

PERIGLACIJALNI RELJEF NA PODRUČJU VELEBITA

DRAŽEN PERICA

SANJA LOZIĆ

PMF Zagreb, Geografski odsjek

Faculty of Science - Zagreb, Dept of Geography

IRENA MRAK

Filozofska Fakulteta v Ljubljani, Oddelek za geografijo

Faculty of Philosophy – Ljubljana, Dept of Geography

UDK: 551.792(234.422.1)

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

Primljeno: 2001-12-20

Received:

Iako je Velebit niska planina koja se nalazi u umjerenom klimatskom pojasu, u njegovom vršnom dijelu javljaju se periglacialni procesi u oblikovanju reljefa. Razlog tome je međuovisnost djelovanja geoloških, geomorfoloških, klimatskih, vegetacijskih i pedoloških značajki, ali i dugotrajnih antropogenih i zoogenih utjecaja. Među periglacialnim oblicima mogu se izdvojiti oni nastali snježnim i mraznim procesima..

Ključne riječi: Velebit, periglacialni reljef, snježno oblikovanje, mrazni procesi i oblici

Although the Velebit is a low mountain situated in the moderate climate zone, there exist periglacial processes in relief modelling in its highest part. The reason for this is interdependence of geological, geomorphological, climatic, vegetational and pedological influences, but also long antropogenic and zoogenic influences. Among periglacial forms the features which originated from the activity of nival and frost processes can be singled out.

Key words: Velebit mountain, periglacial relief, nival modelling, frost processes and forms

Uvod

U vršnim dijelovima Velebita (iznad 1400 m) osim krških i padinskih recentnih procesa za oblikovanje reljefa od važnosti su i periglacialni procesi. Njihova pojava uvjetovana međuovisnošću geoloških, reljefnih (odnosno nagibu padina), vegetacijskih, pedoloških i klimatskih značajki prostora. Utjecaj periglacialnih procesa na oblikovanje

reljefa pospješen je antropogenim i zoogenim utjecajima.¹ Zbog specifičnosti mikroklimе, prvenstveno obilježene termičkim inverzijama, periglacialni procesi mjestimično se pojavljuju i na nadmorskim visinama od oko 1000 m. Izdvojiti se mogu reljefni oblici nastali utjecajem snijega i kriogenim procesima. Tijekom pleistocena, kriogeni procesi utjecali su na oblikovanje reljefa središnjih i nižih dijelova padina Velebita.

Dosadašnja istraživanja

Iako već od kraja 18. stoljeća Velebit privlači prirodoslovce (B. Hacquet, 1785.) koji proučavaju njegova geomorfološka obilježja, tek sredinom 20. st. J. Poljak (1947.) i V. Rogić (1958.) ukazuju u svojim radovima i na probleme periglacialnog oblikovanja reljefa na Velebitu. Međutim, osnovna problematika koju oni proučavaju je oledba Velebita (odnosno njeno nepostojanje - J. Poljak) i regionalna problematika (V. Rogić), dok su periglacialni procesi i oblikovanje samo uzgredno razmatrani. Prvi koji proučava recentno ali i pleistocensko periglacialno oblikovanje reljefa na području Velebita je S. Belij (1986. a i 1986. b). U okviru svojih proučavanja A. Bognar (1992., 1994. i 1995.), te A. Bognar i I. Blazek (1986.) ukazuju na značenje periglacialnog oblikovanja reljefa vršnog dijela Velebita. Za istraživanje recentnih periglacialnih procesa i oblikovanja reljefa na području Velebita veliko značenje imaju i geobotanički (Horvat 1949.), pedološki, te klimatološki radovi. Među autorima koji u svojim radovima proučavaju klimatska obilježja Velebita, a imaju iznimno značenje pri istraživanju periglacialnog oblikovanja reljefa treba istaknuti one V. Rogića (1958.), B. Kirigina (1967.), S. Bertovića (1975. i 1980.), te D. Perice i D. Orešića (1999.).

Metode rada

S obzirom na problematiku rada osnovni način istraživanja bio je vezan uz terenska opažanja. Na taj način bilo je moguće precizno definirati pojedine procese i njihov utjecaj na oblikovanje reljefa. Terenskim istraživanjima, odnosno uvidom u petrografski sastav, dominantne klimatske procese, vegetacijski i pedološki pokrov, ali i antropogene i zoogene utjecaje, omogućilo je morfo-genetsku klasifikaciju i utvrđivanje rasprostiranja pojedinih areala periglacialnih reljefnih oblika. Prilikom terenskih izlazaka promatran je utjecaj snijega, leda i vjetra na padinama različitih ekspozicija i nagiba, te razlike u mikrooblicima koji su oblikovani kao posljedica njihove međuovisnosti.

¹ Zbog ljetnih suša koje su osobito izražene na nižim i središnjim dijelovima JZ (primorske) velebitske padine, vršni dijelovi Velebita su još od predpovijesti pružali neophodnu ispašu stanovništvu padine, ali i susjednih područja (posebno Ravnih kotara i Bukovice). Kao posljedica toga u vršnim dijelovima Velebita, kao i na samoj JZ padini, u znatnoj je mjeri devastiran prirodni šumski pokrivač radi stvaranja pašnjačkih površina (MARKOVIĆ, 1980.), što se u znatnoj mjeri odrazilo i na pedološke i mikroklimatske značajke tih područja.

Također su korišteni klimatološki podatci (temperature, padaline i vjetar) Državnog hidrometeorološkog zavoda za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. godine.²

Rasprava i rezultati

Utjecaj geoloških značajki na periglacialno oblikovanje reljefa

Pri periglacialnom oblikovanju reljefa veliko značenje imaju strukturne osobine stijenskog kompleksa, odnosno gustoća pojave primarnih i sekundarnih pukotina i šupljina, kao i nagib slojeva. Iako na cijelom području Velebita u njegovoj građi prevladavaju karbonatne naslage čiji su slojevi nagnuti prema moru i općeg pravca pružanja JI – SZ, one u njegovim vršnim dijelovima (iznad 1200 m) dominiraju. Čestina pojave primarnih pukotina iznimno je velika kod "klastičnih" karbonatnih naslaga tercijarne starosti (Jelar – naslage). Kod uslojenih naslaga (vapnenci i dolomiti) uz primarne pukotine, među kojima se po svom značenju posebno ističu dijastrome (međuslojne pukotine), veliko značenje imaju tektonskim pokretima nastale brojne, manje sekundarne pukotine (brahiklaze i leptoklaze). Postojanje ovih pukotina uvjetovalo je jako kriogeno razaranje stijenskog kompleksa u vršnim dijelovima Velebita, ali i na nižim, osojnim, padinama. U hladnijem dijelu godine (s temperaturama ispod 0 °C) led u pukotinama kompresijski djeluje na stijensku podlogu, što rezultira njezinim mehaničkim trošenjem.

Prevlast propusnih i djelomično propusnih karbonatnih stijena u kombinaciji s nepovoljnim pluviotermičkim režimom u znatnoj mjeri pospješuje izrazite ljetne suše tako da one vrlo često zahvaćaju i sam vršni dio Velebita. Kao posljedica toga razvio se specifičan busenasti travni pokrov kao što su trava tvrdača (*Nardus strica*) i uskolisna šašika (*Sesleria tenuifolia*), a koji dominira na obešumljenim dijelovima JZ padine i vršnog dijela Velebita. Na padinama s blažim nagibom (<12°) i na dnima depresija, u kombinaciji s raspadnutim kršjem, njihova pojava može navesti na krivi zaključak da se radi o djelovanju krioturbiacijskih i gelsoliflukcijskih procesa.

Nagibi padina i njihovo značenje za periglacialno oblikovanje reljefa

Pri periglacialnom oblikovanju reljefa veliko značenje ima nagib padina. Kretanje snijega u obliku lavina najizrazitije je na padinama nagiba od 30° do 60°, dok je na njihovim položitim dijelovima uočljivo njegovo puzanje. Na padinama nagiba većeg od 60° snijeg se odmah osipa, pa su kriogeni procesi izrazitiji (nedostatak snijega kao termoizolatora). Na dijelovima padina s nagibom manjim od 12° razdrobljeni materijal se usporenije pokreće, a na strmijim padinama (većim od 32°) prisutni su procesi urušavanja.

² Ovaj niz je odabran zbog toga što je klimatološka postaja Karlobag (30 m) radila u razdoblju od 1. listopada 1966. do 25. listopada 1976. Ovom prilikom autori zahvaljuju Državnom hidrometeorološkom zavodu, Odsjeku za klimatologiju iz Zagreba (Grič 3) na susretljivosti i dopuštenju korištenja podataka.

Klimatske značajke i njihov utjecaj na periglacialno oblikovanje reljefa

Klimatski elementi važni su s obzirom da utječu na intenzitet i duljinu trajanja periglacialnih procesa. Granični položaj Velebita između primorja i unutrašnjosti dolazi do izražaja u klimatskim obilježjima gorskog hrpta. Velebit sprečava miješanje najnižeg sloja zraka s jedne i druge strane do visine od oko 1000 m. S obzirom na to da leže na nejednakim podlogama, svojstva zraka s obje strane Velebita se bitno razlikuju. JZ (primorska padina) podvrgnuta je utjecaju mora, a SI se prilagođuje uvjetima na kopnu što bitno utječe na razlike u temperaturi i vlažnosti zraka, vjetrova i vjetrovitosti, naoblaci i padalinama (PENZAR, PENZAR 1995.).

Temperatura zraka

Termički utjecaj mora ograničen je na uzak obalni pojas i središnje dijelove JZ velebitske padine (približno do 900 m visine), što se najbolje ogleda u zastupljenosti vegetacijskog pokrova. U navedenom pojasu skoro u potpunosti prevladava submediteranska vegetacija. U obalnom dijelu srednja godišnja temperatura zraka varira oko 15 °C. Zime su blage uz približnu temperaturu najhladnijeg mjeseca (siječanj) od oko 6,5 °C (sl. 1., tab. 1.). Utjecaj kriogenih procesa zbog iznimno malog broja hladnih (17,8) i ledenih (1,7) dana gotovo je u potpunosti zanemariv (tab. 2., 3. i 4.)³. Tome u prilog treba dodati i činjenicu, da se hladni i ledeni dani u priobalju javljaju prvenstveno u razdobljima kad puše jaka bura koja pridonosi brzom sušenju i evaporaciji gole karbonatne podloge koja dominira na JZ padini, te i na taj način dolazi do sprečavanja mogućeg nastanka leda u stijenskim pukotinama i njegovog mehaničkog djelovanja.

