

UDK 551.435.8(497.5)

VRSTE GRIŽINA I NJIHOV NASTANAK NA PODRUČJU VELEBITA

DRAŽEN PERICA, TIHOMIR MARJANAC, IRENA MRAK

Izvadak

Karbonatne stijene koje prevladavaju u sastavu gorskog hrpta masiva Velebita pogodovale su nastanku brojnih krških oblika. Na površini se svojom raznolikošću izdvajaju razni tipovi malih "izjedlina" - grižina. Njihovo oblikovanje i učestalost pojave posljedica su međuovisnosti geoloških, klimatskih, pedoloških, vegetacijskih i geomorfoloških značajki, ali i antropogenih utjecaja. Među njima se izdvajaju brojni mikro oblici kao što su žljebići, škrape, kamenice, biokorozijska udubljenja, škrapski bunari, krški stolovi, zdjelicaste grižine, te grižine poznate pod lokalnim nazivom "sige". Također, kod pojedinih tipova grižina uočavaju se razlike kao posljedica načina na koji su oblikovane: direktno pod utjecajem atmosferske vode, subkutanom korozijom ili vodom koja je u tlu dodatno obogaćena s CO₂ biogenog porijekla.

Ključne riječi

grižine, žljebovi, škrape, kamenice, škrapski bunari, korozija

TYPES OF GRIKES AND THEIR GENESIS ON THE VELEBIT MOUNTAIN

Abstract

Numerous karst forms were generated on carbonate rocks which prevail on the Velebit Mt. Ridge. Here occur numerous varieties of karren ("grižine" in Croatian), whose genesis and number is conditioned by interaction of geological, climatic, pedological, floristical and geomorphological characteristics, as well as by antropogenic influence. This term encompasses various types of small-scale corrosional forms such as various types of karren, grikes, solution pans – kamenitzas ("kamenice" in Croatian), root karren, karren wells, karst tables, pot-like karren,

and the karren locally referred to as "sige" ("tufa"). Several types of karren display differences as a consequence of their genesis; directly under the atmospheric water, subcutal corrosion or the water which was secondary enriched by soil-derived biogenic CO₂.

Key words:

karren, grikes, solution pans - kamenitza, karren well, corrosion

1. Uvod

Ovaj rad ima za cilj opisati tipove grižina i njihovo oblikovanje na području Velebita. Pod grižinama u ovom radu podrazumjevaju se svi mikro egzokrški oblici kao što su žljebići, škrape, kamenice, biokorozijnska udubljenja, i škrapski bunari. Istraživanje je provedeno na skoro cijelom području Velebita, a posebno detaljno na Sjevernom i Južnom Velebitu.

2. Dosadašnja istraživanja

Prvim pravim prirodoslovcem koji se bavio proučavanjem krša Velebita može se smatrati Baltazar Hacquet (1785.). U svojoj knjizi "Vollständige Topographie" (1835.), Franjo F. Fris daje prve opise nekih speleoloških objekata na Velebitu. Prva geološka istraživanja započinju članovi Bečkog geološkog zavoda (G. Stache, F. Foeterle, E. Tietze, F. Stoliczka i F. Hauer) 1862. godine, a na osnovu njihovih podataka je F. Hauer (1867 – 1871.) izradio preglednu geološku kartu od koje list X 1:576 000 obuhvaća i područje Velebita. Od tada, pa do danas reljef Velebita privlači cijeli niz prirodoslovaca (prvenstveno) geologa i geografa koji se u svojim radovima u potpunosti ili

djelomično bave problematikom njegovog krškog reljefa. Grižine na Velebitu istraživali su R. Simonović (1921.), J. Cvijić (1926. i 1927.), (J. Poljak 1929. a i b), V. Rogić (1958.), a u novije doba A. Bognar (1992.), A. Bognar i I. Blazek (1987.), D. Perica (1998.) D. Perica i dr. (1992., 1995. i 1999.).

3. Metode rada

Osnovna metoda bila je geomorfološko kartiranje karakterističnih oblika krša na Velebitu. Obzirom da su prilikom terenskog rada uočene razlike u čestini pojedinih tipova grižina, provedena su detaljnija istraživanja na Sjevernom i Južnom Velebitu. U svrhu istraživanja provedeno je mjerenje intenziteta korozije pomoću vapnenačkih tableta po Gamsu (1985.) i kemijska analiza vode (Perica, 1998.). Također su korišteni klimatološki podaci (temperature, padaline i isparavanje) Državnog hidrometeorološkog zavoda, u razdoblju od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1975.

4. Rasprava i rezultati

Izrazita prevlast karbonatnog stijenskog kompleksa pogodovala je razvoju krškog reljefa, kao dominantnog na području

Velebita. Intenzitet pojave pojedinih krških oblika, kao i njihove veličine posljedica su utjecaja tektonskih pokreta, litoloških, strukturnih, reljefnih, pedoloških i klimatskih osobina na djelovanje korozijskog procesa, ali i antropogenih utjecaja. Međutim, na pojavu određenih tipova krša značajnu ulogu odigrao je i čovjek.

Kod litoloških osobina stijenskog kompleksa, pri oblikovanju krškog reljefa u prvom se redu misli na udio čistog CaCO_3 u sastavu stijena. Prema veličini egzokrških, ali i endokrških oblika, može se uočiti da je do njihovog najčešćeg oblikovanja došlo u naslagama gdje dominiraju vapnenci. To osobito dolazi do izražaja na primjer u naslagama srednje i gornje jure koje obilježava dominacija vapnenaca s visokim udjelom čistog CaCO_3 .

Kod strukturne predispozicije, u prvom redu se misli na vrstu i gustoću primarnih i sekundarnih šupljina i pukotina, kao i nagib slojeva. "Klastične" karbonatne naslage (prvenstveno Jelar-naslage) karakterizira pojava velikog broja primarno nastalih pukotina. Kod uslojenih naslaga, često je nagib slojeva utjecao na oblik i veličinu krških oblika (npr. asimetrične ponikve), a povećan nagib slojeva utjecao je na intenzivniji razvoj korozijskog procesa, u prvom redu, duž dijastroma. Tektonskim pokretima nastale su veće (paraklaze i dijaklaze) i osobito brojne, manje (brahiklaze i leptoklaze) pukotine, uz koje su korozijom nastali brojni krški oblici. Jedno od osnovnih obilježja krških oblika (nastalih duž sekundarnih pukotina) je izduženost po pružanju pukotina.

Pojava, kao i gustoća pojedinih krških oblika ovisi o nagibu reljefa. Krški oblici znatno su raznovrsniji i veći na

horizontalnim podlogama i blago nagnutim padinama (do 12°), gdje dominira poniranje vode i "prenošenje" korozijskog procesa u unutrašnjost karbonatnog stijenskog kompleksa. Suprotno tome, na dijelovima s većim nagibima, pojava takvih oblika je znatno rjeđa, a to je u prvom redu posljedica bržeg površinskog otjecanja vode, te na taj način smanjena mogućnost intenzivnijeg djelovanja korozije.

Klimatski elementi važni su s obzirom na dužinu i intenzitet korozije. Među njima se ističu količina padalina i temperatura. Količina padalina s povećanjem nadmorske visine raste, međutim, općenito promatrano, neravnomjerno je raspoređena. Cijelo područje Velebita karakterizira mediteranski pluviometrički režim, odnosno količina padalina je veća u hladnijoj nego u toplijoj polovici godine. Najmanju količinu padalina prima najniži (priobalni) dio JZ padine (oko 1200 mm godišnje). S povećanjem visine količina padalina je u neravnomjernom porastu. Povećanje količine padalina najmanje je na području Sjevernog Velebita gdje izohijeta od 2000 mm prelazi visinu od približno 1400 m. Postupno, izohijeta od 2000 mm padalina se prema Južnom Velebitu spušta na visinu od 900 m, gdje u vršnom dijelu doseže prosječno godišnje oko 3500 mm (Bunovac u zavjetrini hrpta 3419 mm, Perica i Orešić, 1997.). Međutim, u višim (osobito vršnim) dijelovima Velebita na intenzitet korozije posebno velikog utjecaja imaju dodatne padaline nastale taloženjem vode iz izmaglice, oblaka i magle, a koje se akumuliraju horizontalnim transportom vjetra pri nailasku na zapreke. Njihov doprinos na meteorološkoj postaji Zavižan (1594 m) u razdoblju od 1. siječnja 1955. do 31. prosinca 1965. god. Prema Kiriginu

(1967.) iznosio je 249%, s tim da je osjetno veći zimi (u prosincu 343%), nego ljeti (kolovoz 171%). Snižavanjem visine na SI (Ličkoj) padini količina padalina se postupno smanjuje ispod izohijete od 2000 mm (Perica i Orešić, 1997.). Termički utjecaj mora ograničen je na obalni pojas i niže dijelove JZ padine no, on je zbog otoka i Ravnih Kotara koji se pružaju usporedno s padinom oslabljen. Prosječna godišnja temperatura zraka na najnižim dijelovima JZ padine je približno 15⁰C (Senj 14,5⁰C, a Karlobag 15,6⁰C) godišnje, a vršnom dijelu oko 3⁰C (Zavižan na 1594 m, 3,5⁰C). S porastom visine temperatura zraka naglo opada, no to opadanje nije ravnomjerno. Godišnji vertikalni gradijent između Karlobaga (30 m) i Baških Oštarija (924 m) je 0,93⁰C, a Baških Oštarija i Zavižana (1594 m) je 0,57⁰C. Na nižim dijelovima JZ padine jako zagrijavanje (u Karlobagu je 109.6 toplih i 39.7 vrućih dana godišnje) gole karbonatne podloge pogoduje u znatnoj mjeri termomehaničkom raspadanju stijenskog kompleksa, a također utječe na iznimno jaku evapotranspiraciju, što uvjetuje njenu izrazitu sušnost (Rogić, 1958.). U takvim uvjetima je intenzitet korozije i biokorozije smanjen, zapravo za jačih suša skoro u potpunosti nedostaje u plitkom tlu koje prevladava. Mjerenjima intenziteta površinske korozije pomoću vapnenačkih tableta (Perica 1998.) to je i potvrđeno. Intenzitet korozije na JZ padini najveći je na njenim središnjim dijelovima, dok neznatno opada prema nižim dijelovima, a izrazito prema vršnim dijelovima Velebita. Niže i središnje dijelove JZ padine karakterizira osjetno veći intenzitet korozije u tlu nego na površini. Tako je odnos intenziteta korozije na površini i u tlu na području V.

Paklenice (560 m) 1 : 2,55, a na Babrovači (920 m) 1 : 3,49. Veći relativni odnos treba tražiti u jačem biokorozijskom procesu kojemu pogoduje duže vegetacijsko razdoblje. U vršnom dijelu Velebita velik broj hladnih (160.9), ledenih (74.9) i studenih (26,3) dana pogoduje zaleđivanju vode u stijenskim pukotinama, tako da pri oblikovanju reljefa veliko značenje imaju kriogeni procesi. Zapravo, kratko vegetacijsko razdoblje, velik broj hladnih, ledenih i studenih dana pogoduju fiziološkoj sušnosti, što zbog zamrzavanja vode u tlu uvjetuje prestanak djelovanja korozijskog procesa (Perica, 1998.).

