti niso bili redkost, v večini pa gre za starejše postglacialne podore. Razlika v primerjavi s pravimi kraškimi mizami je v tem, da so podorni bloki pokrili površje, ki je delno že bilo korodirano. Toda proces korozijskega preoblikovanja površja pod blokom se je ustavil ali vsaj upočasnil in razločno je vidna razlika med manj in bolj močno razžlebljenim površjem. V primeru podornega bloka na Skripih pod M. Stadorjem je nastal podstavek, ki je visok celo 40 cm. Tolična višina bi bila lahko posledica vplivov bližnje vegetacijske in talne odeje. Pomen kraških miz podornega izvora ima za merjenje korozijske intenzitete le relativen pomen, razen v primerih ko bi bilo mogoče točneje datirati nastanek podora.

V visokogorskem krasu je treba pri obravnavanju učinkov korozije računati predvsem z neenakomernostjo vodnega odtoka s površja zaradi različne debeline snežne odeje. Konkavna območja so zato brez dvoma kraji pospešene korozije zaradi večjih količin odtekajoče snežnice, o čemer pričajo številni konkretni dokazi. Do tega efekta pride celo pri razporeditvi deževnice v poletnem času, ko depresije dobijo do 60 % vseh padavin (Bauer, 1962, 35). V Kaninskem pogorju so najbolj izraziti ekstremi v debelini snežne odeje, saj niso redki kraji, kjer se lahko do spomladi nabere do 10 metrov snega. Do nadpovprečne debeline snega pride tudi v vzhodni strmejših skokov, kamor se sneg plazi v času zgodnje spomladanskih snežnih padavin. Te razlike smo ugotavljali z lavinskimi sondami in ugotovili do 6 m debele nanose snega. V poprečju nastanejo med konkavnimi in konveksnimi deli površja razlike v razmerju debeline snega od 1:2 do najmanj 1:5. Menimo, da nastane zaradi različne debeline snega tudi precej bistvena razlika med celotno količino odtekle vode s površja. To razmerje je od 1800 do 2300 mm za konveksna območja in 3800 do 4300 mm za konkavna območja. Srednje minimalno razmerje je torej 1:1,7, srednje maksimalno pa 1:2,4. Ekstremi so verjetno še večji. Razumljivo je, da temu velikostnemu redu lahko ustreza tudi korozijska intenziteta. Iz tega logično sledi tudi različna dinamika preoblikovanja posameznih delov kraškega površja. O tem pričajo močno razgibano površje, še posebno pa nekatere globoke vrtače v morenskem gradivu, ki so postglacialnega nastanka.

Območja pospešene korozije so med drugim tudi uravnjene police ali terase, ki so pogoste v spodnjem delu Kaninskih podov na prehodu v pobočja med cca 2000 in 1600 m. Kraška razjednost površja in gostota večjih kraških objektov je tam izredno velika, kar kaže tabela 3.

Tabela 3

Višina	Površina v m ²	Kotličiči	Brezna	Razšir. razpoke	Vrtače	Kraški jarek	Kraška miza nekaj
1700 m	6500	20	14	—	6	1	neizrazitih
1800 m	13200	9	6	8	8	1	5
2000 m	60000	38	18	1	2	—	—