Tab. 1. Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (u °C)

Tab. 1 The middle monthly and annual air temperatures (in °C)

Postaja	n.v. (m)	M j e s e c i												god.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Karlobag	30	7,2	8,3	9,7	13,7	18,5	22,1	25,4	24,9	20,8	16,2	12,3	7,9	15,6
B. Oštarije	924	-1,0	-0,2	1,8	5,9	11,1	13,9	16,7	15,8	12,4	7,7	3,8	-0,8	7,3
Zavižan	1594	-3,6	-4,0	-2,4	1,2	6,7	9,5	12,1	11,8	8,8	4,6	0,7	-3,1	3,5
Gospić	564	-1,2	0,7	3,4	7,9	13,1	15,9	17,9	17,1	13,5	8,3	4,5	-1,0	8,3

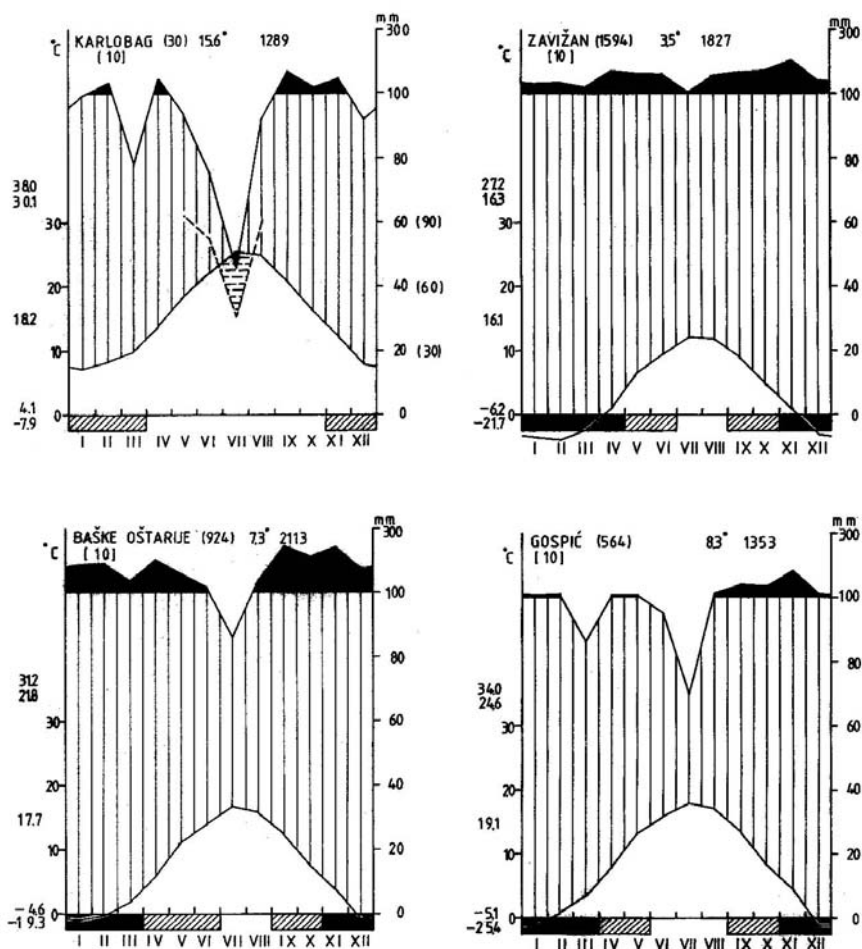
Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb (DHMZ), podaci za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. god.

S porastom visine temperatura zraka na JZ padini naglo opada⁴. Tijekom hladne polovice godine na višim dijelovima Velebita (iznad 900 m) česta je pojava hladnih, ledenih te studenih dana koji utječu na zaleđivanje vode u stijenskim pukotinama i pojavu

³ Studeni dani na odabranim postajama Senj (26 m) i Karlobag (30 m) u promatranom razdoblju nisu uopće zabilježeni.

⁴ Međutim, opadanje temperature nije ravnomjerno s visinom, već je brže na nižim, a polaganije na višim dijelovima. Tako, godišnji vertikalni gradijent temperature između Karlobaga i Baških Oštarija iznosi 0,93 °C, dok je između Baških Oštarija i Zavižana znatno niži (0,57 °C). Također, tijekom godine postoje razlike u vertikalnom gradijentu temperature. Ljeti je veći (Karlobag – Zavižan 0,85 °C), a zimi je manji (Karlobag – Zavižan 0,69 °C) (PERICA, OREŠIĆ, 1997.)

kriogenog procesa. Iako je dnevno kolebanje temperature zraka tijekom zimskih mjeseci na Zavižanu (1594 m), a osobito na Baškim Oštarijama (924 m) svega oko 2 °C, zbog čestog kolebanja temperature oko 0 °C dolazi do učestalog otapanja i ponovnog zaleđivanja vode i time do jakog mehaničkog trošenja stijena.



Sl. 1. Walterovi klima-dijagrami za Karlobag (30 m), Baške Oštarije (924 m), Zavižan (1594 m) i Gospić (564 m) (listopad 1966. – rujan 1976.)

Fig. 1 Walter's climadiagrams for Karlobag (30 m), Baške Oštarije (924 m), Zavižan (1594 m) and Gospić (564 m) (October 1966 – September 1976)

*Padaline*Tab. 2. Prosječan mjesečni i godišnji broj ledenih dana ($T_{x_{max}} \leq 0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$)Tab. 2 The average monthly and annual number of ice cold days ($T_{x_{max}} \leq 0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$)

Postaja	n.v. (m)	M j e s e c i												god.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Karlobag	30	4,1	2,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,2	11,7
B. Oštarije	924	9,1	5,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	8,5	30,3
Zavižan	1594	17,6	15,5	13,3	5,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	2,8	6,4	13,7	74,9
Gospić	564	9,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	11,0		26,8

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb, podaci za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. god.

Tab. 3. Prosječni mjesečni i godišnji broj hladnih dana ($T_{n_{min}} \leq 0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$)Tab. 3 The average monthly and annual number of cold days ($T_{n_{min}} \leq 0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$)

Postaja	n.v. (m)	M j e s e c i												god.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Karlobag	30	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
B. Oštarije	924	23,4	21,8	19,8	11,3	0,6	0,3	0,0	0,0	0,4	6,8	13,4	22,9	123,7
Zavižan	1594	29,2	27,3	24,9	17,5	4,0	1,0	0,0	0,0	1,7	9,6	18,1	27,6	160,9
Gospić	564	26,0	20,0	19,0	8,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	9,0	15,0	26,0	126,8

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb, podaci za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. god.

Tab. 4. Prosječni mjesečni i godišnji broj studenih dana ($T_{n_{min}} \leq -10,0 \text{ } ^\circ\text{C}$)Tab. 4 The average monthly and annual number of chilly days ($T_{n_{min}} \leq -10,0 \text{ } ^\circ\text{C}$)

Postaja	n.v. (m)	M j e s e c i												god.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Karlobag	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B. Oštarije	924	3,6	3,0	2,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,8	5,2	13,9
Zavižan	1594	6,1	6,3	5,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5	7,1	26,3
Gospić	564	5,0	3,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	5,0		17,0

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb, podaci za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. god.

Zimi su zavale Gackog, Ličkog i Gračačkog polja zbog visoke barijere Velebita ispunjene hladnim zračnim masama, a pojava vedrine (zbog toga je jako hlađenje noćnom dugovalnom radijacijom) i tišine pogoduje temperaturnim inverzijama⁵. Jako hlađenje dna polja ogleda se i u velikom broju hladnih dana (u Gospiću 126 god.), a često

⁵ Apsolutna minimalna temperatura zraka zabilježena u Gospiću (-25,4 °C) i Gračacu (na 560 m je -24,4 °C) niža je nego u Baškim Oštarijama (-19,3 °C) i Zavižanu (-21,7 °C).

kolebanje temperature oko 0 °C pospješuje mrazno trošenje stijenskih kompleksa. Na nižim dijelovima SI padine, promjena temperature s porastom visine zimi je zanemariva⁶. Zbog specifičnih termičkih osobina zavalu polja temperatura zraka u godišnjem prosjeku na SI padinskoj fasadi Velebita polaganije opada s visinom na nižem, a brže na višem dijelu padine.

Mikroklimatska mjerenja, tijekom razdoblja lipanj - listopad od 1963. do 1967. godine, na visini od 5 cm iznad tla u Modrić dolcu (700 m udaljenom i 74 m nižem od meteorološke postaje na Zavižanu) daju važne podatke za poznavanje mikroklimatskih prilika u ponikvama vršnog dijela Sjevernog Velebita (KIRIGIN, 1967.). Mjerenja koja su provedena na pet lokacija u raznim vegetacijskim zajednicama pokazala su da za vedrih i mirnih noći tijekom ljeta temperatura zraka 5 cm pri tlu ima za 10 do 12 °C niže vrijednosti u zajednici trave tvrdače nego na samoj postaji i vrlo često ima negativne vrijednosti. Temperature su također osjetno niže i u zajednici oštre vlasulje (*Festuca pungens*) i klekovine bora krivulja (*Pinus mugo*) (KIRIGIN, 1967.). S obzirom da te zajednice prevladavaju i u ostalim vršnim dijelovima Velebita (iznad visine od 1400 m, a u ponikvama i uvalama zbog termičkih inverzija pojavljuju se i na visinama od 1170 m, Bunovac), one jasno ukazuju na utjecaj mehaničkog trošenja na oblikovanje reljefa Velebita.