Na oblikovanje krškog reljefa znatan utjecaj je imala i klima tijekom zadnje oledbe. S jedne strane došlo je do destrukcije (npr. uništavanje škrapa egzarazijom) ili njihovog preoblikovanja (npr. ponikve i uvale), a s druge strane zbog topljenja snijega i leda na dnu udubljenja, došlo je i do oblikovanja novih oblika (npr. speleoloških objekata koji su imali funkciju ponora).

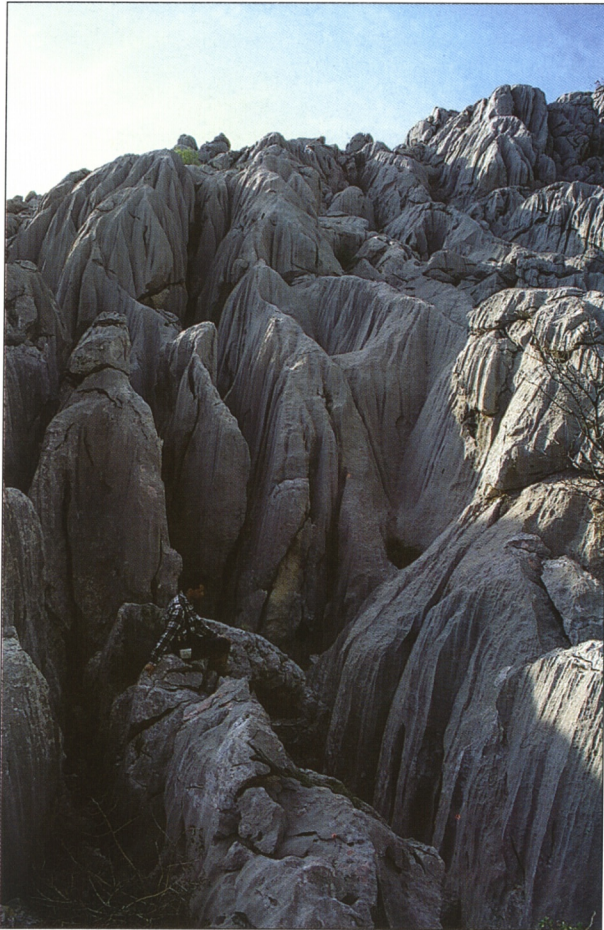
Na kraju, čovjek je uništavanjem vegetacijskog (šumskog) pokrova, uvjetovao znatno bržu denudaciju i spiranje tankog pedološkog pokrova, pa je kao posljedica toga stijenska podloga izbila na površinu. To osobito dolazi do izražaja na JZ (primorskoj) padini i vršnim dijelovima Velebita. Dugotrajno, još od pretpovijesti negativno gospodarenje na ovim dijelovima Velebita utjecalo je na njegovu izrazitu ogoljelost. Tako danas, na JZ padini i u vršnom dijelu Velebita dominiraju goli i polupokriveni krš, koji vrlo često prelaze u ljut. Suprotno tome; SZ (lička) padina u znatnoj mjeri je pošumljenija, pa samim tim na njoj prevladava pokriveni krš (Rogić, 1958.).

4.1. Tipovi i nastanak grižina

Grižine, odnosno “izjedline” nastale korozijskim djelovanjem vode, predstavljaju najrasprostranjeniji krški oblik na području Velebita. Razni oblici grižina javljaju se počevši od morske obale, pa do najviših dijelova Velebita. Međutim, znatno su češće

i ljepše i razvijene na nižim i središnjim, ogoljenim dijelovima njegove JZ (primorske) padine, dok je u vršnim dijelovima njihov razvoj ograničen termičkim prilikama, a na području SI (ličke) padine uglavnom nisu uočljive zbog sačuvanosti vegetacijskog i pedološkog pokrova.

Jedna od osnovnih odlika grižina je prema Bögliju (1980.) njihova izuzetna raznolikost oblika i načina nastanka. Oblikovanje raznih tipova grižina, uvjetovan je nagibom padina, litološkim osobinama stijena i stupnjem njihove raspucalosti. Njihov izgled je uvjetovan odnosom nagiba padine prema nagibu slojeva, stupnjem pokrivenosti karbonatnih stijena tlom i vegetacijom, odnosno stupnjem ogoljelosti karbonatne podloge, što je uvjetovalo način na koji je djelovala korozija; a) izravno atmosferskom vodom, b) vodom procijeđenom kroz tlo ili c) vodom prisutnom u tlu. Litostratigrafske osobine naslaga također imaju veliku važnost pri oblikovanju grižina. U tanko uslojenim naslagama one nedostaju, ili se uglavnom radi o grižinama manjih dimenzija, dok svoju raznolikost i maksimum razvoja dosežu u deblje uslojenim naslagama. Područja izgrađena od Jelar-naslaga obilježava izuzetna raznolikost grižina, a to je prvenstveno posljedica njihovih litoloških osobina. Vrlo često postoje varijacije kad se dvije ili više vrsta grižina miješaju (fot. 1.), pa zbog toga



Fot. 1. Duž stijenskih blokova pukotinskih škrapa često dolazi do oblikovanja žljebova, odnosno “miješanja” različitih tipova grižina

Phot. 1. Rillenkarren and other types of karren are common along fissure margins

postoje razni prijelazni oblici. Promjena načina na koji djeluje korozija, uvjetovana ogoljavanjem padina ili suprotno njenim obraštanjem, klimatskim promjenama ili promjenom nagiba (kod karbonatnih stijenskih blokova) vrlo često rezultira različitim genezom, a s tim povezano i vrstom grižina. Kao rezultat toga oblikuju se poligenetski tipovi grižina, a ponekad može doći i do potpune promjene tipa grižina.

Među grižinama svojom čestinom pojave na području Velebita se izdvajaju **žljebovi (poznati po lokalnom nazivu "žli-be")**, **škrape**, **kamenice** i **biokorozijska udubljenja**.

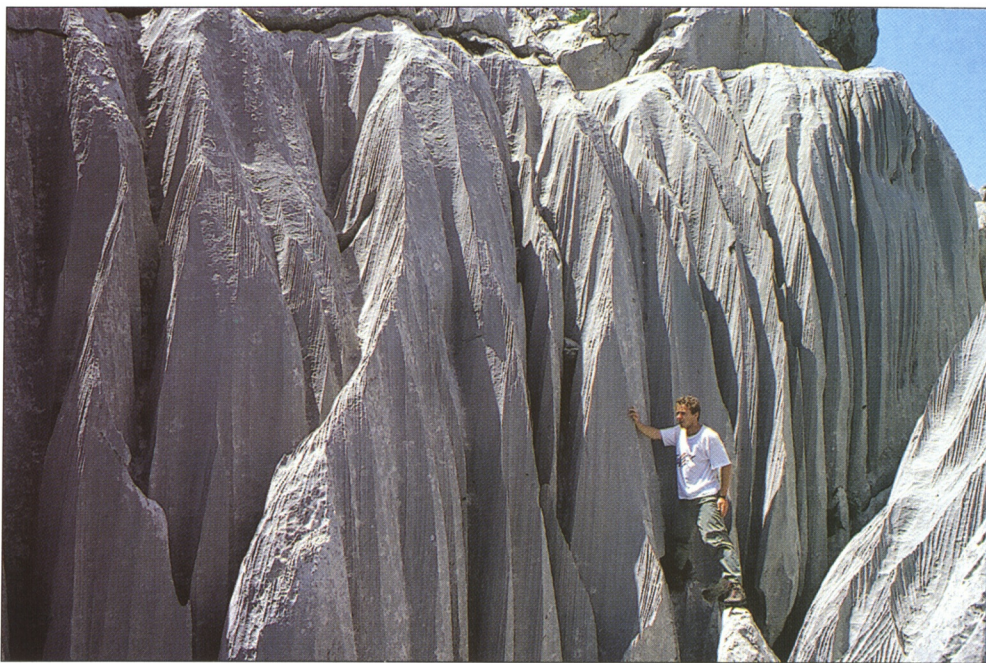
Morfološki tipovi grižina koje prema veličini Ford i Williams (1994.) dijele na **mikrogrižine** (microkarren) dimenzija manjih od 1 cm (najmanji oblici uočljivi su

tek pod elektronskim mikroskopom), **grižine** (karren) dimenzija od 1 cm - 10 m, i **velike grižine** (kluftkarren) koje su veće od 10 m. Osnovno obilježje mikrogrižina prema njima je njihov razvoj u homogenim, sitnozrnatim stijenama, a pojedini oblici nastaju kao posljedica korozijskog djelovanja vode koja je povučena kapilarnim tlakom. S obzirom da ove grižine imaju oblik nepravilnih žljebića, ponekad meandrirajućih, to potvrđuje korozijsko djelovanje vode kapilarnih tokova, koja je povučena kapilarnim tlakom. Također, pri oblikovanju mikrogrižina veliku biokorozijsku važnost imaju bakterije, lišajevi, i mahovine. Ističu se modrozeleno bakterije (cianobakterije u starijoj literaturi poznate kao "alge") koje direktno stvaraju rupice u stijeni do dubine od 1 mm, a na njihovo



Fot. 2. Žljebići malih dimenzija često su oblikovani na strmijim, vršnim dijelovima stijenskih blokova

Phot. 2. Small-scale rillenkarren are commonly formed on steep, upper parts of limestone blocks



Fot. 3. Veliki žljebovi, s nazubljenim bridovima koji su nastali kao posljedica oblikovanja sekundarnih žljebova

Phot. 3. Large-scale rillenkarren, with serrated edges are formed by formation of second-order rillenkarren

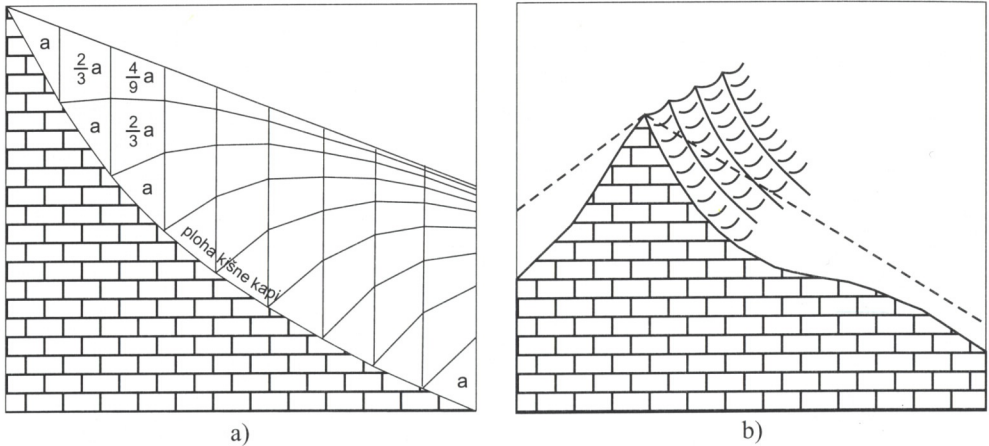
mjesto dolaze druge vrste koje zbog produkcije CO_2 i organskih kiselina omogućavaju razvoj korozijskog procesa (Verges, 1985.). Prema Folku i dr. (1973.) modrozeleno "alge" osobito su važne pri oblikovanju priobalnih krških oblika.