Nagnjeni lašči so naslednji primer površin, na katerih je mogoče dokazati in izmeriti iznos postglacialne korozije (Haserodt, 1965). V Kaninskem pogorju so primeri intenzivnejšega znižanja spodnjih delov nagnjenih laštov običajen pojav. Iznos znižanja je premosorazmeren z velikostjo lašta, od koder se je voda odtekala do vznožja in tam v podzemске razpoke. Konkretno smo lahko v enem primeru ugotovili, da je na spodnji strani 8 m dolgega lašta korozija znižala lašt za 15 cm. 10 metrov dolgemu laštu odgovarja 20 cm znižanja in 16 m dolgemu laštu 30 cm znižanje površja. Ekstremen primer je velik lašt sredi Skripov, kjer smo na spodnji strani izmerili 50 do 80 cm znižanja. V tem primeru je zanimivo, da je čelo naslednjega nižjega lašta, pod katerim se konča zgornji, izrazito ledeniško zaobljeno. Čeprav je zaobljena oblika v določenem smislu nasledstvena, kar z drugimi besedami pomeni, da je tudi njeno površje za določen iznos znižano, pa je razlika v dinamiki korozijskega preoblikovanja med zaobljenim čelom kot konveksno obliko in podnožjem kot konkavno obliko več kot drastična. Podnožja laštov so zato med najlepšimi primeri za pospešeno korozijo v visokogorskem krasu, ki podobno kot vrtače in kotličiči lepo ilustrirajo razlike v intenzivnosti postglacialnega preoblikovanja površja. Razlike v intenzivnosti zakrasevanja so lahko precej odločilne tudi za celoten razvoj posameznih delov površja. Zdi se namreč, da je v predelih večje zakraselosti lažje delovala tudi glacialna erozija in morda iz tega izvirajo nekatere uravnane police v pobočjih, ki jih je težko razložiti kot ostanek nekih starih površij.

III. Metode neposrednega merjenja iznosa korozije

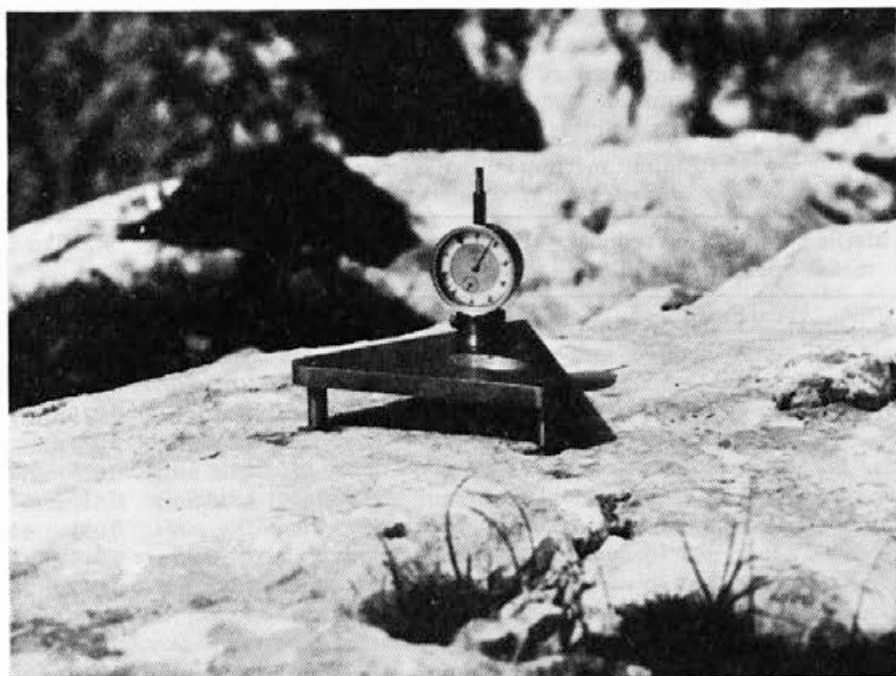
V Kaninskem pogorju smo si pri ugotavljanju iznosa korozije pomagali tudi z nekaterimi drugimi metodami, ki doslej niso bile omenjene v literaturi. Na eni od ledeniških grbin v okolici Kačarjeve glave na Kaninskih podih smo našli v ledeniško zglajeno in le plitvo korodirano skalno površino vklesane podpise pastirjev. To je redek primer v naših Alpah, ki izvira iz obdobja med 1946 in 1951. Pastirji so izbrali vzpetino, ki je na spodnjih robovih še prekrita z morenskimi gradivom, medtem ko je na najvišjem delu že nekaj časa odkrita, toda ne toliko, da bi nastale večje škrapljaste razpoke. Iz priložene fotografije je videti, da je pastir poleg imena zapisal tudi letnico podpisa, svojo starost in celo hišno številko. Pozneje smo ugotovili, da je podpisani Rot Alojz doma iz Zgornje Žage št. 10. Povedal je, da so napise vklesali z dolgimi okovanimi pastirskimi palicami, pri čemer so nastale precej globoke vdolbine. Danes je težko povsem točno ugotoviti, kako globoko so bili prvotno