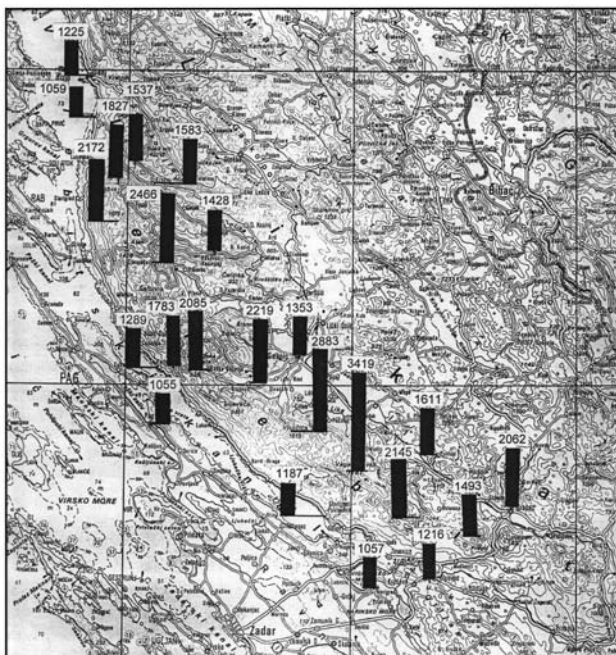
Zbog izloženosti Velebita jugozapadnom vlažnom strujanju zraka s mora karakteristične su obilne orografske padaline. Najmanju količinu padalina ima obalni dio, odnosno najniži dijelovi JZ padine (oko 1200 mm godišnje) (sl. 2., tab. 5.). S porastom visine količina padalina se povećava, no to povećanje nije ravnomjerno. Najmanja je na prostoru JZ padine sjevernog Velebita gdje izohijeta od 2000 mm prelazi visinu od približno 1400 m⁷. Na području srednjeg Velebita godišnja količina padalina je znatno veća, a izohijeta od 2000 mm (na JZ padini) prema JI postupno se spušta na visinu od 900 m na SZ padini, odnosno do same zavale dna polja na SI padini. Najveća količina padalina (preko 2500 mm) padne u vršnom dijelu južnog Velebita, a osobito u njegovoj zavjetrini na SI padini (Visočica 2883 mm; Bunovac 3419 mm). Dalje, na području jugoistočnog Velebita količina padalina se smanjuje ispod vrijednosti od 2000 mm godišnje.

Na području Velebita količina padalina je veća u hladnijoj, nego u toplijoj polovici godine. Sve kišomjerne postaje imaju maksimum padalina u jesen, a sporedni maksimum u proljeće. Amplituda najmanje i najveće količine padalina povećava se od sjevernog prema južnom Velebitu. S porastom nadmorske visine uočava se ravnomjerniji raspored godišnje količine padalina. Za oblikovanje reljefa veliko značenje ima činjenica

⁶ Tijekom siječnja temperatura zraka između Gospića i Baških Oštarija raste za 0,06 °C kroz 100 m, dok između Gospića i Zavižana opada za 0,23 °C kroz 100 m (PERICA, OREŠIĆ, 1997.).

⁷ Pri mjerenju količine padalina u planinskim područjima vrlo često dolazi do pogreške koja je posljedica utjecaja vjetra i snijega. Količina izmjerenih padalina često je manja i za 20%, zbog njihova kosog padanja pod utjecajem jakog vjetra ili stvaranja snježnih kapa na kišomeru koje onemogućavaju dalji upad čestica, pa je zbog toga izmjerena količina padalina manja (MILKOVIĆ, 1986.). Tako se zbog specifičnog mikroklimatskog položaja (vrhovi) i izloženosti jakim vjetrovima može pretpostaviti da je na Zavižanu i Čelavcu (1207 m) pogreška i znatno veća. To potvrđuju i tri kontrolna totalizatora koji su postavljeni u neposrednoj blizini meteorološke postaje Zavižan. Dok je prosječna godišnja količina padalina u krugu postaje 1827 mm, na kontrolnim totalizatorima je ona veća (Zavižan I 1956 mm, Zavižan II 2089 mm i Zavižan III 2331 mm). Također, kao posljedica utjecaja jakog vjetra zadržavanje snijega na postaji Čelavac uopće se ne mjeri.

da prevladavaju kratkotrajne, ali obilne padaline (pljuskovi) koje zbog povećanih nagiba brzo površinski otječu. Zbog toga na područjima bez šumske vegetacije veliko značenje imaju procesi spiranja i jaruženja, a posljedica toga je destrukcija, odnosno odnošenje tankog pedološkog pokrova.



Sl. 2. Prosječna godišnja količina oborina (u mm) na području Velebita (DHMZ) (listopad 1966 – rujan 1976)

Fig. 2 Mean annual amount of precipitation at the area of the Velebit mountain (DHMZ) (October 1966 – September 1976)

Tab. 5. Prosječna mjesečna i godišnja količina padalina (u mm)

Tab. 5 The average monthly and annual amount of precipitations (in mm)

Postaja	n.v. (m)	M j e s e c i												god.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Karlobag	30	99	132	73	144	93	75	46	92	169	120	156	127	1187
Š. Cesaričik	680	150	139	116	171	127	107	70	121	216	184	230	152	1783
B. Oštarije	924	187	190	138	202	159	118	86	135	243	211	242	174	2085
Zavižan	1594	131	134	120	172	162	161	104	158	169	172	204	140	1827
Brušane	589	216	232	168	196	141	113	73	131	180	219	319	231	2219
Gospić	564	104	108	86	105	105	95	70	111	140	136	183	111	1353

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb, podaci za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. god.

Prema vršnim dijelovima Velebita, niske temperature zraka i obilje padalina pogoduju sve većem utjecaju periglacialnih procesa u oblikovanju reljefa. Broj dana sa snježnim pokrivačem na tlu koji je veći ili jednak 1cm, na istoj je visini znatno manji na JZ nego na SI padini (tab. 6.). To je posljedica termičkog utjecaja mora i veće insolacije na JZ padini.

Tab. 6. Prosječan mjesečni i godišnji broj dana sa snijegom na tlu ≥ 1 cm

Tab. 6 The average monthly and annual number of days with snow on the ground ≥ 1 cm

Postaja	n.v. (m)	M j e s e c i												god.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Karlobag	30	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
Š. Cesaričk	680	3,8	1,7	2,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	3,3	15,3
B. Oštarije	924	23,4	17,0	15,7	6,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	6,4	16,4	86,6
Zavižan	1594	29,5	28,3	31,0	29,6	10,4	0,5	0,1	0,0	0,9	6,0	15,4	28,3	180,0
Brušane	589	20,2	15,5	12,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	5,9	13,5	71,2
Gospić	564	20,0	14,3	10,2	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	6,8	18,2	70,8

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb, podaci za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. god.

Snijeg se najkraće zadržava uz obalu (Karlobag 0,3 dana) i na nižim dijelovima JZ padine, dok se s porastom visine povećava broj dana sa snježnim pokrivačem (Šušanj Cesarički - 680 m, 12,3; Oltari - 860 m, 70,9 dana) (tab. 7. i 8.).

Tab. 7. Prosječan mjesečni i godišnji broj dana sa snijegom na tlu ≥ 50 cm

Tab. 7 The average monthly and annual number of days with snow on the ground ≥ 50 cm

Postaja	n.v. (m)	M j e s e c i												god.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Karlobag	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Š. Cesaričk	680	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
B. Oštarije	924	2,9	4,9	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	16,3
Zavižan	1594	23,6	28,3	30,7	22,8	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	4,6	13,5	128,0
Brušane	589	4,0	2,9	1,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,1	10,5
Gospić	564	2,4	1,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	6,0

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb, podaci za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. god.

Na SI padini trajanje snježnog pokrivača također je najkraće u podnožju padine (Gospić – 564 m, 70,8; Brušani – 589 m, 71,2 dana), a s porastom visine i na njoj se povećava broj dana (Krasno – 714 m, 98,6; Baške Oštarije – 924 m, 86,6 dana). U vršnim dijelovima Velebita najduže je zadržavanje snježnog pokrivača. Tako je na meteorološkoj postaji Zavižan prosječna dužina zadržavanja snježnog pokrivača debljine veće ili jednake 1 cm na tlu bila 180 dana godišnje, a onog većeg ili jednakog 50 cm, 128 dana

godišnje. Osim toga s porastom visine raste i visina snježnog pokrivača tako da je njegova maksimalna visina (u promatranom razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976.) na Zavižanu iznosila 298 cm. Zadržavanje snijega znatno je dulje u šumi nego na otvorenim terenima, na osojnim nego na prisojnim padinama, a osobito na dnu dubokih ponikava i uvala gdje je nanesen vjetrom, te u podnožjima lavinskih terena. Na dijelovima padina gdje nagib prelazi 60° snijeg se uopće ne zadržava, već se odmah osipa u niže dijelove (ŠEGULA, 1986.). Zbog nedostatka snijega, koji bi imao ulogu termičkog izolatora, u vršnim dijelovima dolazi do jakog mraznog trošenja i periglacialnog oblikovanja reljefa. Suprotno tome, na područjima gdje se snježni pokrivač duže zadržava njegov termoizolacijski utjecaj sprečava jaču aktivnost kriogenih procesa.