Žljebovi se javljaju od priobalnih dijelova, pa sve do najviših vrhova Velebita. Prema nastanku razlikuju se dvije vrste žljebova i to: a) oni koji su oblikovani direktno korozijskim djelovanjem atmosferske vode i b) oni oblikovani vodom koja je dodatno obogaćena s CO_2 biogenog porijekla.

Žljebovi (rillenkarren) nastali direktnim korozijskim utjecajem atmosferske vode karakteristični su za strmije (nagiba većeg

od 20°), ogoljele dijelove karbonatnih stijena na području Velebita. Nastaju na malim kamenim blokovima (površine svega nekoliko dm^2 - fot. 2.), a svoj maksimum razvoja dosežu na kukovima oblikovanim u Jelarnaslagama (fot. 3.), na JZ padini, na nadmorskim visinama od 500 - 1200 metara. Također su izuzetno dobro razvijene na gornjojurskim vapnencima, na području Rapavca, nedaleko prijevoja Buljma u Nacionalnom parku "Paklenica", gdje je nagib slojeva skoro u potpunosti podudaran s nagibom padine (Perica i dr., 1995.).

Žljebovi nastaju pri ovlaživanju nagnutih, golih površina karbonatne stijene atmosferskom vodom bogatom s CO_2 iz zraka. Voda prilikom kontakta snažno



Sl. 1. Oblikovanje žljebova: a) vlaženje gole nagnute karbonatne površine kišnim kapima b) razvoj žljebova (Bögli, 1980.)

Fig. 1. Formation of rillenkarren: a) raindrops are wetting inclined carbonate surface, b) development of rillenkarren (Bögli, 1980.)

korodira голу karbonatnu podlogu, a zbog nagiba otječe prema nižim dijelovima najpogodnijim pravcem. Vrlo su česte na karbonatnim površinama čiji nagib varira od 30 - 70°. Iako je voda koja otječe djelomično zasićena karbonatnom otopinom, zbog pritjecanja novih padalina u nižim dijelovima, ona je još uvijek (zapravo i jače) agresivna (sl. 1. a i b). Kao posljedica toga, prema nižim dijelovima dolazi do proširivanja i produbljivanja žljebova, dok se istodobno njihovi rubovi suzuju (Bögli, 1980.). Uzdužne pukotine nastale korozijom, koje se javljaju na stijenskoj površini podno žljebova također ukazuju da je voda još uvijek korozivski agresivna. Širina i dubina žljebova varira od nekoliko mm pri vrhu postupno se šireći prema nižim dijelovima. U slučajevima kad dolazi do promjene nagiba žljebova njihove dimenzije (širina i dubina) se mijenjaju. Kod povećanja nagiba žljebovi postaju užji i dublji, a na većim nagibima poprimaju izgled "klina". To je posljedica

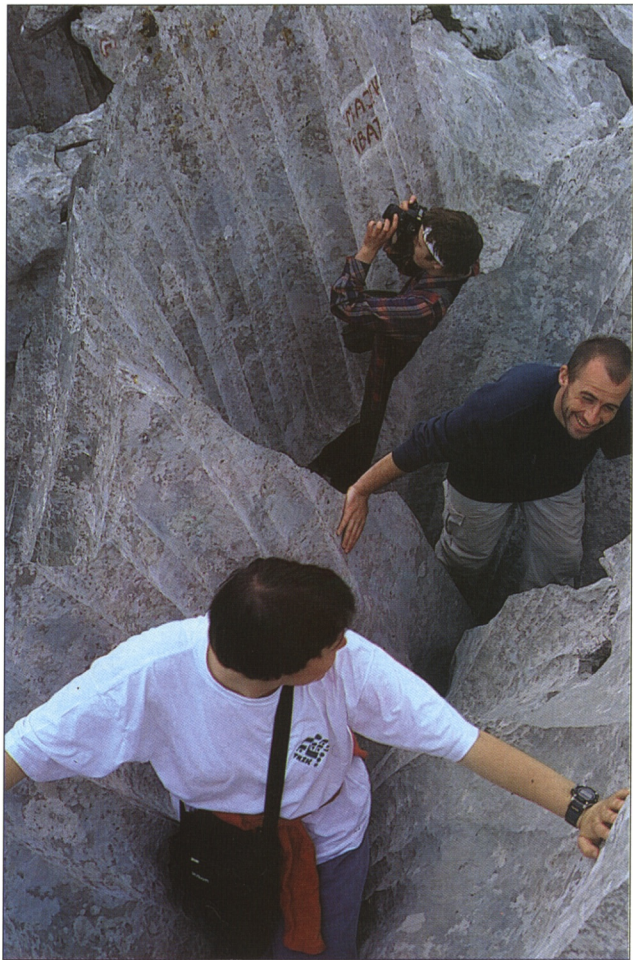
slabijeg lateralnog, a bržeg regresivnog korozivskog djelovanja vode, koje je uvjetovano njenim bržim specifičnim otjecanjem i jačom koncentracijom u samom krajnjem usjeku žlijeba. Suprotno tome, sa smanjenjem nagiba, a samim tim i sporijeg specifičnog otjecanja vode, što uvjetuje jačanje lateralnog korozivskog djelovanja, žljebovi postaju širi i plići, poprimajući blago zaobljen izgled.

Žljebovi često dosežu širinu od 50 cm i dubinu od 1m, a kod pojedinih žljebova na području kukova (oblikovanih u Jelar-naslagama) i području Rapavca njihove dimenzije mogu biti i veće. To je posljedica dužine žljebova (dužina im ponekad doseže i više desetaka metara) i korozivskog djelovanja akumuliranih padalina u njima. Zapravo, pojedini žljebovi dugi su i do 100 m, dok im dubina doseže i preko 1 metra (npr. na Bojincu i Rapavcu u NP "Paklenica"), a to je posljedica podudarnosti površine stijenskog "lica" s nagibom padine (stijenskog

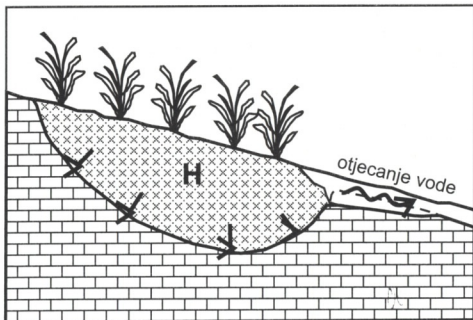
lica). Za nastanak ovako velikih žljebova zasigurno su veliku važnost imale dodatne padaline nastale izravnim prijanjanjem čestica vode uz karbonatnu podlogu iz oblaka ili magle (Perica i Orešić 1999.). Zbog lateralnog djelovanja korozije, bridovi žljebova se sve više stanjuju i postaju izuzetno oštri, a na njihovim strmim stranama vrlo često dolazi do oblikovanja sekundarnih žljebova. Kao posljedica usijecanja sekundarnih žljebova bridovi poprimaju nazubljen izgled (fot. 4.). Kod razvoja sekundarnih žljebova, oni su sve plići i širi u odnosu na primarni žlijeb, koji u pravilu ima povećan nagib strana. To je posljedica već navedenog primanja manje količine atmosferske vode na jedinicu površine i njenog bržeg zasićenja (Perica i Kukić, 1992.). Konačni rezultat je manji odnos širine i dubine žljebova u odnosu na primarni žlijeb.

Često, kao posljedica nehomogenosti klasti i glinovito-limonitnog veziva koje tvore Jelar-naslage, i njihove različite podložnosti koroziji, žljebovi poprimaju nepravilan (specifičan) izgled. Na mjestima gdje breču izgrađuju klasti podložni koroziji nastaju udubljenja, dok suprotno tome teže topljivi klasti zaostaju kao izbočenja. Zbog postupnog širenja prema nižim dijelovima i izmjene izbočenih i udubljenih dijelova Poljak (1929. a) je ove žljebove nazvao "vijčastima".

Drugi je tip žljebova nastao korozijskim djelovanjem vode koja je dodatno obogaćena s biogenim CO₂ i znatno je rjeđi. Međutim, kod ovih žljebova na području Velebita možemo razlikovati njihova dva tipa. Prvi tip žljebova (subkutani žljebovi – covered karren), koji je nastao subkutanom korozijom pod pedološkim pokrovom lijepo su uočljivi na području Hajdučkih kukova, na mjestima gdje je došlo do uništavanja



Fot. 4. Žlijeb s dobro razvijenim nazubljenim bridovima
Phot. 4. Rillenkarren with well developed serrated edges



Sl. 2. Oblikovanje brazdi humusne kiseline biokorozivskim djelovanjem vode koja otječe iz manjeg udubljenja ispunjenog tлом (Bögli, 1980.). H= humus

Fig. 2. Formation of humus-water-grooves by biocorrosion of water which percolates from small soil-filled depression

vegetacijskog pokrova. Uglavnom se pojavljuju samostalno, rjeđe u grupama, a značajno je da nastaju i na blažim nagibima. Obilježava ih blaga zaobljenost polukružnog oblika, često su plitki, ali široki, a prema donjem dijelu se znatno slabije šire. U slučajevima, kad ih se javlja više odvojeni su blago zaobljenim pregibima. Ovakav njihov izgled posljedica je dužeg i sporijeg otjecanja vode u tlu što uvjetuje ravnomjernije vlaženje, odnosno korozivsko djelovanje na stijensku površinu. No, izgled ovih žljebova ukazuje da je i ovdje došlo do koncentriranja vode pri slijevanju, ali u znatno manjoj mjeri nego na goloj podlozi. Javljaju se i na svega nekoliko stupnjeva nagiba, no odnos dubine i širine žlijeba pri promjeni nagiba ima identične osobine kao i žljebovi nastali direktnim utjecajem atmosferske vode.