vklesani napisi, vendar je značilno naslednje stanje. Vkllesani deli se od nastanka do danes niso bistveno spremenili, ker so še ohranjene in vidne ravne ploskve in ostri robovi, ob katerih so se odlomili delci kamnine. Ta odpornost zoper korozijo je posledica majhne specifične površine, kar je mogoče primerjati z odpornostjo kristalnih ploskev. Nasprotno pa je korozijski proces normalno potekal naprej v neposredni okolici napisov, ker je površina tam drobno korodirana. Razlika v občutljivosti za korozijski proces je povzročila tudi razliko v znižanju površja. Pri tem se je žleb napisa relativno dvignil nad okolico in je iz konkavnega dobil konveksen položaj. S tem se je pokazala možnost, da primerjamo višino dna žlebiča z neposredno okolico. Med njima danes praktično ni več razlike, čeprav sodimo, da je bil žleb vklesan najmanj 3 mm globoko. To pomeni v 30 letih znižanje za okrog 0,1 mm na leto, kar je trikrat hitrejše zniževanje od predvidenega, to je 0,03 mm/leto. Če vzamemo, da gre za korozijsko manj ekspanzirano konveksno območje, je intenzivnost zniževanja še bolj pretirana. Vzrok za to neskladje je verjetno v pomanjkljivi tehniki merjenja višinske razlike med obema površinama, vendar to ne zmanjšuje vsaj relativne vrednosti te metode.

Na istem območju smo poskusili tudi z mikrofotografiranjem drobno korodiranega ravnega skalnega površja, katerega mikrostruktura se zagotovo postopoma spreminja. Časovni interval med fotografiranjem je znašal osem let (1967 in 1975). Obe fotografiji zaenkrat še ne dovoljujeta kvantitativnega vrednotenja, ker sta bili posneti iz nekoliko različne perspektive. Toda že po tem relativno kratkem času je mogoče opaziti razlike v razporeditvi lišajev. Z izboljšanjem tehnike in z nekoliko daljšim intervalom je mogoče pričakovati povsem uporabne rezultate.

Naslednja metoda je merjenje razlike med nezaščiteno in zaščiteno površino. Zaščito tvori lahko barva planinskih markacij, kar je markacijska tehnika, ki je že dolgo v rabi. V Kaninskem pogorju in tudi drugod v Julijskih Alpah so marsikje ohranjene zelo stare markacije, ki imajo na robovih jasno izraženo razliko med obema skalnima površinama. V primeru markacije, ki izvira zelo verjetno iz obdobja med obema vojnama, smo lahko ugotovili, da znaša največja razlika med zaščiteno in nezaščiteno površino okrog 3 mm. Problem je le v tem, da je večina markacij na nagnjenem površju in da ni znana točna starost markacije. Vendar bi bilo z natančnejšo analizo in z novimi primerki markacij mogoče tudi ta problem premostiti.

V proučevanje korozijske intenzitete smo uvedli tudi inštrumentalno metodo, katere avtor je F. K. Hanna (1970). Metoda temelji na merjenju iznosa zniževanja golega skalnega površja s pomočjo instrumenta za mikroerozijska (korozijska) merjenja, ki je zasnovan na principu Kelvinove spona (Kelvin Clamp). Merilni instrument, ki ga uporabljamo v ta namen, sestavlja predvsem trikotna plošča iz železne litine. Vanjo je ekscentrično vdela mikrometerska merilna urica z natančnostjo merjenja 0,01 mm tako, da je merilni trn na spodnji strani plošče. Na ogliščih plošče so na spodnji strani pritrjene tri nogice iz nerjavečega jekla. Prva nogica ima ravno gladko površino, druga ima V utor, tretja pa ima okrogel konični utor. V izbrano horizontalno ali subhorizontalno golo skalnato površino smo namestili v izvrtane luknje tri sidra v obliki koničnih vložkov iz nerjavečega jekla. Sidra,