Vjetar

Na cijelom području Velebita prevladavaju kontinentalni vjetrovi, a među njima se po svojim osobinama ističe bura, koja puše na JZ padini⁸ (tab. 8.). Bura je izrazito mahovit, hladan i suh vjetar, a dugotrajnija je i jača zimi nego ljeti. S obzirom da bura najčešće nastaje prelijevanjem hladnih zračnih masa koje prodiru sa sjevera, ona je najjača na najnižim i najužim mjestima (brojnim planinskim prijevojima). Za razdoblja s burom karakteristično je da se bitno mijenjaju meteorološki elementi. Tako su temperatura i relativna vlaga zraka cijele godine, a osobito zimi, niže u razdobljima s burom nego u razdobljima bez bure, a naoblaka je veća samo u razdoblju od travnja do kolovoza, dok je u ostalom razdoblju znatno niža (PERICA I OREŠIĆ, 1999.). Negativan utjecaj bure osobito dolazi do izražaja u sušenju plitkog pedološkog pokrivača, čak i za najkišnijih razdoblja (ROGIĆ, 1958.). Bura je vrlo često jak vjetar što rezultira ispuhivanjem i odnošenjem sitnijeg rastresitog materijala (pijesak, prašina, čestice tla), a prema I. Horvatu (1949.) i pokretanjem sitnog drobinskog materijala. Zimi, na prijevojima u vršnom dijelu hrpta te na dijelovima JZ padine bez šumske vegetacije bura odnosi snježni pokrivač stvarajući snježne nanose na položitijim i zaštićenim lokalitetima. Područja s kojih bura odnosi snijeg, zbog nedostatka njegova termoizolacijskog svojstva, znatno su izložena mraznom procesu (fizičkom trošenju).

Od maritimnih vjetrova najznačajniji je jugo, koje se pri prelasku preko Sredozemnog i Jadranskog mora jako navlaži. Zbog nailaska na reljefnu zapreku (Dinaridi) dolazi do njegova izdizanja praćenog padom temperature, povećanjem relativne vlage, naoblačenja i padalina, dok na SI padini ima vrlo često karakter toplog i suhog fena (MAKJANIĆ, 1978.). Kao posljedica toga, u zimskoj polovici godine jugo uvjetuje naglo topljenje snježnog pokrivača čak i u vršnim dijelovima Velebita. Općenito, vršne dijelove Velebita zbog njegovog specifičnog klimatskog položaja obilježava stalno zračno strujanje, praćeno visokom prosječnom jačinom vjetra (Zavižan 3,4 bofora) (tab. 9. i 10.). Zbog toga, usprkos izdašnim snježnim padalinama, znatne površine u vršnim dijelovima Velebita su i zimi ogoljele, bez snježnog pokrivača i njegove termičke zaštite, što pospješuje mrazno trošenje.

⁸ Bura u Senju puše iz SI i I smjera, Karlobagu iz S, SI i I smjera, dok u vršnom dijelu zbog modifikatorskog utjecaja reljefa puše kao istočni, sjeveroistočni (Baške Oštarije) ili sjeverozapadni (Zavižan) vjetar.

Tab. 8. Srednja čestina vjetra po smjerovima (u %)

Tab. 8 The middle frequency of windat directions (in %)

Postaja	n.v. (m)	S m j e r								
		S	SI	I	Jl	J	JZ	Z	SZ	C
Senj	26	5,2	20,6	33,7	14,4	7,7	4,9	3,2	5,4	4,9
B. Oštarije	924	1,5	19,0	42,2	8,6	1,8	6,7	16,1	3,8	0,9
Zavižan	1594	0,4	0,1	42,5	7,2	6,6	9,3	21,1	7,2	5,0
Gospić	564	16,8	6,4	1,5	7,1	5,6	7,2	4,9	6,3	44,2

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb, podaci za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. god.

Tab. 9. Srednja mjesečna i godišnja jačina vjetra (u boforima)

Tab. 9 The middle monthly and annual strength of wind (in bofors)

Postaja	n.v. (m)	M j e s e c i												god.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Senj	26	4,1	4,1	3,8	3,2	2,6	2,7	3,2	3,2	3,3	3,7	3,8	4,5	3,5
B. Oštarije	924	2,2	2,3	2,2	1,9	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,9	2,3	2,3	2,0
Zavižan	1594	3,4	3,7	3,5	3,5	3,1	2,9	3,0	3,0	3,3	3,7	4,0	3,6	3,4
Gospić	564	1,0	1,4	1,5	1,6	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,2	1,4	1,1	1,2

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb, podaci za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. god.

Tab. 10. Prosječan mjesečni i godišnji broj dana s jakim (>6 bofora) vjetrom

Tab. 10 The average monthly and annual number of days with strong wind (> 6 bofors)

Postaja	n.v. (m)	M j e s e c i												god.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Senj	26	15,1	15,6	14,9	11,2	8,4	10,1	11,5	12,1	11,0	15,2	14,1	17,4	156,6
B. Oštarije	924	1,0	1,2	1,6	0,4	0,0	0,3	0,4	0,0	0,3	0,9	2,4	2,5	11,0
Zavižan	1594	8,6	9,0	7,8	7,5	4,3	3,9	6,0	3,8	5,9	9,5	9,9	9,4	85,6
Gospić	564	0,6	0,8	0,5	0,9	0,2	0,3	0,3	0,6	0,0	0,1	1,7	0,8	6,8

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb, podaci za razdoblje od 1. listopada 1966. do 30. rujna 1976. god.

Klimatska obilježja Velebita tijekom zadnjeg ledenog doba (würm III) i njihov utjecaj na periglacialno oblikovanje reljefa

Do sada utvrđeni tragovi zadnjeg ledenja na području Velebita odnose se isključivo na würmski glacijal, iako se pretpostavlja da je riski bio većeg rasprostiranja (BELLI, 1986a, 1986b, BOGNAR I DR. 1992., 1997. i NIKLER, 1973.). Brojni autori koji su se bavili klimatskim prilikama tijekom zadnjeg ledenog doba smatraju da je temperatura zraka bila niža od 10 do 15 °C⁹. Na osnovi proučavanja periglacialnih procesa i oblika u Panonskoj nizini, H. Poser (1947.) navodi prosječnu godišnju temperaturu od -2 °C, pa je tako A. - M. Klein (1953.) izračunala srednje mjesečne i godišnje temperature za Zagreb. Na taj način dobivene srednje srpanjske temperature poklapaju se s L. Gatesovom (1976.) kartom. Na osnovi toga D. Perica i D. Orešić (1999.) pretpostavljaju da je izoterma od 0 °C na području Velebita bila na približnoj visini od 400 m.

Prema T. Šegoti (1982.) pojačana atmosferska cirkulacija na početku glacijacije uvjetovala je povećanje količine padalina za najmanje 20%, a prevladavale su krute padaline. Poslije toga, zbog smanjenog isparavanja iz mora, uvjetovanog niskim temperaturama i ekspanzijom ledenog pokrova, količina padalina se smanjuje, a minimum bi bio u razdoblju najjačeg zaleđenja (ŠGOTA, 1963., ŠGOTA I FILIPČIĆ, 1996.). Zbog blizine mora i pogodnih zračnih struja, Velebit je primao relativno veliku količinu padalina. Prema karti Europe A.-M. Klein (1953.), za najhladnijeg razdoblja würmskog ledenog doba ona je na području Velebita bila manja za 20% (južni Velebit) do 40% (sjeverni Velebit).

Niske temperature zraka i relativno velika količina padalina za vrijeme würmskog zahlađenja pogodovali su opstanku ledenjaka u višim i snježnika u nižim dijelovima, te intenzivnoj aktivnosti periglacialnih procesa na cijelom području Velebita. Prema A. Bognar (1992.) jako mrazno trošenje posebno je došlo do izražaja pri destrukciji ranije oblikovanih krških mikroreljefnih oblika (grižina) na središnjim i nižim dijelovima JZ i SI padine.

Biljni pokrov i njegov utjecaj na periglacialno oblikovanje reljefa

Zbog utjecaja reljefa na klimu i uvjete pedogeneze na području Velebita razlikuju se dva osnovna vegetacijska pojasa: primorski i kopneni (BERTOVIĆ, 1975.). Međutim, današnji izgled vegetacijskog pokrova JZ padine, ali i vršnih dijelova bitno je izmijenjen antropogenim i zoogenim utjecajima.

U primorskom vegetacijskom pojasu dominira submediteranska vegetacija koju predstavljaju šume hrasta medunca i bjelograba (*Quercus – Carpinetum orientalis*) (do 350 m). Dalje, do visine od približno 900 m nadovezuju se šume hrasta medunca i crnog graba (*Ostrya – Quercetum pubescentis*), a mjestimično kod povoljnih ekspozicija i do 1100 m (HORVAT, 1949.). Tijekom povijesti ove su šume gotovo u potpunosti uništene radi stvaranja pašnjačkih površina. Međutim, u zadnjih 40-ak godina, napuštanjem stočarstva kao osnove gospodarstva, uočava se jaka supstitucija. Naime, znatan dio ovih površina,

⁹ T. Šgota (1963.) pretpostavlja da je temperatura zraka za najvećeg zahlađenja bila niža za 10-12 °C, J. Ridanović (1963.) za 10 °C, J. Büdel (1960.) za 15 °C, K. Kaiser (1960.) za 15-16 °C, a L. Gates (1976.) 14-15 °C tijekom mjeseca srpnja.

gdje dominiraju biljne vrste kojima odgovara suha, a uz to pretežno skeletna, karbonatna podloga, obrasta crni bor¹⁰ (*Pinus nigra*).

Iznad područja šuma hrasta medunca i crnog graba, kao posljedica klimatskih izmjena (prvenstveno, zbog povećane vlažnosti zraka i nižih temperatura) dolazi do miješanja submediteranskih i kontinentalnih vrsta. To je područje primorske šume bukve (*Seslerio – Fagetum*) koja seže do visine od 1200 do 1300 m. Mjestimično se, zbog termičkih inverzija, spušta i niže, a u Maloj Paklenici do samo 200 metara nadmorske visine (ROGIĆ, 1958.)!

Na višim dijelovima JZ i SI padine, te na vršnim dijelovima prevladava kontinentalni vegetacijski pojas. Kao posljedica bitno izmijenjenih klimatskih prilika (niske temperature zraka, visoke vlažnosti zraka, veće količine padalina, a u vršnom dijelu visokog i dugotrajnog zadržavanja snježnog pokrivača) razlikuju se dva potpojas: a) nizinski, gorski i brdski b) predplaninski.