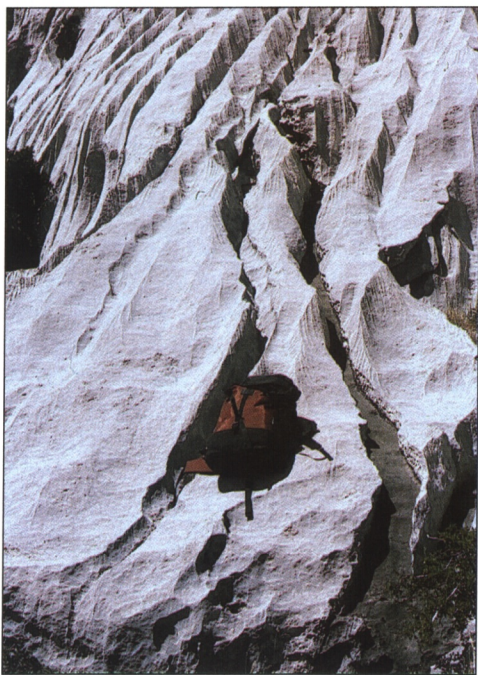
Slijedeći tip žljebova nastaje vodom koja je procijeđena kroz tlo i zapravo predstavljaju brazde humusne kiseline (humus-water-grooves), a uglavnom se javljaju pojedinačno (sl. 2.). Za razliku od prethodnog

tipa žljebova, nastaju korozivskim djelovanjem vode koja se slijeva niz površinu karbonatnih stijena iz pedološkog pokrivača, rjeđe iz pukotina u stijeni, a koje su dodatno obogađene sa CO_2 biogenog porijekla. Njihova veličina je manja od atmosferskom vodom oblikovanih žljebova i to prvenstveno, zbog ograničene količine CO_2 u vodi, što uvjetuje njenu bržu zasićenost i prestanak daljnjeg oblikovanja. Mjestimično, u kanjonima V. i M. Paklenice, svega nekoliko metara nakon oblikovanja ovih brazda, u njihovom produžetku uočavaju se nakupine istaloženog CaCO_3 , što ukazuje na zasićenost vode otopljenim karbonatima i nedostatak slobodnog CO_2 (fot. 5.).



Fot. 5. Na krajevima nekih žljebova – brazda humusne kiseline u kanjonu V. Paklenice, došlo je do taloženja CaCO_3

Phot. 5. Some humus-water-grooves in V. Paklenica canyon are characterized by precipitation of CaCO_3 at their ends



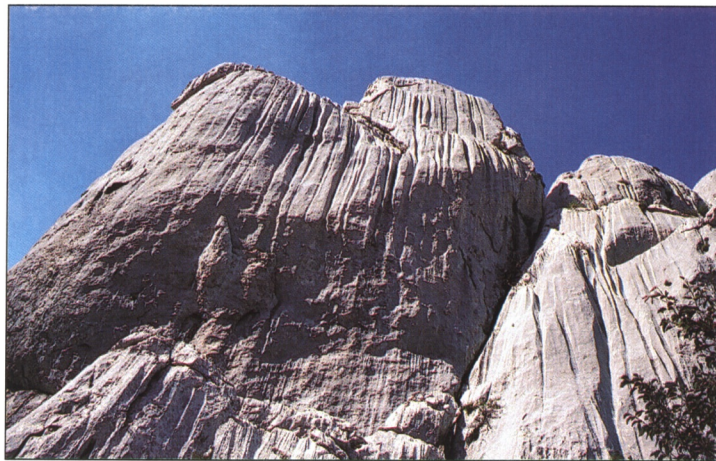
Fot. 6. Zbog lateralnog biokorozijskog djelovanja mahovina dolazi do oblikovanja prevjesnih strana žlijeba

Phot. 6. Lateral biocorrosion of mosses forms overhanged karren edges

Suprotno tome, žljebovi (prvenstveno brazde humusne kiseline) za koje je karakteristično dugotrajnije pritjecanje vode, a samim tim i vlaženje stijene pogodovalo je mjestimičnom razvoju lišajeva i mahovina. Izuzetno lijepi primjeri mogu se uočiti na području Bojinca (Perica, 1998.). Kod ovih, iako izuzetno

rijetkih žljebova, zbog biokorozijskog djelovanja lišajeva i mahovina, dolazi do širenja bočnih strana koje su poprimile prevjesni izgled (fot. 6.). Dno žlijeba ispunjeno je finom glinom, koja utječe na slabije djelovanje korozije.

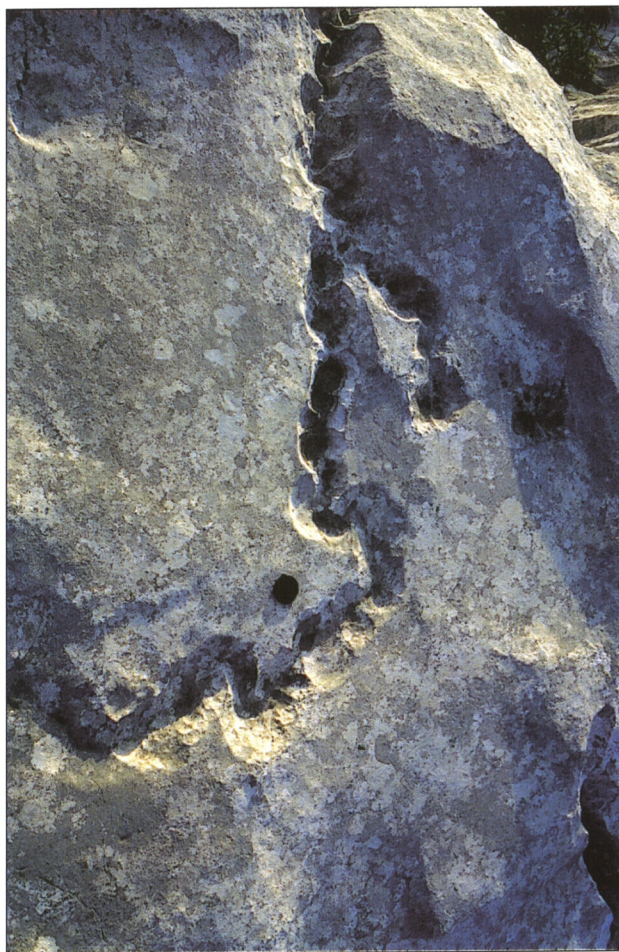
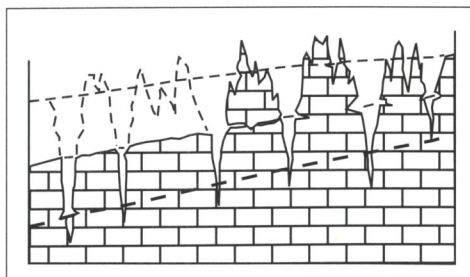
Zajednička osobina svih navedenih tipova žljebova je da pri iznimno velikim nagibima (80 i više stupnjeva) oni postaju plići i uži, polukružnog presjeka. To je posljedica bržeg otjecanja i manje količine primljene vode na jedinicu površine, te njenog bržeg zasićenja otopljenim karbonatom, a to uvjetuje slabiji intenzitet korozije. Međutim, ovi žljebovi su znatno rjeđi, pa bridovi uglavnom nedostaju. Ako nagib stijenskog "lica" dosegne vrijednost od 90° ili postane prevjesan, tada potpuno prestaje usijecanje žljebova, jer voda tada uglavnom slobodno kapa. Ovakvi "zidni" žljebovi (wall karren) mogu se uočiti na strmim stranama stijena, kukova i strmcima (osobito su impresivni u ponikvi Varnjači u Hajdučkim kukovima i na Bojincu – fot. 7.) i u kanjonima Velike i Male Paklenice.



Fot. 7. Zidni žljebovi na Bojincu

Phot. 7. Wall karren on Bojinac

Nailaskom na blago nagnutu površinu od svega par stupnjeva, žljebove obilježava širenje i njihov potpuni nestanak. Međutim, ponekad u nastavku poprimaju meandrirajući oblik (fot. 8.). Iznimno lijepi primjeri meandarskih žljebova (meandering karren) mogu se uočiti na prostoru Bojinca, Hajdučkih kukova, Kize i Alaginca.



Fot. 8. Meandarski žljebovi karakteristični su za blago nagnute podloge

Phot. 8. Meandering karren are characteristic for gently inclined surfaces

Sl. 3. Škrape oblikovane korozijskim djelovanjem atmosferske vode odlikuju se uskoćom kanala i oštrim vrhovima (Bögli, 1980.)
Fig. 3. Clints formed by corrosion of atmospheric water are characterized by narrow grikes and pinacles (Bögli, 1980.)

Meandri imaju tipičnu podrezanu kosinu na vanjskoj strani, a blagu na unutrašnjoj strani. Širina i dubina ovih žljebova rijetko prelazi više od 10 cm, dok im dužina može biti 10 i više metara.

Škrape su osobito česte na položitim padinama (nagiba $< 12^\circ$). Prema obliku dijele se na **pukotinske i mrežaste** (fissure and network type karren), po genezi dijele se na one oblikovane na golim stijenama atmosferskom vodom i one oblikovane pod pedološkim i vegetacijskim pokrovom subkutanom korozijom. Na izgled škrapa također su utjecale litološke osobine stijena na kojima se javljaju. Pukotinske škrape su češće oblikovane u srednje i deblje uslojenim krednim, te gornjo i donjojurskim

deblje uslojenim vapnenačkim naslagama, dok mrežaste škrape skoro u potpunosti prevladavaju na dijelovima koji su izgrađeni od Jelar-naslaga. Oblikovanje pukotinskih škrapa u uslojenim naslagama prvenstveno je vezano uz dijastrome i dijaklaze. Pri oblikovanju mrežastih škrapa veliko značenje imaju brahiklaze i leptoklaze koje su usmjerile korozijski proces (Bognar i Blazek, 1986. -sl. 3.). Na područjima izgrađenim od Jelar naslaga i krednih breča jakom razvoju mrežastih škrapa pogodovala je izrazita raspucalost i neuslojenost naslaga, različita veličina i tvrdoća cementiranog kršja, a osobito (brža od klasta) topljivost karbonatnog veziva (fot. 9.). Kao posljedica toga javljaju se velike površine mrežastih škrapa nepravilnih oblika. Suprotno tome, mrežaste škrape formirane na

uslojenim stijenama imaju pravilnije oblike (Perica, 1998.). Do njihovog razvoja došlo je prvenstveno na stijenama jače nagnutih slojeva, gde se korozijsko djelovanje vode odvija uz dijastrome i sekundarno nastale pukotine. Škrapski kanali nastali uz dijastrome osjetno su duži, a često i dublji od ostalih, prvenstveno okomitih kanala.

Ekshumirane škrape (exhumed karren), koje su oblikovane pod pedološkim pokrivačem obilježavaju brojna udubljenja eliptičnog ili posve okruglog oblika, širina kanala koja premašuje 30 cm, njihova česta zaobljenost u rubnim dijelovima i koritast izgled pri dnu, kao i glatkoća bočnih strana kanala/udubljenja (fot. 10.). Nastanak ovih udubljenja/kanala posljedica je korozijskog djelovanja vode u tlu koja je dodatno obogaćena sa CO_2 iz humusa. Takva voda



Fot. 9. Mrežaste škrape (koje su u znatnoj mjeri prešle u fazu griža - grohota) oblikovane u Jelar-naslagama

Phot. 9. Network-type karren (largely evolved into debris karren) are formed in Jelar-breccia



Fot. 10. Ekshumirane mrežaste škrape oblikovane su duž dijastroma u debelo uslojenim malmskim vapnencima

Phot. 10. Exhumed network-type karren are formed along diastromes in thick-bedded Malmian limestones

Fot. 11. Udubljenja nastala subkutanom korozijom u mrežastim škrapama

Phot 11. Subcutal round karren are formed in network-type karren

djeluje korozijski u svim pravcima, što je utjecalo na istodobno bočno širenje i produbljivanje udubljenja (fot. 11.). No, kad je dno kanala/udubljenja prekriveno većom količinom rezidualne gline, zbog velike količine suspendirane karbonatne otopine korozijsko djelovanje je u takvim slučajevima slabijeg intenziteta. To posebno utječe na slabije produbljivanje kanala. Uništavanje šumskog pokrova paljenjem, u i ne tako dalekoj prošlosti, radi stvaranja pašnjačkih površina, te nagib padina omogućili su jaku deraziju i deflaciju (odnošenje tla



burom) što je rezultiralo ogoljenjem padina (Simonović, 1921., Cvijić, 1927., Poljak, 1929., Salopek, 1952. i Rogić, 1958.). Prema Bögliju (1980.) ekshumirane škrape koje su jedno do dva stoljeća ogoljele, odnosno njihov ranije zaobljeni rub zbog korozijskog djelovanja atmosferskih voda jedva je prepoznatljiv. Tome osim korozije treba dodati i utjecaj jakog zagrijavanja prilikom požara (odnosno paljenja šuma radi stvaranja pašnjačkih površina) površinskog dijela stijenske mase (Perica, 1998.).