Sl. 2 — Instrument za mikroerozijska (korozijska) merjenja zniževanja površja na točki 2 (Foto J. Kunaver)

ki imajo na zgornji strani z aralditom pritrjene kroglice premera 5 mm, so pritrjena v luknjah tudi z aralditom. Od ene do druge meritve so zaščitena s parafinom. Merilni inštrument je mogoče na tako opremljeni merilni točki postaviti v tri položaje, kar omogoča merjenje zniževanja treh različnih točk, ki pa se znižujejo v istih pogojih. S tem je zagotovljena kontrola podatkov. Princip Kelvinove sponse zagotavlja, da lahko merilni inštrument vedno postavimo v popolnoma isti položaj in da s tem izmerimo relativno višino vedno iste merjene točke. Na opazovanih površinah je možen samo učinek vertikalne ali poševno kapljajoče vode.

Merilne točke smo postavili v bližini brunarice na Malem Skednju in v Velikem grabnu pod Prestreljeniškim podi na višini 2000—2100 m. Točka 1 je bila nameščena na izpostavljenem vetrovnem grebenu, kjer debeline snega zaradi konveksnega površja ne morejo biti velike. Točka 2 je bila postavljena v neposredni bližini totalizatorja na zgornjem robu nagnjenega lašta. Točka 3 je na spodnjem robu istega lašta, okrog 8 m nižje. V obeh primerih je mogoče računati s poprečnimi količinami snega zaradi zaščitene lege okolice, vendar se nad spodnjo točko verjetno nabere več snega. Vse ostale točke so v Velikem grabnu, ozki suhi dolini, ki drži pod Prestreljeniško okno. Tu računamo z maksimalnimi snežnimi padavinami, kot smo že omenili. Točka 4 je 10 m nad dnom doline, točka 5 pa je v dnu doline, v neposredni bližini sne-

žišča. Zato se včasih zgodi, da avgusta, v času meritev, ta točka še ne pogleda izpod snega, temveč mesec ali dva kasneje.

Rezultate dvoletnih meritev kaže tabela 4.

Tabela 4
Rezultati meritev korozijskega znižanja površja

Merilna točka	Merilni položaj	Vrednost 1975	Vrednost 1976	Razlika	Vrednost 1977	Razlika
1	1	3,448 mm	3,405 mm	0,043 mm	3,380 mm	0,025 mm
	2	6,905 mm	6,887 mm	0,018 mm	6,865 mm	0,022 mm
	3	6,117 mm	6,137 mm	?	6,120 mm	0,017 mm
	x			0,030 mm		0,021 mm
2	1	—	4,278 mm	—	4,240 mm	0,038 mm
	2	—	4,451 mm	—	4,425 mm	0,026 mm
	3	—	3,665 mm	—	3,638 mm	0,037 mm
	x					0,030 mm
3	1	—	2,535 mm	—	2,490 mm	0,045 mm
	2	—	3,768 mm	—	3,722 mm	0,046 mm
	3	—			—	—
	x					0,046 mm
4	1	1,947 mm	1,868 mm	0,079 mm	1,795 mm	0,073 mm
	2	3,615 mm	3,559 mm	0,056 mm	3,460 mm	0,101 mm
	3	1,978 mm	1,892 mm	0,086 mm	1,840 mm	0,052 mm
	x			0,073 mm		0,075 mm
5	1	—	1,850 mm	—	1,742 mm	0,108 mm
	2	—	1,570 mm	—	1,470 mm	0,100 mm
	3	—	4,085 mm	—	3,985 mm	0,100 mm
	x					0,102 mm

Interpretacija rezultatov je v bistvu enostavna, kajti izmerjene vrednosti so v celoti izpolnile pričakovanja. Pravilnost podatkov potrjujejo in kontrolirajo tri meritve na isti merilni točki. Ugotovili smo sicer nekatere močnejše odstopke od srednjih vrednosti, ki pa so posledice neravnega površja. Merilno obdobje je sicer kratko, tako da še ni mogoče sklepati o razlikah v korozijski intenziteti v odvisnosti od vsakoletnih vremenskih razmer. Zato pa je tem bolj jasna zveza med naraščanjem intenzivnosti korozije in konkavnostjo površja in to od letne vrednosti znižanja za 0,02 do 0,03 mm na točki 1, kjer predpostavljamo najmanjšo korozijsko intenziteto, do 0,1 mm v dnu Velikega grabna. V prvem primeru to pomeni znižanje za 30 cm v 10.000 letih, v drugem pa za 1 m pod pogojem, da bi bile klimatske razmere ves ta čas enake današnjim. Prvi podatek je skoraj enak povečanemu deležu, ki naj bi od vsega raztopljenega apnenca odpadel na direktno zniževanje površja. Drugi podatek pa je zelo podoben izračunu za iznos korozije v depresijah glede na povečane količine deževnice in snežnice. Razmerje med korozijsko inten-