U nizinskom, gorskom i brdskom potpojasu prostiru se šume hrasta kitnjaka i običnog graba (*Epidemio – Carpinetum betuli*) (do 600 m), bukve (*Lamio onyaleae – Fagetum*) (do 850 m), te bukve i jele (*Abieti – Fagetum*) (do 1400, a mjestimično i 1500 m). Osnovna značajka ovih šuma je da su iznimno dobro sačuvane. Kao rezultat toga snježni pokrivač u njima duže traje štiteći tako podlogu od negativnih utjecaja niskih temperatura (mrazno trošenje). S obzirom da je ovaj snježni pokrivač ipak niži nego u višim predjelima njegov mogući negativni utjecaj (lavine i lagano puženje niz padinu) je zanemariv.

Predplaninski potpojas obuhvaća područje predplaninske šume bukve (*Homogyno alpinae – Fagetum*) (zbog termičke inverzije već od 1100 m na SI padini, a na prosječnim visinama iznad 1400 - 1500 m). Na njih se nadovezuje klekovina bora krivulja (*Pinus mugo*), koja se uslijed termičkih inverzija i na dijelovima gdje su prisutne snježne lavine spušta i do visine od 1150 m (Bunovac). Dugotrajno zadržavanje snježnog pokrivača kao i njegova visina u ovom potpojasu utjecali su na deformiranost stabala. Bukvina stabla su u donjem dijelu zbog puženja snijega, ali i sufozijskog djelovanja povijena, dok prema višim dijelovima zbog težine snijega prelaze u klekovinu bukve.

Tijekom povijesti, slično kao i na JZ padini, ovaj je vegetacijski potpojas u znatnoj mjeri iskrčen radi stvaranja pašnjaka. Zbog toga je najveći dio obrastao planinskim rudinama gdje prevladava bodljikava vlasulja (*Festula bosniaca*) i trava tvrdača (*Nardus stricta*). Na osobito strmim i kamenim pristrancima, pod utjecajem prekomjerne ispaše, vegetacijski pokrov je u znatnoj mjeri pokidan, pa je to pogodovalo

¹⁰ S. Belij u svom radu "Glacijalni i periglacialni reljef Južnog Velebita" (1986. a) područje V. i M. Rujna među ostalim na osnovi vegetacijskih obilježja ubraja u područja s izrazitim periglacialnim oblikovanjem. Kao jedan od razloga navodi i vegetacijsku inverziju "četinjačke vegetacije u zoni od 900 do 1300 metara iznad koje je bukova šuma". Zapravo, tu se radi o sukcesiji vegetacije, a crni bor kao pionirska i azonalna biljka u znatnoj mjeri se raširio po dnu V. i M. Rujna. To je osobito dobro uočljivo na istočnom dijelu V. Rujna gdje je šuma crnog bora (stabla visine i do 10 m) u zadnjih 20-ak godina uznapredovala i do 1 km prema zapadnom dijelu. Uz to, dno depresije V. Rujna je blago (nagibi su najvećim dijelom manji od 2°) što rezultira zadržavanjem raspadnutog materijala. Također, zadržavanje snijega je osjetno kraće, a osobito broj dana kad je snježni pokrivač veći ili jednak 30 cm (prema S. Beliju 40 do 70 dana na V. Rujnu). Naime, na kišomjernoj postaji Š. Cesarički (680 m) ono je 2,2 dana, dok je na klimatski osjetno nepovoljnijim B. Oštarijama (924 m) 38,2 dana što ukazuje da je trajanje snježnog pokrivača jednakog ili većeg od 30 cm osjetno kraće i na području depresije V. i M. Rujna koja se nalazi na visini od 700 do 900 m.

ispiranjima i odnošenju tla te nastanku snježnih lavina. Na područjima koja su izložena jakoj buri, koja odnosi snježni pokrivač (termoizolator), došlo je do ispuhivanja tla, a zbog izloženosti niskim temperaturama prisutno je i jako mrazno oblikovanje. S obzirom da je ovaj podpojas od 1991. god. stočarski potpuno napušten, kao i područje JZ padine, gdje je ono u znatnoj mjeri smanjeno, ta područja obilježava sukcesija vegetacije. Tako se na području ponikava vršnog dijela oko Svetog brda (1752 m) mogu uočiti mladice bora krivulja, a nekad potrgani travni pokrivač sve više se obnavlja. Međutim, supstitucija na ovom području znatno sporije napreduje zbog osjetno kraćeg vegetacijskog razdoblja (od kraja svibnja do početka listopada), nego što je na nižim dijelovima JZ padine.

Pedološki pokrov i njegovo značenje pri periglacialnom oblikovanju reljefa

Na razvoj pedološkog pokrova Velebita utjecali su klima, litološki sastav, reljef, vegetacijski pokrov, a u novije vrijeme zoogeni i antropogeni faktori. U višim dijelovima (iznad 900 m) najveće rasprostranjenje imaju rendzine i kalkomelanosol, u nižim kalkokambisol, dok je pojava litosola česta na JZ padini i vršnim dijelovima Velebita. Kalkomelanosol prostire se na dijelovima koji su izgrađeni od tvrdih i čistih karbonatnih stijena, dok je nastanak rendzina vezan uz rastresiti karbonatni supstrat, prvenstveno morenski materijal, siparišne breče, "Jelar naslage" i mekše vapnence. Zbog negativnog antropogenog i zoogeonog utjecaja, rendzina je u znatnoj mjeri destruirana. To osobito vrijedi za područja uvala i ponikava vršnih dijelova (npr. Struge i Mirevo) gdje je ona i sa zaostalog morenskog materijala i sprana i pretaložena na niže dijelove.

Pojava koluvijalnog tla (koluvijum) vezana je prvenstveno uz podnožje SI padine, a s obzirom da sadrže veliku količinu nezaobljenog i nesortiranog kršja obrasla su vrištinama (*Genisto – Callunetum*) i bujadi (*Pteridium aquilinum*). Ovo je tlo zapravo, fosilno, nastalo pretaloživanjem mraznim procesima raspadnutog stijenskog kršja s viših dijelova padine u vrijeme hladnijih klima. To se može reći i za litosol na nižim dijelovima JZ padine koji je naknadno otkriven spiranjem i eolskim procesom na mjestima gdje je uništen vegetacijski pokrov.

Periglacialni procesi i oblici

Snježno oblikovanje

Kretanje snježnog pokrivača zapaža se na padinama vršnih dijelova Velebita. Na padinama prekrivenim šumskom vegetacijom, kao i na padinama bez nje, a kojima je nagib uglavnom manji od 30° uočava se lagano puzanje snježnog pokrivača. Na padinama obraslim šumskom vegetacijom, zbog težine mase snježnog pokrivača koja puzi niz padinu, te zbog sufozijskog djelovanja vode (sniježnice, ali i drugih padalina), dolazi do povijanja stabala u bazalnom dijelu. To je osobito dobro uočljivo u predplaninskoj šumi bukve (*Homogyno alpinae - Fagetum*), gdje su pojedina stabla u bazalnom dijelu povijena uz tlo i do 1 m dužine. U najvišim dijelovima (u pravilu, iznad 1550 m, a mjestimično na sjeverno eksponiranim padinama, te u ponikvama i uvalama i na manjim visinama) zbog iznimno dugog trajanja snježnog pokrivača i njegove visine prevladava niska šumska vegetacija klekovine bora krivulja (*Pinus mugo*).

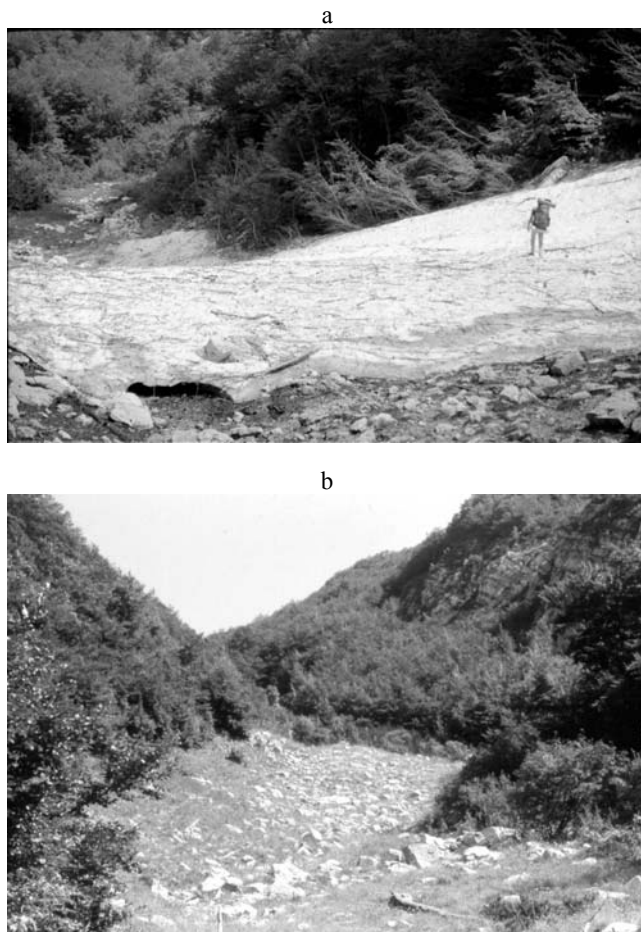


Sl. 3. Uvala Veliki Vaganac (južni Velebit) s inverzijom vegetacije (posljedica snježnih lavina)

Fig. 3 The Veliki Vaganac uvala (South Velebit) with vegetational inversion (the consequence of the nival avalanches)

Na padinama bez šumskog pokrova, čiji nagib prelazi 30 stupnjeva, česte su pojave snježnih lavina. Lavinski procesi javljaju se u dva vida: prvi uz linearno kretanje snijega niz padinu pri čemu se oblikuju lavinski žljebovi, i drugi kada lavinski proces zahvati arealno velike dijelove padina (plošne lavine). Snijeg koji pada na strmije stjenovite dijelove padina vršnog dijela (nagiba većeg od 60°) odmah se osipa (ŠEGULA, 1986.). To osipanje često je usmjereno u nešto blaže, ali još uvijek izuzetno strme žljebove i udoline, gdje se akumulira, te se pri većem nagibu (većem od 30°, ali manjem od 60°) kreće prema podnožju u obliku snježnih lavina. Među takvim žljebovima i udolinama posebno se ističu one u vršnom dijelu SI padine Južnog Velebita kao npr. udolina koja se pruža od kote 1725 m prema Dubokoj dolini, žlijeb između Vaganskog vrha (1757 m) i kote 1723 m prema uvali Vaganj (sl. 3.), od Vaganjskog vrha prema pregibu iznad ponikve Vaganac, iz pravca Doline Cesarova i Malovana (1709 m) prema slijepoj dolini Bunovac, dok se na JZ padini ističe strmo nagnuta udolina između Crljenog kuka (1616 m) i Babinog kuka (1435 m). Manje lavine osobito su česte na strmim stjenovitim padinama Badnja (1638 m), Visočice (1616 m) i Golovrha (1584 m). Po svom učinku ove lavine su izuzetno važne. Kad snježna lavinska masa krene velikom brzinom prema nižim dijelovima, ako naiđe na šumu lomi stabla, a s obzirom da su mnogi žljebovi zapravo točila, nosi sa sobom fragmente kršja, stijenske blokove (prema S. Beliju /1986./ volumen im može biti veći i od 1 m³), stvarajući lavinske koridore, koji su u pravilu bez vegetacije. U podnožju padina, na dnu udolina, uvala i ponikava oblikuje lavinske akumulacije –

konuse (sl. 4.a i 4.b), koji su prepoznatljivi po izmiješanim i nesortiranom kršju, stijenskim blokovima i drvnoj masi.