Za razliku od škrapa nastalih subkutanom korozijom, one nastale direktnim korozijskim djelovanjem atmosferskih voda imaju osjetno uže kanale (grikes) i oštre vrhove (pineacles). Atmosferska voda koja korodira голу karbonatnu podlogu brzo otječe u pukotinama, tako da je odnos širine i dubine kod ovih škrapa znatno veći nego kod onih nastalih subkutanom korozijom. Iako je dubina njihovih kanala vrlo često i preko jednog metra, nju je teško odrediti zbog njihove u pravilu, izuzetno male širine. Utvrđeni su i prijelazni oblici škrapa. Oblikovanje im je vezano za slučajeve kad je karbonatna podloga djelomično (u kanalima) prekrivena pedološkim pokrovom. Takav je slučaj na jugozapadnoj padini Velikog Golića (1265 m) u NP "Paklenica". Debeli slojevi jurskih naslaga ovdje imaju skoro vertikalni nagib. Duž dijastroma oblikovali su se kanali ispunjeni tlom i pokriveni vegetacijskim pokrovom, dok su glave slojeva gole i raspucale. Pedološki pokrov često je toliko dubok, da je omogućio rast stabala koja izgledaju poput drvo-reda (Perica i dr., 1995.).

Izrazito velike pukotinske škrape, čija dužina premašuje i više desetaka metara, a odlikuje ih dubina koja ponekad doseže i

preko nekoliko metara poznate su pod nazivom **škarovi i škripovi**.

Na središnjim i nižim dijelovima JZ padine Velebita, škrape su najčešće dosegle zadnju fazu razvoja, odnosno prešle su u fazu **griza** (raspadnutog kršja poznatog još pod nazivom **grohot** – debris karren). Na dijelovima gdje prevladavaju škrape na uslojenim stijenama blažeg nagiba, zbog usmjerenosti korozijskog djelovanja (sa svih strana stijenskog bloka, odnosno sloja) duž dijastroma dolazi do bržeg stvaranja griza. U slučajevima kad do njihovog trošenja dolazi na strmijim padinama zbog gravitacijskog kretanja fragmenata oblikuju se koluvijalni zastori.

Specifičan oblik mrežastih škrapa predstavljaju "**sige**" («tufa», fot. 12.), a poznate su još (pod lokalni nazivi) kao "šupljikavi kamen" u V. Paklenici. Oblikovane su pretežito, na blažim dijelovima (nagiba manjeg od 12⁰) glaciofluvijalne plavine iznad zaseoka Parići i Ramići u čijem sastavu prevladavaju sitni fragmenti (svega nekoliko cm) jurskih vapnenaca i dolomita, a samo mjestimično se javljaju i na vegetacijom umrtvljenim koluvijalnim zastorima. Njihovo oblikovanje posljedica je biokorozijskog djelovanja i ispiranja sitnih čestica, na što ukazuje i obraštenost padine vegetacijom. Različita podložnost klasta glaciofluvijalnih i koluvijalnih breča koroziji, kao i ispiranje sitnog materijala i cementnog veziva uvjetovali su njihov bizarni izgled. Ove grižine karakterizira izmjena cijelog niza manjih udubljenja i prozoraca (koji često izgledom podsjećaju na saće) nastalih biokorozijskim djelovanjem lakše topivih klasta, dok otporniji zaostaju u obliku šiljaka (Perica i dr., 1995.). Različita podložnost veziva koroziji, kao i njegovo



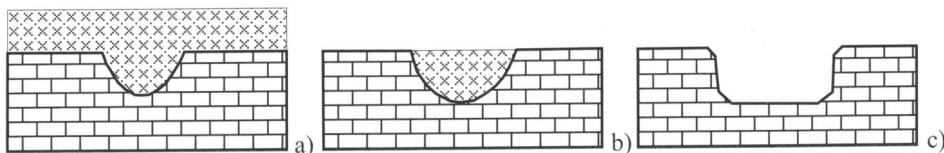
Fot. 12. "Sige" ("šupljikavi kamen") specifičan je tip grižina oblikovan u glaciofluvijalnim brečama na području V. Paklenice

Phot 12. "Tufa" ("vuggy rock") is particular type of karren, formed in V. Paklenica glaciofluvial breccias

ispiranje rezultira njihovim brzim prelaskom u stadij griža.

Na dijelovima Velebita gdje prevladava goli krš česta je pojava **kamenica** (solution pans). Dubina im varira od par pa do nekoliko desetaka cm, a širina i dužina od nekoliko cm pa do nekoliko m. Najvećim, izuzetno rijetkim primjercima dubina doseže i preko 1 m, a širina više od 10 m.

Prema Gamsu (1974.) razlikuju se dvije vrste kamenica: kamenice oblikovane pod pedološkim pokrivačem subkutanom korozijom, i kamenice oblikovane na goloj karbonatnoj površini. Prva vrsta kamenica nastaje biokorozijom produbljivanjem primarnih udubljenja. Ova vrsta kamenica uglavnom ima polukružni ocrtni profil. Jedno od osnovnih obilježja - prevjesni rub, u



Sl. 4. Razvoj kamenice: a) pod pedološkim pokrovom, b) ekshumacija, i c) njen prelazak u pravu kamenicu (Gams, 1974.)

Fig. 4. Formation of solution-pans ("kamenitza"): a) under the pedogenic cover, b) exhumation, c) transition into true solution-pan (Gams, 1974.)

potpunosti nedostaje (sl 4.). Oblikovanje druge vrste kamenica, ili pravih kamenica prema Gamsu (1974.) vezano je za postojanje udubljenja na ravnim ili blago nagnutim površinama, koja su nastala pod pedološkim pokrovom subkutanom korozijom. Ova udubljenja Sweeting (1966.) kao i Ford i Williams (1994.) svrstavaju u grizine pod nazivom "solution pits". Karakteristika ovih udubljenja je da se znatno češće javljaju u nehomogenom stijenama, pa zbog toga imaju nepravilan tlocrt (Ford i Williams, 1994.), mišljenja su da u razdoblju od samo 10 godina mogu doseći dubinu od 3-5 cm (Sweeting, 1966.).

Pri razvoju kamenica druge vrste, na golim karbonatnim stijenama (ili "pravih kamenica" po Gamsu, 1974.) treba razlikovati četiri faze. Prve dvije faze su

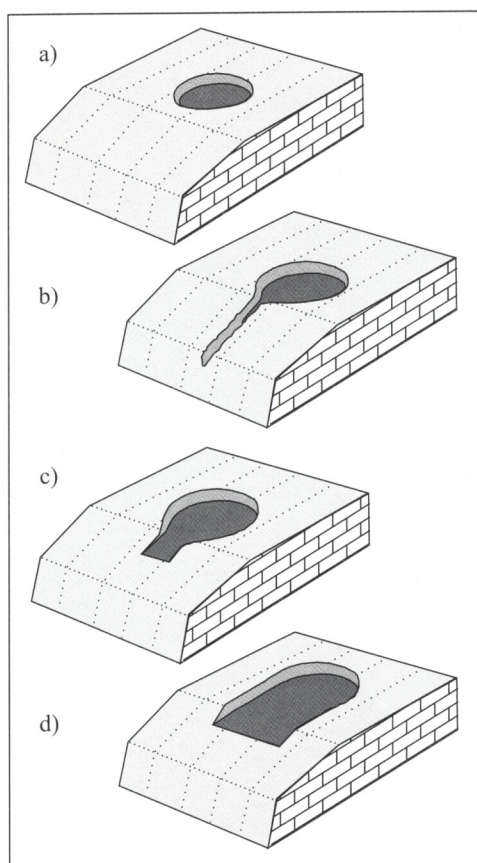
razvojne, a druge dvije destruktivske. Veličina (u prvom redu promjer) ove vrste kamenica ovisi prvenstveno o nagibu stijenske podloge na kojoj dolazi do njihovog oblikovanja. Znatno su veće na ravnim ili blago nagnutim površinama nego na onim strmijim, a prema Gavriloviću (1964.) utvrđene su i na površinama nagiba od 35°.

Prvu fazu oblikovanja kamenica (fot 13., sl. 5. a) obilježava zadržavanje atmosfere vode i njezino korozivsko djelovanje u udubljenjima s kojih je destruiran pedološki pokrov. Širina ovih udubljenja često je svega nekoliko cm promjera, a dubina im je svega par mm. Zbog postupnog snižavanja razine vode isparavanjem, a često i njenog pojačanog biokorozivskog djelovanja, uvjetovanog raspadanjem nanešenih organskih primjesa (lišće, trave, alge, lišajevi i



Fot. 13. Kamenica na prelazu iz prve u drugu fazu oblikovanja

Phot 13. Solution-pan – kamenitza in transition from first to second phase of formation



Sl. 5. Četiri razvojne faze kamenice (Gavrilović, 1964.)

Fig. 5. Four phases in development of a solution-pans ("kamenitza" - Gavrilović, 1964.)

mahovine) korozija napreduje prema središnjim i nižim dijelovima udubljenja postupno povećavajući nagib strana. No, kako postupno dolazi do zasićenja vode otopljenim karbonatima u nižim slojevima, a vršni sloj vode apsorbira CO_2 iz zraka, kamenica ima najveću širinu u središnjem dijelu. Snižavanje razine vode isparavanjem i njena sve veća zasićenost otopljenim karbonatima prema nižim dijelovima smanjuju intenzitet korozije, te se prema dnu kamenica opet

suzuje. Ovu fazu obilježava još uvijek ravnomjerno korozijsko djelovanje ovlaženih dijelova, tako da je za nju karakteristično i produbljivanje dna. Istodobno s razvojem kamenice dolazi do oblikovanja njenog žlijeba no, ono je u ovoj, prvoj fazi skoro zanemarivo. Žlijeb nastaje samo za kratkog razdoblja otjecanja vode iz kamenice u vrijeme i neposredno nakon padalina, a javlja se na najnižem rubnom dijelu kamenice.