zivnostjo oziroma med zniževanjem površja na konveksnih in konkavnih delih površja je torej enako ali vsaj podobno razmerju med količino s površja odtekaajoče vode. Za oboje pa velja, da doseže do 1:3. To dejstvo je lahko zelo pomembno za razumevanje dinamike preoblikovanja visokogorskega kraškega površja. Posledica le-te je povečanje razgibanosti tega tipa površja. Razumljivo je, da je vsakokratna poledenitev omilila povečano reliefno razgibanost, ki jo je povzročilo zakrasevanje v medledenih dobah.

IV. Sklepi

Namen razprave je najprej osvetliti problem izračunavanja korozijske intenzitete na primeru zelo namočenega Kaninskega pogorja (letno 3418 mm padavin). To dokazujejo tudi ekstremne debeline snežne odeje. Spomladi se jih nabere poprečno 5 do 6 metrov, izjemoma do 8 metrov, v večjih depresijah pa celo 10 in več metrov. Osnova za račun korozijske intenzitete je specifični odtok na območju Kaninskega pogorja, ki znaša okrog 95 l/sek/km^2 in srednja celokupna trdota kraških izvirov, ki je okrog 5 nemških trdotnih stopenj. Preskus različnih obrazcev za račun korozijske intenzitete je pokazal, da sta najbolj uporabna Williamsov in Gamsov obrazec s tem, da smo upoštevali popravek za specifično težo dolomita. S tako prirejeno Gamsovo formulo dobimo rezultat $94 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{leto}$ raztopljenega in odnešenega apnenca. Prestavljeno v površinsko plast je to 94 mm debela plast apnenca v 1000 letih.

Razumljivo je, da se raztaplja apnenec tudi tik pod površjem in še globlje, predvsem pa v zgornji kraški coni. Zato vso količino odnešenega apnenca ne moremo pripisati samo raztapljanju neposrednega površja. Na osnovi meritev trdote površinskih kraških voda je mogoče sklepati, da na raztapljanje skalnega površja odpade okrog ena tretjina vsega raztopljenega apnenca. V 10.000 letih bi to pomenilo poprečno znižanje površja za 31 cm. Pač pa je pronicujoča kraška voda, katere vzorci so bili nabrani v različnih globinah kraških jam in brezen, izkazovala podobno trdoto kot voda na kraških izvirih v podnožju. S šibkejšo korozijo v večjih globinah povezujemo značilen pojav slabe prehodnosti kraških brezen Kaninskega pogorja v globinah večjih od nekaj deset metrov. Tudi majhne dimenzije izvirnih jam, kljub velikim količinam vode, dokazujejo isto.

Naslednji problem, ki smo se ga lotili, je diferencirana dinamika kraškega preoblikovanja visokogorskega površja zaradi različnih količin snega. V depresijah je iznos korozije verjetno do 2,5 krat večji v primerjavi s konveksnimi, vetru izpostavljenimi predeli. Z meritvami pogostosti nastopanja posameznih kraških oblik so bila ugotovljena nekatera območja, kjer je korozijska intenzivnost večja tudi zaradi plazenja snega in nabiranja pod strmejšimi pobočnimi odseki.