Sl. 4. Lavinska akumulacija – konus na pregibu SI padine nedaleko uvale Mali Vaganac na visini od 1200 m (južni Velebit)

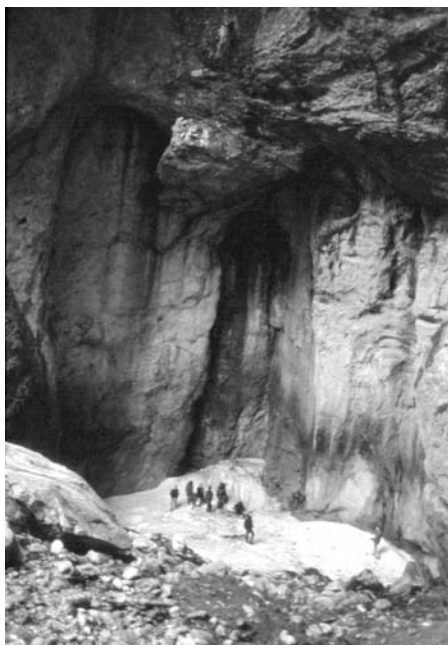
a) sa snijegom, b) bez snijega

Fig. 4 The avalanche accumulation – cone at the step of NE slope near the Mali Vaganac uvala at the height of 1200 m (South Velebit)

a) with snow, b) without snow

Za razliku od lavina nastalih u žljebovima i udolinama na strmim padinama vršnog dijela i stranama dubokih ponikava i uvala, javljaju se lavine koje zahvaćaju arealno velike dijelove padina (plošne lavine). Plošne lavine koje se kreću na većim padinskim površinama posljedica su narušavanja stabilnosti velikih snježnih akumulacija na manjim pregibima na padini (fazete) koji predstavljaju lokalne denudacijske bazise.

Zavisno je to od trenutka, tj. kritične točke kad se zbog utjecaja gravitacije narušava unutrašnja kohezija snježne mase, pa ona puca (ili se odvaja), a u skladu sa svojom masom i stupnjem nagiba padine urušava se niz strminu (padinsku fasadu). Osim nagiba (koji je veći od 30°), za destabilizaciju snježnog pokrivača i pokretanje lavina, važni su i nagli prodori juga i zagrijavanje snijega na prisojnim padinama. Prilikom porasta temperature snijega na 0 °C dolazi do slabljenja kohezije unutar snježne mase i konačno do klizanja niz strmu padinu (ŠEGULA, 1986.). Snijeg prenesen ovim lavinama također se akumulira na dnu uvala ponikava i udolina. S obzirom da se ove lavine prvenstveno aktiviraju na travama obraslim padinama, u lavinskim akumulacijama je prisutna znatno manja količina kamenih fragmenata, dok se njihov negativan učinak očituje prvenstveno u uništavanju šumskog pokrova. To je osobito česta pojava u zajednici predplanininske šume bukve, a na mjestima stradalih stabala mjestimično su stvorene plještine obrasle negnjilom (*Laburnum vulgare*). Takav je slučaj i s područjem istočno od Babinog kuka, podno Lastava u NP "Paklenici" (RUKAVINA, 1995.). Ovaj tip lavina najizrazitiji je na južnoj padini Sv. Brda (1752 m) odakle se kreću prema izvorišnim dijelovima Orljače i Male Paklenice, uvali Dušice, te na području Šatorine i uvala Veliki Lom i Javornik.



Sl. 5. Stalni snježnik u ponikvi Varnjača (sjeverni Velebit)

Fig. 5 The permanent nivation niche in the Varnjača sinkhole (North Velebit)

Zbog specifične mikroklimе na dnu pojedinih ponikava i uvala, te na mjestima akumulacije lavinskog snijega dolazi do nastanka snježnika (sl. 4.a i 5.). Nastanak snježnika u ponikvama i uvalama posljedica je odnošenja snijega vjetrom s vršnih dijelova hrpta, vjetru izloženih dijelova padina. Također treba istaknuti i nastanak snježnika u podnožju dijelova padina nagiba većeg od 60°, što uvjetuje automatsko osipanje snijega. Zbog dubine ponikava i uvala vršnih dijelova Velebita njihova dna su najveći dio godine

zasjenjena, što uvjetuje jake termičke inverzije i pogoduje zadržavanju snijega do sredine ljeta. Najizrazitiji primjeri snježnika su u dubokim bunarastim ponikvama na području Hajdučkih i Rožanskih kukova. Među njima se posebno izdvaja ponikva Varnjača (sl. 5.). Zapravo, u ovoj 100 m dubokoj bunarastoj ponikvi snježnik opstaje tijekom cijele godine. Tako oblikovani snježnici, mehaničkim i korozijskim djelovanjem snijega, vode (snježnica), ali i manjih pojava sreneca¹¹, a koji mjestimično prelazi u firn, djeluju na raspadanje podloge, pa istodobno proširuju i produbljuju dna ponikava i uvala.

Mrazni procesi i oblici

Nesumnjivo najizrazitiji od svih periglacialnih procesa jesu kriofrakcija i soliflukcija. Kriogeni proces najčešće je vezan uz eskarpmane, ponikve, uvale i zavale polja u kršu vršnih dijelova Velebita. Duž pukotina, zbog širenja leda, dolazi do pucanja stijenskog kompleksa čiji se odlomljeni fragmenti utjecajem gravitacije akumuliraju u podnožju padina, na dnu ponikava, uvala i zavala polja u kršu u obliku sipara, koluvijalnih kupa i koluvijalnih zastora. Uz eskarpmane su vezana brojna točila ispod kojih se formiraju siparišni konusi sastavljeni od manje – više sortiranog angularnog kršja (BOGNAR, BLAZEK, 1986.). Izrazito lijepi primjeri točila i sipara koji su nastali kao rezultat oblikovanja kriogenim procesom nalaze se na zapadnoj padini Vlašskog grada (1375 m) i Jertovca (1241 m) iznad izvorišnog dijela Male Paklenice, te na sjevernoj padini V. Golića (1285 m). Koluvijalne kupe i zastori oblikovani su akumulacijama nesortiranog angularnog kršja. Koluvijalni zastori i sipari najbolje su razvijeni na strmoj JZ padini glavnog hrpta – masiva iznad Velike Paklenice i Velikog Rujna gdje se gotovo kontinuirano protežu od Vrkića staze (sl. 6.) pa sve do Debelog brda (1632 m).



Sl. 6. Koluvijalni zastori na području Vrkića staze (južni Velebit)

Fig. 6 Colluvial fans in the Vrkića staza area (South Velebit)

Prema S. Beliju (1986. a) te A. Bognaru i I. Blazeku (1986.) velike količine cementiranog padinskog materijala u dolinama potoka V. i M. Paklenice jasno ukazuju na

¹¹ Slovenski termin koji označava stariji, zrnati, nepovezani snijeg, prelaznu fazu prema firnu

intenzivan kriogeni proces tijekom pleistocena. Prema A. Bognaru (1992. i 1994.) u razdobljima suho-hladnih klima tijekom pleistocena, kriofrakcija i nivalno spiranje imali su veliku važnost pri daljem oblikovanju pedimenata na području Velebita.

Odlomljeni fragmenti često se kreću niz padine u obliku kamenih rijeka (struja). Takvim procesima dolazi do zatrpavanja dna ponikava i uvala, a lijepi primjeri mogu se vidjeti u ponikvama na području vršnog dijela sjevernog i južnog Velebita (sl. 7).



Sl. 7. Kamene rijeke (struja) u ponikvi nedaleko Marasovca (južni Velebit)

Fig. 7 Stone rivers (stream) in the sinkhole near the Marasovac (South Velebit)

Na položitijim padinama trošina se dalje usitnjava kriofrakcijom. Time nastaju veće površine prekrivene drobinom poznate kao "mora kamenja". Najveće površine koje su prekrivene "morima kamenja" nalaze se na području Bilenskog i Dundović mireva (sjeverni Velebit) i Strugama (južni Velebit) (sl. 8.). Zapravo, ona predstavljaju podinske morene iz razdoblja zadnjeg ledenog doba (würm III), a u reljefu su predstavljene uzvišenjima dugačkim i do nekoliko desetaka metara.



Sl. 8. "More kamenja" kod prijevoja Buljma

Fig. 8 "The stone sea" near Buljma pass

Slična je i situacija s kamenim rijekama na padinama ponikava u vršnom dijelu južnog Velebita. Sitniji glacijalni materijal naknadno je korozijski otopljen, sufozijom ispran i odnesen u niže dijelove, a na izloženijim dijelovima ispuhan vjetrom (npr. oko prijevoja Buljma). Otkrivanju tog materijala u znatnoj mjeri je pripomogao čovjek prekomjernom ispašom. Kao posljedica takvog negativnog utjecaja na strmijim padinama vršnih dijelova česta je pojava vegetacijskih teraseta i snježno-mraznih terasa (sl. 9.).