Drugu fazu oblikovanja kamenice (sl. 5. b) obilježava sve jače lateralno, korozijski uvjetovano usijecanje i širenje kamenice. Njen vertikalni razvoj je neznatan ili stagnira zbog akumuliranja gline koja potječe od otopljenih karbonata i raspadnute biogene mase. Istodobno, dolazi i do sve jačeg usijecanja žlijeba. Iako se njegovo usijecanje odvija sporije od onog kamenice, žlijeb pri njenom oblikovanju dobiva sve veće značenje. Postupno, on se usijeca brže od dna kamenice, da bi ga na kraju dosegnuo, a tada ujedno prestaje i ova razvojna faza. Na kraju ove faze otjecanje vode kroz žlijeb zbog njegove dubine postaje sve veće, a razina vode u kamenici zbog isparavanja je sve niža, koja uz to zbog velike količine otopljenih karbonata ona postaje sve zasićenja. Upravo brzina intenziteta usijecanja žlijeba određuje veličinu (promjer) kamenice. Ono je znatno sporije na blago nagnutim dijelovima zbog toga što voda iz kamenice otječe širim profilom, nego na strmijim, a to rezultira i slabijim intenzitetom korozije. U trenutku kad dođe do izjednačavanja dna kamenice i žlijeba prestaje njen razvoj i počinje njena destrukcija.

Treću fazu oblikovanja kamenice (sl. 5. c) obilježava početak razaranja kamenice. Uzrok tome je postupno širenje žlijeba

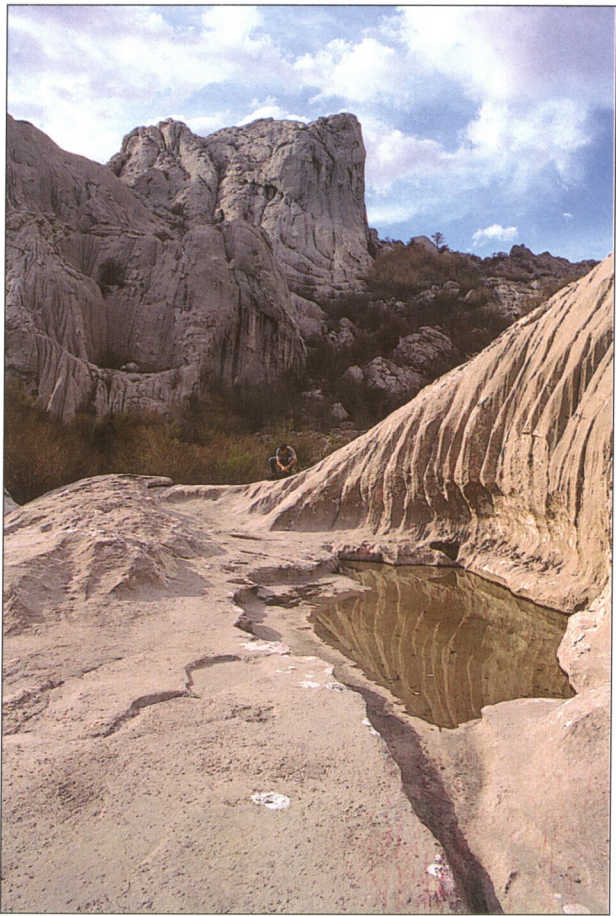
lateralnom korozijom i destrukcija prevjesnog dijela kamenice regresijskim korozijskim djelovanjem atmosferske vode. Rub kamenice postupno gubi prevjesni oblik i postaje zaobljen, a žlijeb se širi poprimajući koritast oblik. Završnu, četvrtu fazu (sl. 5. d) razvoja, karakterizira potpuni nestanak prevjesnog ruba i proširenje žlijeba, koji često doseže širinu same kamenice (a ponekad i veću). Kamenica takvim razvojem poprima izgled police ili amfiteatra, a na dijelu gdje je nekad bio prevjesni rub često dolazi do usijecanja žljebova, a oni zbog smanjenja nagiba na dnu kamenice prelaze u meandrirajuće žljebove. Ovakvi primjeri preoblikovanja kamenica i žljebova utvrđeni su na području Bojinca u NP "Paklenica".

Nailaskom na pukotinu prilikom udubljivanja i širenja kamenica dolazi do njihovog ranijeg prekida razvoja. Naime, voda svojim korozijskim djelovanjem uz pukotinu, toliko ju proširi da nakon određenog vremena dolazi do oblikovanja rupičastog kanala kroz koji voda otječe. Na taj način prestaje dalje oblikovanje kamenice, a prema Gavriloviću (1964.) iz ovakvih kamenica se mogu oblikovati krški bunari.

Na području Velebita izgrađenom od Jelar-naslaga česta je pojava kamenica nepravilnog oblika i neravnog dna. To je prvenstveno posljedica, već ranije spominjane, nehomogenosti klasta i njihove različite

podložnosti korozijskom procesu, kao i različitog veziva.

Najveći primjerci kamenica nalaze se na području Južnog Velebita na lokalitetima Jagin kuk i Prosenjak. Kamenice ovdje dosežu promjer od nekoliko metara a dubina im je veća od jednog metra. Kamenice na Prosenjaku, u prošlosti su stočari koristili za vodoopskrbu (Poljak, 1929. b). No, kamenica pokraj Jaginog kuka, poznata još pod imenom "Jezerce" (fot. 14.) posebno je



Fot. 14. Kamenica "Jezerce"

Phot. 14. Solution-pan – kamenitza "Jezerce"



Fot. 15. Kamenica u prvoj fazi oblikovanja, čiji je prevjesni rub uništen kompresijom leda
 Phot. 15. Solution pan – kamenitza in initial formation stage. Its overhanged wall is destructed by ice-induced compression

interesantna. Zapravo, na osnovu tragova prevjesnih rubova može se zaključiti da se tu radi o pet kamenica koje su u različitim fazama razvoja (od najstarije do najmlađe), a oblikovane su jedna unutar druge. Najstarija kamenica najvjerojatnije je bila duga oko 14 m, široka oko 7 m, dok joj je dubina dosegala oko 1 m. Četvrta kamenica, koja se nalazi na prijelazu iz druge u treću razvojnu fazu duga je oko 7m, široka 4,5 m, a duboka oko 30 cm. Peta, najmlađa kamenica, je u prvoj razvojnoj fazi i manjih je dimenzija od druge. Također i unutar drugih kamenica, koje su u starijim fazama razvoja mogu se uočiti sekundarno nastale kamenice.

Na čestinu pojave i veličinu kamenica, slično kao i kod oblikovanja žljebova i škrapa, osim litoloških osobina veliko značenje

ima klima. Naime, njihova pojava je rjeđa na nižim dijelovima i u vršnom dijelu Velebita. Osnovni razlog njihovoj rjeđoj pojavi na nižim dijelovima JZ padine je izrazito jako isparavanje (oko 1000 mm) i relativno mala količina padalina (oko 1200 mm) što nepovoljno utječe na intenzitet korozije (Perica i Orešić, 1999.). Suprotno tome, u vršnim dijelovima Velebita uzroke za njihovu rjeđu pojavu treba tražiti prvenstveno u termičkom ograničenju. Upravo niže temperature (u vršnim dijelovima Velebita oko 3,5°C prosječno godišnje, odnosno pojava velikog broja hladnih, ledenih i studenih dana) utječu na sve jače značenje kriogenih procesa u oblikovanju reljefa. Duž pukotina zbog kompresije uvjetovane povećanjem volumena leda dolazi do pucanja stijenskog kompleksa, te na blažim nagibima tako

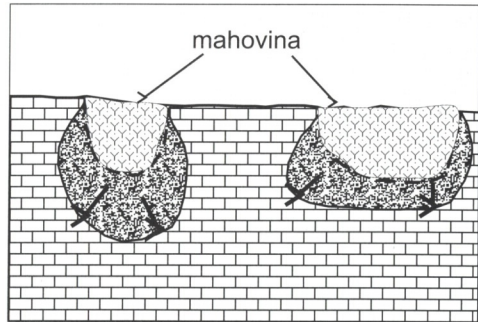
nastalo kršje podsjeća na griž. Da je upravo ekspanzija leda odlučujuća u oblikovanju kamenica najbolje potvrđuje kamenica na vrhu Crikvene (1641 m, fot. 15.). Naime, po svom obliku ona pripada kamenicama prve faze oblikovanja no, njen zdrobljeni prevjesni rub posljedica je jake ekspanzija leda. Tako praktično na samom početku njenog oblikovanja prestaje i njen dalji razvoj.

Upravo stoga, ne čudi da su kamenice najčešće oblikovane, kao i one najvećih dimenzija (Jagin kuk i Prosenjak) na središnjim dijelovima JZ padine (400-1100 m)



Fot. 16. Biokorozijska udubljenja nastala korozijskim djelovanjem bakterija, lišajeva i mahovina

Phot. 16. Root karren formed by biocorrosion of bacteria, lichens and mosses



Sl. 6. Mala biokorozijska udubljenja nastala pod utjecajem mahovine

Fig. 6. Small root karren formed under the influence of mosses

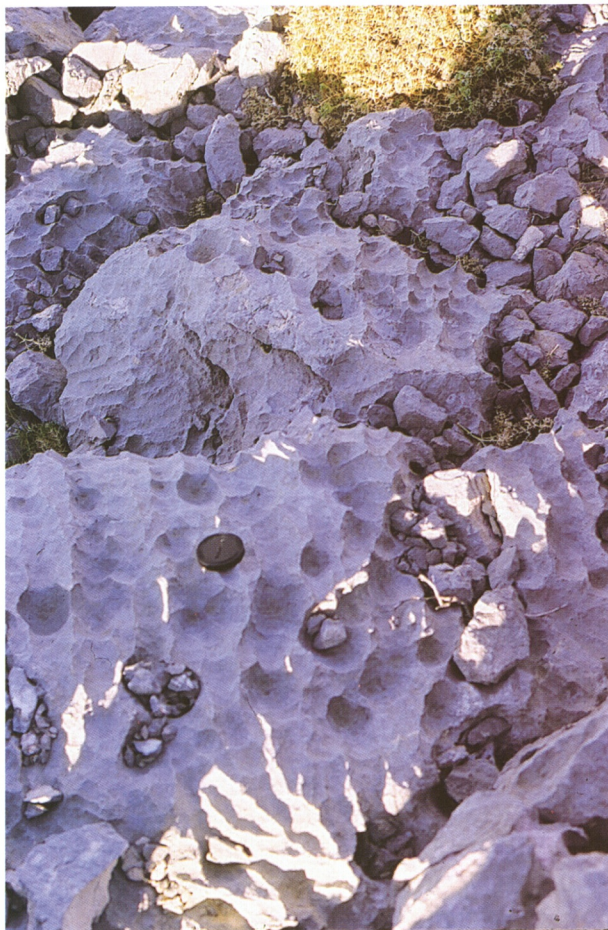
gdje prevladavaju umjerenije temperature zraka (oko 10⁰ C), dok je količina padalina relativno visoka (između 1500-2000 mm) i što je važno, smanjen je i intenzitet isparavanja.