Opisana je uporaba nekaterih že znanih in nekaterih novih metod za neposredno ugotavljanje korozijske intenzitete. V prvi vrsti so to kraške mize, ki prej pri nas niso bile znane. Njihovi podstavki so v naših razmerah običajno visoki med 15 in 20 cm. Iznos postglacialne korozije je mogoče ugotavljati še z znižanjem površine nagnjenih laštov v primerjavi z ohranjenim površjem

ledeniško obrušeni grbin. S primerjavo z barvno zaščitene in nezaščitene skalne površine in celo z vklesanimi podpisi pastirjev je mogoče ugotoviti, kolikšna je intenzivnost recentne korozije. Za kratkodobne meritve tega procesa se je dobro izkazal mikrokorozijski merilni instrument, s katerim je bilo mogoče dokazati, da je intenzivnost raztapljanja apnenca in s tem zniževanje površja v veliki meri odvisna od konkavnosti ali konveksnosti površja. V poprečju znese ta od najmanj 0,02 mm do največ 0,1 mm letno. To pa pomeni za 20 do 100 cm znižanja visokogorskega apnenčastega površja v postglacialni dobi ali v zadnjih 10.000 letih. Tako dobljeni podatki so primerljivi s podstavki kraških miz in z drugimi primeri učinka korozije. Relativno nizki podstavki so verjetno posledica tega, da je korozija v začetku težko načenjala gladko, od ledu zbrušeno skalno površje. Drugi vzrok za to je tanek morenski pokrov, ki je zelo verjetno prvotno prekrival površje v okolici kraških miz.

Bibliografija — Bibliography

- Bauer F., 1962, Klimatologie im Dienste der Karstforschung. Beitr. z. alp. Karstforschung, Nr. 15, Sonderdruck aus 54—57. Jahresber. d. Sonblick-Vereines f.d., Jahre 1956—1959, str. 31—42. Wien.
- 1964, Kalkabtragungsmessungen in den österreichischen Kalkhochalpen. Erdkunde, B. XVIII, H.1/4, str. 92—85. Bonn.
- Beckinsale R. P., 1972, The limestone bugaboo: surface lowering or denudation or amount of solution. Transaction of the Cave Research Group of Great Britain. V.14, N.2., March 1972.
- Bidovec F., 1962, Die empirische Formeln für die Berechnung der Durchflusses im Vergleich mit den Tatsächlichen Wassermengen der Flüsse im Alpengebiet Sloveniens. VI. Internationale Tagung für Alpine Meteorologie, Bled — Jugoslavien. 1960. Beograd.
- Bögli A., 1951, Probleme der Karrenbildung. Geogr. Helvetica, t.6.
- 1960, Kalklösung und Karrenbildung. Z.f. Geomorphologie, Internationale Beiträge z. Karstmorphologie.
- 1961, Karrentische, ein Beitrag zur Karstmorphologie. Zeitschr. f. Geomorphologie, t.5.
- Corbel J., 1957, Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe et de quelques region de comparaison. Rev. Geogr. de Lyon, 12.
- 1965, Karst de Yougoslavie et notes sur les karsts tscheques et polonaise. Rev. Geogr. de l'Est.
- Furlan D., 1968, Zona maksimalnih padavin v Julijskih Alpah in njena utemeljitev. Razprave X. Društvo meteorologov Slovenije. Ljubljana.
- Haserodt K., 1965, Untersuchungen zur Höhen- und Altersgliederung der Karstformen in den Nördlichen Kalkalpen. Münchner Geograph. Hefte, 27.
- Kotarba A., 1972, Powierzchniowa denudacja chemiczna w wapiennodolomitowych Tatrach Zachodnich. Polska akademia nauk, instytut geografii. Prace geograficzne Nr. 96. Wrocław.
- Kunaver J., 1969, Nekaj rezultatov speleoloških raziskav v Kaninskem pogorju 1963—1967. Naše jame, 10, 1968. Ljubljana.
- 1972, Geomorfološki razvoj Kaninskega pogorja s posebnim ozirom na razvoj glaciokrasi. Doktorska disertacija. Filozofska fakulteta Ljubljana.
- Kunaver J., 1973, O razvoju slovenske terminologije za mikroreliefne kraške oblike. Slovenska kraška terminologija. Kraška terminologija jugoslovan-skih narodov, knjiga I. Ljubljana.