Sl. 9. Snježno-mrazne terase česta su pojava u višim dijelovima Velebita

Fig. 9 Nival-frosty terraces are frequent feature in the higher parts of the Velebit mountain

Stoka koja je svojim papcima i kopitima potrgala busenove utjecala je na njihovo polagano kretanje (vegetacijske terasete) uvjetovano regelacijom i segelacijom kršja. Do oblikovanja snježno-mraznih terasa polukružnog i potkovičastog oblika, došlo je kombiniranim sufozijskim djelovanjem snježnice u nižim dijelovima, a karakterističnim mraznim rahljenjem tla u rubnim višim dijelovima. Na padinama su one vrlo često stubasto poredane. Ponekad u vršnim dijelovima ove terase završavaju soliflukcijskim jezicima s jastučićima u nastavku. Ovakvih stubastih udubljenja u vršnim dijelovima Velebita ima mnogo, a često se javljaju na nižim visinama (oko 1000 m, npr. na području Sladovače nedaleko od Baških Oštarija) na zasjenjenim i osojnim stranama ponikva i uvala.

Snijeg i led i danas imaju veliko značenje pri oblikovanju speleoloških objekata u vršnim dijelovima Velebita (približno iznad 1000 m). Čest je slučaj da su speleološki objekti, ili njihovi ulazni dijelovi, u višim dijelovima Velebita zbog specifičnog položaja njihovog ulaza i kanala, kao i nižih temperatura, ispunjeni snijegom i ledom tijekom cijele godine. Veličina i volumen tih dijelova, kao i u potpunosti ispunjenih objekata, u pravilu su veće od onih u blizini bez snijega i leda. To je posljedica intenzivnog mraznog trošenja stijenskog kompleksa (GARAŠIĆ, 1986.). U nekim su speleološkim objektima (jama Puhaljka, Ponor na Grginom brijegu, špilje kod Bačić kuka i u Crnom Dabru) uočljivi tragovi mraznog djelovanja koji su se odvijali tijekom hladnijih razdoblja geološke prošlosti (MALINAR, 1984., SUPIČIĆ, 1984., GARAŠIĆ, 1986.).

Tijekom pleistocena periglacialni procesi bili su dominantni u oblikovanju reljefa onih dijelova Velebita koji nisu bili izloženi glacialnom oblikovanju. Oblikovanje suhih, visećih i slijepih dolina na području Velebita, prvenstveno je vezan uz komplekse djelomično propusnih i djelomično nepropusnih stijena, u uvjetima humidnijih i hladnijih razdoblja pleistocena. Tijekom prve polovice zahlađenja, koji obilježava povećanje količine padalina, njihovom oblikovanju pogodovalo je postupno povećanje podzemne vode u pukotinskom sustavu i površinsko otjecanje vode. Međutim, u drugom dijelu zahlađenja, koji obilježava sve jači pad temperature zraka i manja količina padalina, sve veće značenje pri oblikovanju suhih dolina imala je intenzivna periglacialna rastrožba i stvaranje permafrosta. Rastrožba je bila najintenzivnija na dolomitima i dolomitičnim vapnencima gdje je stoga nastao debeli pokrov relativno nepropusnog materijala, što je pogodovalo formiranju povremenih i stalnih tekućica (Babrovača na Sjevernom Velebitu, ili Stap – Sjauševac na južnom Velebitu). Nastanak permafrosta osobito je važan pri oblikovanju dolina na propusnim vapnenačkim kompleksima jer je spriječio podzemnu drenažu vode. No, pri zatopljenju, kada počinje prevlast umjerene suhe i polusuhe klime (na nižim i središnjim dijelovima), dolazi do prestanka periglacialnog oblikovanja reljefa, otapanja permafrosta, a samim tim postupno prestaje i oblikovanje dolina. Identični uvjeti pogodovali su i oblikovanju visećih i slijepih suhih dolina. Viseće doline obično su svojim završetkom vezane za strmce (Lički doci), dok su slijepo doline redovito na svom završetku oblikovale ponore. Tijekom maksimalnog zahlađenja, zbog izrazite dominacije glacialnih i periglacialnih procesa, brojni otvori, ali i kanali speleoloških objekata, koji su obavljali funkciju ponora (npr. na završetku slijepih dolina), zapunjeni su evakuiranim materijalom (FORD, WILLIAMS, 1994.). Na to ukazuju i glaciofluvijalni sedimenti otkriveni u jami Puhaljci (MALINAR, 1984.).

Zaključak

Kao posljedica međuovisnog djelovanja geoloških, geomorfoloških, klimatskih, vegetacijskih i pedoloških značajki, u vršnom dijelu Velebita u oblikovanju reljefa veliko značenje imaju periglacialni procesi. Na padinama vršnih dijelova Velebita nagiba od 30° do 60° dominiraju lavine. Plošne lavine osobito su česte na onim dijelovima padina gdje je čovjek zbog stvaranja pašnjačkih površina uništio primarni šumski pokrov. Mrazni procesi osobito su česti na dijelovima padina nagiba većeg od 60° gdje se snijeg ne zadržava već odmah osipa. Kao posljedica nedostatka snježnog pokrivača i njegovog termoizolacijskog djelovanja ti dijelovi padina su izloženi jakom kriofrakcijskom trošenju. U ponikvama i uvalama vršnih dijelova zbog termičke inverzije također se uočava pojačan utjecaj kriofrakcije, ali i osjetno duže zadržavanje snijega, što je pogodovalo oblikovanju kamenih struja i "mora kamenja".

Dugotrajni negativni antropogeni i zoogeni utjecaji prvenstveno se očituju u uništavanju primarnog vegetacijskog pokrova (a to je rezultiralo promjenom mikroklimе), te su periglacialni procesi i oblici rasprostranjeni u većoj mjeri.

Tijekom pleistocena, u uvjetima hladnijih klima, periglacialno oblikovanje reljefa utjecalo je i na oblikovanje reljefa nižih dijelova velebitskih padina, što je prvenstveno došlo do izražaja u destrukciji krških reljefnih mikrooblika.

LITERATURA

- Arhiv Državnoga hidrometeorološkog zavoda u Zagrebu, Grič 3 (za razdoblje od listopada 1966. do rujna 1976.).
- BELIĆ, S. (1986 a): *Glacijalni i periglacijalni reljef južnog Velebita*, Posebna izdanja Srpskog geografskog društva, 61, Beograd, 1-68.
- BELIĆ, S. (1986 b): *Primerljivost kraškoga, glacialnoga in periglacialnoga procesa v reliefu južnega Velebita*, Acta carstologica, Ljubljana, 14-15, 183-96.
- BERTOVIĆ S. (1975.): *Ekološko-vegetacijske značajke okoliša Zavižana u Sjevernom Velebitu*, Glasnik za šumarske pokuse, 18, Zagreb, 5-75.
- BERTOVIĆ, S. (1980.): *Neke vegetacijske i klimatske značajke lokaliteta u visokom gorju i sredogorju alpsko-dinarskog masiva*, Šumarski list, 3-4, Zagreb, 99-116.
- BOGNAR, A. (1992.): *Pedimenti južnog Velebita*, Geografski glasnik, 54, Zagreb, 19-32.
- BOGNAR, A. (1994.): *Traces of Pleistocene Periglacial Processes and their recent Presence in Relief of the Republic of Croatia*, Proceedings of the Meeting on the Classification, Correlation, and Management of Permafrost-Affected Soils-July, 1994. USDA, Soil Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE, 45-50.
- BOGNAR, A. (1995.): *Fragen Der Rumpfflachen und Pedimente im Gebiet der Ausseren Dinariden*, Mitteilungen der Osterreichischen Geographischen Gesellschaft, 137. Jg. (Jahresband), Wien, 161-170.
- BOGNAR, A., BLAZEK, I. (1986.): *Geomorfološka karta područja Velika Paklenica 1:25 000*, Acta carstologica, 14-15, Ljubljana, 197-206.
- BOGNAR, A., FAIVRE, S., PAVELIĆ, J. (1992.): *Glaciation traces on the North Velebit mountain*, Proc. Intern. Symp. Geomorph. and sea & Meeting geomorph. Comm. Carpato-Balkan countries, Mali Lošinj, Zagreb, 283-287.
- Bognar, A. Faivre, S. i Pavelić, J. (1997.): *Tragovi oledbe na Srednjem Velebitu*, Senjski zbornik, god. 24, Senj, 1-16.
- BÜDEL, J. (1960.): *Die glederung der Wurmaltzeit*, Wurzbürger geographische Arbeiten, Wurzburg.
- FORD, D., WILIAMS, P. (1994.): *Karst Geomorphology and Hydrology*, Chapman and Hall, London, p. 601.
- GARAŠIĆ, M. (1986.): *Hidrogeologija i morfogeneza speleoloških objekata u kršu SR Hrvatske*, Doktorska disertacija, Zajednički studij iz područja geologije RGN i PMF-a, Zagreb, 1-159.
- GATES, W. L. (1986.): *Modeling the Ice-age*, Climate science, Vol 191.
- HACQUET, B. (1785.): *Physikalisch-politische Reise auf den Dinarischen, durch die Julischen, Carnischen, Ratischen in die Norischen Alpen im Jahre 1781. und 1783.* unternommen, Bd. I, II, Leipzig.
- HORVAT, I. (1949.): *Nauka o biljnim zajednicama*, Zagreb.
- KAISER, K. (1960.): *Klimazeugen des periglazialen Dauerfrostbodes in Mittel- und Westeuropa*, Eiszeitaler und Gegenwart 11.
- KIRIGIN, B. (1967.): *Klimatske karakteristike Sjevernog Velebita*, Zbornik radova X. kongresa klimatologa Jugoslavije, Kopaonik 1967, Beograd.
- KLEIN, A. - M. (1953.): *Die Niederschluge in Europa im Maximum der letzten Eiszeit*, Peterm. Geogr. Mitt. V. 97, Stuttgart.
- MAKJANIĆ, B. (1978.): *Bura, jugo i etezija*, Beograd.
- MALINAR, H. (1984.): *Geneza jame Puhaljke na Velebitu*, Deveti jugoslavenski speleološki kongres, zbornik predavanja, Karlovac 1984., Zagreb, 251-260.
- MARKOVIĆ, M. (1980.): *Narodni život i običaji sezonskih stočara na Velebitu*, posebni otisak iz knjige "Zbornik za narodni život i običaje Južnih Slavena", JAZU, knjiga 48, Zagreb, 1-139.
- MILKOVIĆ, J. (1986.): *Sistemska greška u mjerenju oborine*, Rasprave, 21, Zagreb, 77-91.
- NIKLER, L. (1973.): *Novi prilog poznavanju oledbe Velebita*, Geološki vjesnik, 25, Zagreb, 109-112.
- PENZAR, B., PENZAR, I. (1995.): *Velebit – klimatska prekretnica*, Paklenički zbornik, 1, Simpozij povodom 45. godišnjice NP "Paklenica", Starigrad-Paklenica, 11-15.