Mjestimično se pojavljuju manja rupičasta udubljenja veličine svega od nekoliko mm do par cm, a nastala su biogenim korozijskim djelovanjem – **biokorozijska udubljenja** (root karren) - (fot. 16.). Javljaju se u dva oblika, prvi nastao pod pedološkim pokrivačem otapanjem stijena korozijskim djelovanjem korijenja biljaka (sl. 6.), i drugi, nastao na golim stijenama zbog korozijskog djelovanja bakterija, lišajeva i mahovina. Prvi tip ovih biokorozijskih udubljenja je dosta rijedak. Nastaju uslijed pojačanog korozijskog djelovanja kiselina koje luči korijenje biljaka. U slučajevima kad dođe do ogoljavanja padine, zbog ravnomjernijeg korozijskog djelovanja atmosferske vode dolazi do njihovog brzog uništavanja. Prema Böglju (1980.) ovaj tip grižina je nakon jednog stoljeća teško prepoznati. To je osobito čest slučaj sa manjim udubljenjima, dok veća udubljenja pogoduju zadržavanju atmosferske vode i daljem korozijskom

oblikovanju, te na taj način često služe kao početni stadij pri nastanku drugih krških formi (npr. kamenica), ili prelaze u drugi tip grižina. Druga vrsta biokorozijskih udubljenja po obliku je identična prvoj, međutim ona nastaje kao posljedica biokorozijskog djelovanja algi, lišajeva i mahovina na goloj karbonatnoj podlozi. Alge se snabdijevaju vodom prvenstveno iz zraka, te na taj način uz vlastiti CO₂ dobivaju i novi, koji je suspendiran u kišnici (Ford i

Williams, 1994.). No, korozijsko djelovanje u dubinu često je usporeno zbog finog glinenog taloga na dnu.

Niži dijelovi JZ padine u pretežito oblikovani na Jelar-naslagama karakterizira pojava **zdjeličastih grižina** (pot-like karren - Poljak, 1929. a). Osnovno obilježje ovog tipa grižina je postojanje cijelog niza zdjelica ili raka manjih dimenzija (fot. 17.). Zdjelice u pravilu rijetko imaju promjer veći od 5 cm, a duboke su 2 - 3 cm. Najčešće se



Fot. 17. Zdjeličaste grižine.
Phot 17. Pot-like karren

javljaju na plohama nagiba 20 - 50°, a koje su prethodno već bile izložene koroziji. U pravilu, radi se o stijenskim blokovima, na kojima je zbog promjene njihovog položaja došlo do zadržavanja vode u novonastalim udubljenjima što je rezultiralo razvojem cijelog niza manjih kamenica. Također, razvoju zdjelica ili kamenica pogodovala je i različita podložnost klasta koroziji. One su naknadno spojene žljebčićima, odnosno njihovim regresijskim korozijskim usijecanjem, pa se često javljaju u kombinaciji (Perica i dr., 1995.). Zbog lateralnog, prvenstveno biokorozijskog djelovanja ponekad dolazi do spajanja zdjelica. U slučaju kad se spoje dvije zdjelice nastaju dvojke, blizanci ili grlice, a ako se spoje tri zovu ih trojke, dok u slučaju većeg broja spojenih zdjelica nastaju plitvenice ili plitvice (Rubić, 1937.). Daljim razvojem žljebova zbog regresivnog i lateralnog korozijskog usijecanja dolazi do uništavanja zdjelica koje

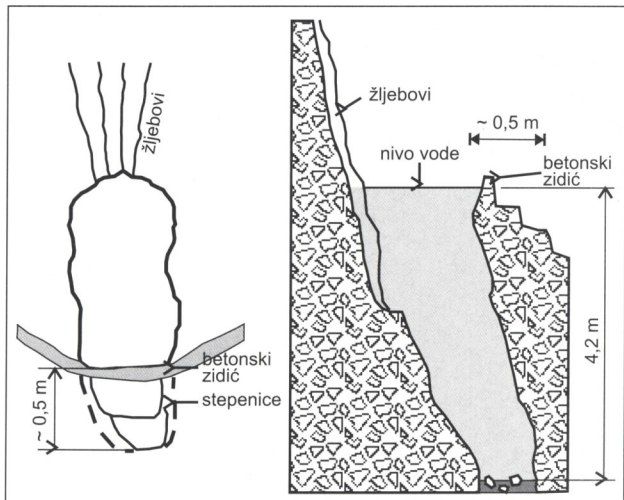


Fot. 18. Škrapski bunar "Čelinka"
 Phot. 18. "Čelinka" karren well

samo zaostaju u vidu manjih, ravnijih proširenja.

Specifičan oblik nastao zbog veće koncentracije vode pri poniranju su **škrapski bunari** (karren well). Najčešće se javljaju na mjestima gdje je došlo do polukružnog, nasuprotnog oblikovanja žljebova duž pukotine. S obzirom da se voda iz žljebova slijeva na vrlo malen prostor u sredini, zbog većeg intenziteta korozije nastaje udubljenje. Dna ovih bunara ispunjena su rezidijumom, a u nekim slučajevima zbog potpunog začepljenja

pukotina nanosom rezidualnih glina dolazi do povremenog ili stalnog zadržavanja vode. Među škrapskim bunarima na području Velebita osobito se ističe "Čelinka" (sl. 7., fot. 18.). Ovaj krški bunar nalazi se na visini od 755 m, nedaleko od Vidakovog kuka. Dug je 1,5 m, širok 0,7 m, a dubok 4,5 m. Voda se u njemu zadržava tijekom cijele godine, a rijetko se spušta ispod razine od 4 m. Na stranama bunara do dubine od 2,2 m nastavljaju se žljebovi, dok su strane bunara ispod toga glatke. Dno bunara ispunjeno je finim muljem i glinom (u kojima se nalaze i manji komadi kršja), čija debljina doseže mjestimično i preko 50 cm. Glatke strane donjeg dijela bunara, kao i mulj ukazuju da je došlo do korozijskog otapanja nekad akumuliranog materijala (fragmenti stijena), i sufozijskog odnošenja (finijeg-glinovitog) materijala koji je začepio pukotine u dnu, spriječivši tako dalje otjecanje vode. Analizom vode ustanovljeno je da je ona još uvijek aktivna (Perica, 1998.). To se zapaža



Sl. 7. Škrapski bunar "Čelinka"
 Fig. 7. Karren well "Čelinka"

i na stranama samog bunara gdje su bridovi potopljenih žlijebova poprimili blaži izgled, kao posljedica ravnomjernijeg korozijskog djelovanja vode.

Također je zanimljiv slučaj pojave cijelog niza manjih škrapskih bunara na Jaginom kuku u NP "Paklenica". Razvoj krških bunara je povezan uz meandarski žlijeb koji u zaleđu ima veliku površinu prihrane vodom. U meandrima je zbog jače turbulencije vode, i na taj način ostvarene apsorpcije novog CO₂ iz zraka, došlo do jačeg korozijskog djelovanja i oblikovanja udubljenja. Postupno, uz korozijsko djelovanje vode koja otječe žlijebom, sve veće značenje dobiva pri širenju i produbljivanju udubljenja i biokorozijski proces jer je u njima došlo do akumulacije tanjeg humusnog pokriva i rasta biljaka.

Voda koja se cijedi niz stijenu prilikom poniranja u tlo, zbog toga što je još uvijek aktivna, zapravo i pojačana sa CO₂ biogenog porijekla korodira karbonatnu stijensku podlogu stvarajući podrezana udubljenja koja su najizraženija u neposrednoj zoni kontakta. U slučajevima kad se ovakav način korozijskog djelovanja duže vrijeme odvija oko karbonatnih stijenskih blokova koji vire iz tla dolazi do oblikovanja **krških stolova** (karren tables), a koji predstavljaju poseban oblik grižina (Bögli, 1980.).

Na JZ, primorskoj padini Velebita česta je pojava golog stjenovitog krša, koji vrlo često obilježava izmiješanost raznih tipova grižina. Takva područja poznata su kao **ljuti krš ili ljut** (karren fields), a prevladavaju ona oblikovana od škrapa ili **škrapari**. Najveće površine zauzimaju na nižem-mlađem pedimentu na visini između 200-350 m (fot. 9.). Osobito se ističu škrapari iznad Barić-Drage i Zavrtnice. U morfološkoj strukturi

škrapara prevladavaju mrežaste škrape raznih faza razvoja. Razvoju škrapara na mlađem (nižem) pedimentu osobito su pogodovali manji nagibi padina. Škrapari nastali na strmijim dijelovima padine, u starijim fazama razvoja zbog gravitacijskog kretanja griža oblikuju kolvijalne zastore (Bognar, 1992.). Stariji škrapari zbog trošenja (korozijskog i mehaničkog) su u znatnoj mjeri prešli u fazu griža - grohota. Fragmenti tako nastalog kršja zatrpavaju pukotine. Škrapari su izuzetno teško prohodni i predstavljaju predjele najljućeg krša. Pedološki pokrov, a osobito vegetacijski, izuzetno je rijedak i ograničen je na manje nakupine u škrapskim udubljenjima. Na pojavu tako velikih površina pod škrapama utjecao je čovjek svojom djelatnošću. Već navedenim paljenjima šuma radi stvaranja pašnjačkih površina došlo je do spiranja tankog pedološkog pokriva (Simonović, 1921., Cvijić, 1927. i Rogić, 1958.). Na strmijim dijelovima padine (zbog većeg specifičnog intenziteta otjecanja) spiranje je imalo još veći utjecaj, a osobito značenje imale su kratkotrajne intenzivne padaline. Na zaravnjenim dijelovima veće značenje imala je deflacija, odnosno otpuhivanje tla vjetrom, u prvom redu burom koja na tim dijelovima često doseže i orkansku snagu.

Na mjestima gdje je u Jelar naslagama došlo do taloženja veće količine gline ili lapora, te zbog njihove veće podložnosti destrukciji došlo je do stvaranja šupljina i udubina najrazličitijih oblika i dimenzija (Bahun i Fritz, 1975.). S obzirom da podsjećaju na krške oblike treba ih razlikovati jer je njihova geneza prvenstveno vezana uz sufozijsko djelovanje vode, dok je korozija uglavnom imala zanemarivu ulogu, ograničenu na njihove rubne dijelove (Perica, 1998.).

U priobalnom području, osobito u zoni mrkjenje (kameni, vlažni dio obale na kojoj žive razni organizmi, te je zbog toga tamne boje i jako izložena biokorozijskom modeliranju – Roglić i Birg 1974.), kao posljedica kombiniranog korozijskog djelovanja morske i atmosferske vode, te algi i lišajeva (Folk i dr, 1973., Verges, 1985.) došlo je do oblikovanja **priobalnih grižina** (surf karen). Njihovom razvoju prethodilo je ogoljavanje priobalnog dijela karbonatnih stijena abrazijskim djelovanjem valova. Kapljice morske i atmosferske vode oblikuju grižine najrazličitijih oblika. Evolucijski gledano, nalaze se različitim fazama oblikovanja, a na to ukazuje izmiješanost pojave žlijebova, škrapa i kamenica.