- Kunaver J., 1976, On quantity, effects and measuring of the karst denudation in Western Julian Alps — Kanin Mts., karst processes and relevant landforms. Proceedings of the International Symposium on Standardization of Field Research Methods of Karst Denudation. Ljubljana.
- Nosan B., 1966, Rezultati visokogorske padavinske mreže. Letno poročilo 1966. HZ SRS. Ljubljana.
- Pulina M., 1974, Denudacja chemiczna na obszarach krasu węglanowego. Polska akademia nauk, Instytut geografii. Prace geograficzne. Nr. 105. Wrocław.
- Sweeting M. M., 1967, The weathering of limestones, with particular reference to the carboniferous limestones of northern England. Essays in Geomorphology. Edited by T. H. Dury, str. 177—210, London.
- Williams P., 1963, An initial estimate of the speed of limestone solution in country Clare. Irish Geography, Vol. IV, No. 6, str. 432—441. Dublin.

THE INTENSITY OF KARST DENUDATION IN THE WESTERN JULIAN ALPS AND THE MEASURING OF IT

Jurij Kunaver

(Summary)

The purpose of the study is first to elucidate the problem of calculating the corrosion intensity. This problem has been pursued on the example of the Kanin Mountains, which have a very high amount of annual precipitation: 3418 mm. Also the snow cover is here extremely thick; by spring its average thickness reaches 5 to 6 m, sometimes up to 8 m, but in bigger depressions 10 m or even more. The calculation of the corrosion intensity is based on the run-off, which is in the area under discussion ca 95.1/sec/km² and on the total mean hardness of the karst springs, which is here ca. 5 GD. Among the different formulae for obtaining the corrosion intensity it is the Gams and the Williams formulae that proved to be most adequate — of course with the correction for the specific weight of the dolomite. By using the Gams formula adapted in this way we obtained the result 94 m³/km²/year of dissolved limestone carried off, which means a surface lowering of 94.0 mm/1000 years.

Clearly the limestone dissolves also immediately below the surface and also deeper, above all in the upper karst zone. Therefore the entire amount of the limestone carried off does not result from the dissolving of the surface alone. On the basis of the measurement of the water-hardness of the karst surface streams it is possible to conclude that approximately one third of the entire amount of the dissolved limestone comes from the dissolving process on the rocky surface. This would mean an average lowering of 31 cm over a period of 10,000 years. But the percolating karst water, of which the samples were taken at different depths in karst and pits, showed a degree of hardness very close to that obtained for the water from the karst springs at the foot of the Kanin Mts. The weaker corrosion in greater depths is to be related to the characteristically poor passability of the karst pits in the Kanin Mts. in depths bigger than twenty or thirty meters. Also the small dimensions of the caves from which the water springs — in spite of the large amounts of water — point to the same characteristic.

The second problem which we pursued concerned the differentiated dynamics of the karst transformation of the mountainous surface due to the various amounts of snow. In depressions the amount of corrosion is probably up to two and a half times bigger than in the convex areas, exposed to winds. By measuring the frequency of the instances of individual karst forms we

have located some areas where the corrosion intensity is higher also due the snow drifts and masses of snow accumulated under steeper slopes.

Further on, we present a description of the application of some generally known and some new methods of determining the corrosion intensity. In the first place, there are the perched blocks, formely not known in this country. In our situation generally the height of their pedestal is from 15 to 20 cm. The amount of the postglacial corrosion can be additionally determined by the lowerings of the karst pavements as compared with the surface preserved on the ice-polished strata cliffs. By comparing with the colour protected and that of the unprotected rocky surface it is possible to find out the intensity of the process of recent corrosion. The microcorrosion meter makes it possible to prove that the intensity of the dissolving of the limestone and thus the lowering of the surface to a large extent depend on whether the areas are concave or convex. On the average, it amounts from at least 0,02 mm to 0.1 mm at most per year. Which means a lowering of 20 to 100 cm of the mountainous limestone surface in the postglacial period or during the last 10,000 years. The data obtained in this way are comparable with the pedestals of the perched blocks and other examples of the corrosion effect. The relatively low pedestals are probably a consequence of the fact that at the beginning the corrosion did not easily start on the rocky surface polished smooth by ice. Additionally, for some time the surface was also protected by a light moraine covering, which was very likely spread over the surface around the karst.