- PERICA, D., OREŠIĆ, D. (1997.): *Prilog poznavanju klimatskih obilježja Velebita*, Acta Geographica Croatica, 32, Zagreb, 45-68.
- PERICA, D., OREŠIĆ, D. (1999.): *Klimatska obilježja Velebita i njihov utjecaj na oblikovanje reljefa*, Senjski zbornik, god. 26, Senj, 1-50.
- POLJAK, J. (1947.): *O zaleđenju Velebita*, Geološki vjesnik, 1, Zagreb, 125-148.
- POSER, H. (1947.): *Austaufitelfe und Frostzerrung in Boden Mitteleuropas während der Würmeiszeit*, Die Naturwissenschaften 34.
- RIDANOVIĆ, J. (1962.): *Problem određivanja sniježne granice*, Zbornik 6. kongresa geografa Jugoslavije, Ljubljana.
- ROGIĆ, V. (1958.): *Velebitska primorska padina*, Radovi Geografskog instituta u Zagrebu, 2, Zagreb, 1-114.
- RUKAVINA, M. (1995.): *Vegetacijska karta NP „Paklenica“*, Paklenički zbornik vol.1, Simpozij povodom 45. godišnjice NP „Paklenica“, Starigrad – Paklenica 19. – 22. 10. 1994. zbornik radova, Starigrad – Paklenica, 89-93.
- SUPIČIĆ, Ž. (1984.): *Neka novija istraživanja Srednjeg*, Deveti jugoslavenski speleološki kongres, Zbornik predavanja, Karlovac 1984., Zagreb, 487-497.
- ŠEGOTA, T. (1963.): *Geografske osnove glacijacija*, Radovi geografskog instituta sv. 4, Zagreb, 1-119.
- ŠEGOTA, T. (1982.): *Razina mora i vertikalno gibanje dna Jadranskog mora od ris-virmskog interglacijala do danas*, Geološki vjesnik, 35, Zagreb.
- ŠEGOTA, T., FILIPČIĆ, A. (1996.): *Klimatologija za geografe*. Školska knjiga, III prerađeno izdanje, Zagreb, p. 471.
- ŠEGULA, P. (1986.): *Sneg led plazovi*, Ljubljana, p. 301.

SUMMARY

Dražen Perica, Sanja Lozić, Irena Mrak: Periglacial Relief in Velebit Mountain Area

At the highest parts of the Velebit mountain (above 1400 m) besides the karst and derasion processes there are the periglacial processes which are of great importance for relief modelling. Their appearance is caused by interdependence of geological, geomorphological (especially slope characteristics), vegetational, pedological and climatic characteristics of the area. The influence of periglacial processes in the relief modelling is accelerated by anthropogenic and zoogenic influences.

Although since the 18th century the Velebit mountain has been attracting the naturalists (B. Hacquet, 1785) who research its geomorphological characteristics, only in the middle of 20th century J. Poljak (1947) and V. Rogić (1958) in their works paid attention to the problems of periglacial modelling of relief of the Velebit mountain.

In respect of the problematic of this work, the main way of researching has been connected with the terrain investigations. In that way it was possible to detect different processes and their influence on the relief modelling.

In periglacial modelling of relief the structural characteristics of the rock complex are of great importance, that is density of appearance of the primary and secondary fissures and holes, and also the inclination of the layers. Although in the whole area of the Velebit mountain the carbonate sediments dominate in the structure, the layers of which are inclined toward sea and the general direction of that structures is NW-SE, absolutely dominate they at the highest parts (above 1200 m) of the mountain.

In periglacial modelling of relief the slope inclination has a great importance. The snow moving in the shape of avalanche is mostly expressed on the slopes with inclination from 30° to 60°.

The climatic elements are very important in respect of intensity and lasting of periglacial processes. The border position of the Velebit mountain between the coast and inland area is expressed by the climatic characteristics of the mountain ridge. The Velebit mountain prevents the mixture of the lowest layers of the air from the both sides till the height of about 1000 m. In respect of that air layers lying at unequal bases, the air characteristics at the both sides of the Velebit mountain are essentially different. The SW (littoral slope) is submitted to the sea influence, and the NE slope is adapted to the continental conditions which essentially influences the differences in temperature and humidity of the air, winds, cloudiness and precipitation.

With the height increase, the air temperature at the SW slope declines fast. During the cold half of the year in the higher parts of the Velebit (above 900 m) there is a frequent appearance of cold, ice-cold and chilling days, which cause the freezing of water in the rock fissures and appearance of the cryogenic process.

Although the daily oscillation of the air temperature during the winter months at Zavižan (1594 m), and especially Baške Oštarije (924 m) is only about 2 °C, because of frequent oscillation of the temperature around 0 °C there is dissolving and refreezing and, due to that, the strong mechanical wearing out of the rocks.

By microclimatic measuring in the Modrić dolac sinkhole (near the meteorological station of Zavižan) the 10 – 12 °C lower air temperatures during summer months have been established. Because of the exposure of the Velebit mountain to the SW humid air flow from the sea, there is characteristic orographic precipitation in great amount.

The lowest amount of precipitation exists in the coastal part that is the lowest parts of the SW slope (around 1200 mm per year). The amount of precipitation grows up with the height increase, but this increase is not in balance. In the area of the SW slope of the northern Velebit is the least, where the isohyet of 2000 mm crosses over the height of 1400 m. In the area of the middle Velebit the annual amount of precipitation is considerably stronger, and the isohyet of 2000 mm (at the SW slope) toward the SE comes down gradually at the height of 900 m on the NW slope, respectively to the valley bottom at the NE slope. The greatest amount of precipitation (over 2500 mm) falls at the highest part of the south Velebit, especially in the leeward of the NE slope (Visočica 2883 mm, Bunovac 3419 mm). Further, in the area of the SE Velebit the amount of precipitation decreases under the value of 2000 mm per year.

In the whole area of the Velebit mountain the continental winds dominate. Bora is the most important among them on the SW slope and is explicitly stroking, cold and dry wind. It is more enduring and stronger in winter rather than in summer. As bora most often develops by overflowing of the cold air masses coming from the north, it is the strongest at the lowest and narrowest places (at numerous mountain passes). It is characteristic for the bora periods that meteorological elements are significantly changed. So the temperature and relative moisture of the air are lower in the periods with bora through the whole year, especially in winter, than in the periods without bora. The cloudiness is higher just in the period from April to August, while in the rest of the year it is considerably lower.

Due to the relief influence on the climate specific qualities and pedogenesis in the area of the Velebit mountain, two basic vegetational zone can be distinguished: littoral and continental. However, the present look of the SW slope vegetation and of the highest parts have been essentially changed by anthropogenic and zoogenic influences.

The zone in front of the mountain occupies the area of the front mountain beech wood (*Fagus sylvatica*) (due to the thermic inversion already from 1100 m on the NE slope, and at average heights under 1400 - 1500 m). After that comes the pine wood (*Pinus mugo*). Due to thermic inversions and in the parts where the snow avalanches exist, the pine wood descends to the height of 1150 m (Bunovac). A long retaining of the snow cover and its height in this subzone influenced the trees deformation.

In their lower parts, due to the snow creeping and suffosional influence, the beech trees are bended and due to the weight of snow in the higher parts (like pine wood) they assume the appearance of a thick copse.

In history, the woods have been almost completely destroyed because of creating of the pasture areas. However, in the last 40 years, there is a strong substitution due to leaving of the cattle raising.

Moving of the snow cover is observed at the slopes of the highest parts of the Velebit mountain. On the slopes covered by wood vegetation, as well as on the ones without it where slope inclination is mostly less than 30°, there is a slow creeping of the snow cover. On the slopes overgrown by wood vegetation, because of the snow cover weight which creeps down the slope and because of the suffosional activity of the water (snow-water, but also the other precipitation) there is bending of the trees at their basic part. It can be well noticed in front of mountain beech wood (*Fagetum croaticum subalpinum*), where some trees at the basic part are bended by the ground with the length of almost 1 m. At the highest parts (as a rule, above 1550 m, and locally on the northwards exposed slopes, and in the sinkholes, hollows and at lower heights) because of very long duration of snow cover and its height, there predominate the low wood vegetation of pine (*Pinetum mughi croaticum*).

On the slopes without wood cover with the slope inclination over 30° the appearance of the snow avalanches is frequent.

Without any doubt, cryofraction and solifluction are the most expressive of all periglacial processes. The cryogenic process is most frequently connected with escarpments, sinkholes, hollows and uvalas of karst polje at the highest parts of the Velebit mountain. Due to the ice contractions along the fissure there is breaking of the stone complex the extracted parts of which and the influence of gravitation are being accumulated at the footslopes, at the bottom of sinkholes, hollows and uvalas of karst poljas, in the shape of talus cones, colluvial cones and colluvial fans.