5. ZAKLJUČAK

Iako je oblikovanje grižina karakteristično za sve dijelove Velebita u čijem sastavu sudjeluju karbonatne naslage, one su najuočljivije na JZ, primorskoj padini. U prvom redu to je posljedica negativnog utjecaja ljudske djelatnosti. Najveći dio Velebita je ogoljen uništavanjem šumskog pokrova radi stvaranja pašnjačkih površina. Ogoljenjem padine na površinu su izbili brojni oblici grižina. Da je intenzivni razvoj grižina prisutan (ali pod pedološkim pokrovom) i na drugim dijelovima Velebita ukazuje njihova pojava na manjim površinama koje su u novije vrijeme ogoljene, kao i njihova pojava na karbonatnim blokovima koji vire iz tla.

S obzirom na dimenzije grižina, osobito na središnjim i nižim dijelovima JZ padine koje su u pravilu veće od onih u višim dijelovima, treba se složiti s Böglijem (1980.) da je njihov razvoj (kao i drugdje na nižim

nadmorskim visinama, na europskom dijelu Mediterana) dijela ovih grižina trajao i za zadnjeg razdoblja oledbe. To potvrđuje i recentni razvoj žljebova u Julijskim Alpama na visinama do 2500 m (Kunaver, 1985.), pri srednjoj godišnjoj temperaturi zraka od $-1,8^{\circ}\text{C}$ (Bernot, 1985.). Tolika srednja godišnja temperatura zraka na JZ padini bila je tijekom virna na visini od približno 500 m, a mjestimično zbog povoljnih ekspozicija dosezala je i u više predjele. To osobito vrijedi za najveće primjerke žlijebova. Dapače, nepostojanje pukotina onemogućilo je zadržavanje vode, kaja bi se zbog niskih temperatura ledila, što bi zasigurno rezultiralo mehaničkom destrukcijom pukotinskih i mrežastih škrapa. Tome treba dodati da se ovi žlijebovi nalaze na površinama čiji je nagib veći od 60° gdje ne dolazi do zadržavanja snijega, već se on osipa (Šegula, 1985.). Na višim dijelovima Velebita prevladavali su periglacialni, a u vršnom dijelu i glacialni procesi koji su destruirali starije pukotinske i mrežaste škrape. Destrukcija pukotinskih i mrežastih škrapa periglacialnim procesima na JZ padini u mnogome je pridonijela oblikovanju pedimenata i tijekom kvartara (Bognar, 1992.). U vršnom dijelu Velebita, na područjima koja su bila obuhvaćena oledbom, pukotinske i mrežaste škrape iz predglacialnog doba uništene su egzarazijom ledenjaka. Upravo razvoj žlijebova većih dimenzija i u vršnim dijelovima ukazuje da je postglacialni korozijski proces intenzivan. Slična zapažanja iznosi i Riđanović (1964. i 1966.) za više dijelove Orjena. Razvoj većih žlijebova u vršnim dijelovima Velebita može se objasniti osjetno agresivnijim utjecajem vode u uvjetima hladnije planinske klime (Corbel, 1959.).

6. POPIS LITERATURE I IZVORA

- Bahun, S. i Fritz, F. (1975.): Hidrogeološke specifičnosti Jelar-naslaga Like. Geološki vjesnik, 28, str. 345-355, Zagreb
- Bernot, F. (1985.): Podneblje. Triglavski narodni park, Vodnik, str. 57-61; Bled
- Bognar, A. (1992.): Pedimenti Južnog Velebita. Geografski glasnik, 54, str. 19-32, Zagreb
- Bognar, A. i Blazek, I. (1986.): Geomorfološka karta područja V. Paklenice 1 : 25 000. Simp. O kraškem površju, Postojna 1985., Acta Carsologica 14-15, str. 197-206, Ljubljana
- Bögli, A. (1980.): Karst Hydrology and Physical Speleology. Springer Verlag, str. 1-284, Berlin, New York
- Corbel, J. (1959.): Erosion en terrain calcaire (Vitesse d'erosion et morphologie). Annales de géographie, A. 68 No 366, Paris
- Cvijić, J. (1895.): Karst. Geografska monografija, str. 1-173, Beograd
- Cvijić, J. (1926.): Geomorfologija. Knjiga II, str. 1-506, Beograd
- Cvijić, J. (1927.): Škrabe. Glasnik SGD, str. 17-29, Beograd
- Državni hidrometeorološki zavod. Arhiva za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. godine, Grič 3 Zagreb
- Folk, R. L., Robert, H. H., & Moore, C. M. (1973.): Black Phytokarst from Hell. Cayman Islands, West Indies, Geol. Soc. Americ. Bull. 84, str. 2351-2360
- Ford, D. & Williams, P. (1994.): Karst Geomorphology and Hydrology. Chapman and Hall, str. 1-601, London
- Fras, F., J. (1835.): Vollständige Topographie K. u. K. Karlstadter Militargrenze. Agram
- Gams, I. (1974.): Kras. Slovenska matica, Ljubljana
- Gams, I. (1985.): Mednarodne primerjalne meritve površinske korozije s pomočjo standardnih apnenaških tablet. Zbornik Ivana Rakovca, Rasprave IV razreda SAZU, str. 361-386, Ljubljana
- Gavrilović, D. (1964.): Kamenice – Mali korozivni oblici na krečnjaku. Glasnik SGD 44/1, str. 53-60, Beograd
- Hauer, F. (1867-1871.): Geologische Übersichtskarte Oesterreichisch-Ungarischen Monarchie nach den Aufnahmen der k. k. Geologischen Reichsanstalt bearbeitet von F. Ritter von Hauer. Geol. Reichsanst. Verlag Beck und Sohn, Buchhandl. Alfred Holder, Wien
- Kirigin, B. (1967.): Klimatske karakteristike Sjevernog Velebita. Zbornik radova X kongresa klimatologa Jugoslavije, Kopaonik 1967., Beograd
- Kunaver, J. (1985.): Relief. Triglavski narodni park, Vodnik, str. 29-56, Bled
- Perica, D. & Kukić, B. (1992.): Karren on the Sout Velebit Range. International Symposium "Geomorphology and Sea", Mali lošinj 1992., str. 153-157, Zagreb
- Perica, D., Kukić, B. i Trajbar, S. (1995.): Egzo-krške osobine Nacionalnog parka Paklenica. Paklenički zbornik vol. 1, Simpozij povodom 45. godišnjice NP "Paklenica", str. 65-69, Starigrad-Paklenica

Perica, D. i Orešić, D. (1997.): Prilog poznavanju klimatskih obilježja Velebita. *Acta Geographica Croatica*, vol 32, str. 45-68, Zagreb

Perica, D. (1998.): Geomorfologija krša Velebita. Doktorska disertacija, Geografski odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-251, Zagreb

Perica, D. i Orešić, D. (1999.): Klimatska obilježja Velebita i njihov utjecaj na oblikovanje reljefa. *Senjski zbornik*, god. 26, str. 1-50, Senj

Poljak, J. (1929. a): Geomorfološki oblici krednih kršnika Velebita. *Vijesti geološkog zavoda* br. 3, str.53-85, Zagreb

Poljak, J. (1929. b): Planinarski vodič po Velebitu. *HPD*, str. 1-277, Zagreb

Riđanović, J. (1964.): Glacijalni relikti kao kriterij za kronološko određivanje morfogeneze prevladavajućih oblika krša. *Zbornik VII kongresa geografa SFRJ*, str. 279-290., Zagreb

Riđanović, J. (1966.): Orjen. *Radovi Geografskog instituta u Zagrebu*, br. 5, str. 1-103, Zagreb

Rogić, V. (1956.): Razlike pejisaža velebitskih padina. *Geografski glasnik* br. 18, str. 16-32, Zagreb

Rogić, V. (1958.): Velebitska primorska padina. *Radovi Geografskog instituta u Zagrebu*, br. 2, str. 1-114, Zagreb

Roglić, J. i Birg, V. (1974.): Krška terminologija naroda Jugoslavije. *Knjiga III (Prilog hrvatskoj krškoj terminologiji. Krš Jugoslavije 9/1*, str. 1-72, Zagreb

Rubić, I. (1936.): Mali oblici na obalnom reljefu istočnog Jadrana. *Geografski vestnik*, br. 12-13, str. 3-53, Ljubljana

Salopek, M. (1952.): O gornjem permu Velike Paklenice u Velebitu. *Rad JAZU* br. 289, Odj. priir. nauka knj. 4, str. 5-14, Zagreb

Simonović, R. (1921.): O škrapama. *Glasnik SGD*, br. 5, str. 142-155, Beograd

Šegula, P. (1985.): Sneg led plazovi. *Planinska založba Slovenije*, str. 1-301, Ljubljana

Verges, V. (1985.): Solution and associated features of limestone fragments in calcareous soil (lithic calcixeroll) from southern France. *Geoderma* 36, str. 109-22

Zelenika, R. (2000.): Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stučnog djela. *Četvrto izdanje*, *Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci*, str. 1-781, Rijeka

Summary

TYPES OF GRIKES AND THEIR GENESIS ON THE VELEBIT MOUNTAIN

by DRAŽEN PERICA, TIHOMIR MARJANAC and IRENA MRAK

This paper discusses on karren types and their genesis on the Velebit Mt. Karren in this paper includes all types of korrosion features such as rillen karren, covered karren, humus-water-groves, wall karren, meandering karren, fissure and network karren, exhumed karren, «tufa», solution pans, pot-like karren, root karren, debris karren, karst tables, karren wells, karren fields, and surf karren. This research covered the whole of the Velebit Mt., but it is most detailed on the northern and southern part of the Velebit Mt. The frequency and size of individual karren are controlled by a) tectonics, b) lithology, c) structural, geomorphological, pedological, and climatological factors, and d) antropogenic factors. The karren in central and lower parts of the SW Velebit Mt. flank are by the rule larger than their higher-located counterparts. The

lack of fissures and rillen karren did not retard surficial water drainage, which would freeze under the low temperature and result in mechanical destruction of fissure and network type karren. It must be also noted, that these furrows occur on very steep slopes, some of which exceed 60°, where snow does not accumulate but only sips away. The destruction of fissure and network type karren by periglacial processes, largely contributed to the formation of pediment during the Quaternary. The preglacial fissure and network type karren were destructed by glacier exaration on the Velebit Mt. top part, and in the areas which were affected by glaciation. The intensity of postglacial corrosion is documented by development of larger furrows also in higher parts of the mountain.

Dr. sc. Dražen Perica, viši asistent, Geografski odsjek
PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19/II, 10000
Zagreb, Hrvatska

Dr. sc. Tihomir Marjanac, izv. prof., Geološki odsjek
PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, Zvonimirova 8, 10000
Zagreb, Hrvatska

Irena Mrak, asistent, Oddelek za geografijo, Filozofska
Fakulteta u Ljubljani, Aškerčeva 2, 1000 Ljubljana,
Slovenija