

DRAŽEN PERICA - DANIJEL OREŠIĆ

## **KLIMATSKA OBILJEŽJA VELEBITA I NJIHOV UTJECAJ NA OBLIKOVANJE RELJEFA**

Dražen Perica - Danijel Orešić  
Prirodoslovno matematički fakultet  
10000 Zagreb

UDK:551.3  
Izvorni znanstveni članak  
Ur.: 1999-01-29

U članku se razmatraju osunčanost, temperatura zraka, relativna vlaga, oborine, isparavanje i vjetar na Velebitu s osvrtom na njihovo značenje u oblikovanju reljefa. Dan je i kratak osvrt na paleoklimu, posebno u doba posljednje glacijacije, koja je utjecala na oblikovanje reljefa istraživanog područja. Zahvaljujući visini i pružanju Velebita uz obalu, njegove se strane klimatski značajno razlikuju. Jedna je podvrgnuta utjecaju mora, a druga kopnenoj unutrašnjosti. Na klimatske prilike na Velebitu utječe raspodjela kopna i mora i reljef šireg područja. Klimatske raznolikosti na razmjerno malom prostoru, uvjetovane geografskim položajem i promjenom visine, odrazile su se i na distribuciju prevladavajućih geomorfoloških procesa i oblika.

### *Uvod*

Granični položaj Velebita između primorja i unutrašnjosti dolazi do izražaja u klimatskim obilježjima. Velebit sprječava miješanje najnižeg sloja zraka s jedne i druge strane do visine oko 1000 m. S obzirom na to da leže nad nejednakim podlogama, svojstva zraka s obje strane Velebita bitno se razlikuju. JZ obronak podvrgnut je utjecaju mora, a SI se prilagođuje uvjetima na kopnu. Na suprotnim stranama Velebita stoga su bitne razlike u temperaturi zraka, vlažnosti zraka, ponašanju vjetrova, oblacima i količini oborina.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> B. PENZAR, - I. PENZAR, 1995.

Već od kraja 18. stoljeća Velebit privlači prirodoslovce (Baltazar Hacquet, 1739.-1815.). Tijekom 19. stoljeća brojni znanstvenici bavili su se uglavnom botaničkim i geološkim istraživanjima na Velebitu. Klimatološka istraživanja vrše se tek od početka 20. st. (u razdoblju od 1904. do 1924. vršena su motrenja na M. Halanu, a od 1930. do 1940. i u Štirovači). Međutim, najbolje poznavanje klimatskih obilježja Velebita omogućio je rad meteorološke stanice na Zavižanu (koja kontinuirano radi od godine 1953.) i u Baškim Oštarijama (od godine 1962.) te niza pluviometrijskih stanica (npr. Oltari, Sušanjski Cesarički, Krasno, Brušane, Sv. Rok i dr.), kao i postavljanje totalizatora u vršnom dijelu Velebita (Bunovac, Visočica, Rosijeva koliba i dr.).

Veliku važnost za poznavanje klimatskih obilježja istraživanog područja imaju mikroklimatska mjerenja koja su provedena na Zavižanu i okolnim terenima, osobito zahvaljujući B. Kiriginu,<sup>2</sup> a pod pokroviteljstvom Republičkoga (sada Državnoga) hidrometeorološkog zavoda i Instituta za šumarstvo iz Jastrebarskog. Taj rad, kao i provedena mikroklimatska istraživanja, bili su temelj radovima koji su pretežno obrađivali klimatske prilike šireg područja Zavižana.<sup>3</sup> Klimatskim obilježjima Velebita bave se V. Rogić, B. Penzar i I. Penzar, te D. Perica i D. Orešić.<sup>4</sup>

Početkom 20. stoljeća uz geološka, počinju i brojna geomorfološka istraživanja Velebita. H. Hranilović 1901. iznosi svoje pozitivno mišljenje o glacijaciji Velebita, koja je tek u drugoj polovici 20. st. ojačana novijim spoznajama.<sup>5</sup> O vezi krškog reljefa i klime govori se i u radu D. Perice.<sup>6</sup>

### *Osunčanost*

Prosječno godišnje trajanje sijanja sunca opada od obale prema vršnom dijelu Velebita i Lici (Tab. 1 i Sl. 1). U Senju prosječno godišnje sijanje sunca traje 2174 sata, na Zavižanu 1888 sati, a u Gospiću 1832 sata. Zbog čestih magli i niske (stratigrafske) naoblake nad zavalom Ličkog polja u razdoblju od rujna do ožujka trajanje sijanja sunca na Zavižanu je duže nego u Gospiću za 110 sati (najveća je razlika u prosincu, a iznosi 40 sati). Međutim, od travnja do kolovoza, zbog orografske naoblake na vršnom dijelu Velebita, sunce sija u Gospiću 54 sata duže nego na Zavižanu (u lipnju je najveća razlika, te iznosi 25

<sup>2</sup> B. KIRIGIN, 1967.

<sup>3</sup> S. BERTOVIĆ, 1975, 1979, 1980; Ž. CINDRIĆ, 1974.

<sup>4</sup> V. ROGIĆ, 1958; B. PENZAR - I. PENZAR, 1995; D. PERICA - D. OREŠIĆ, 1995, 1997.

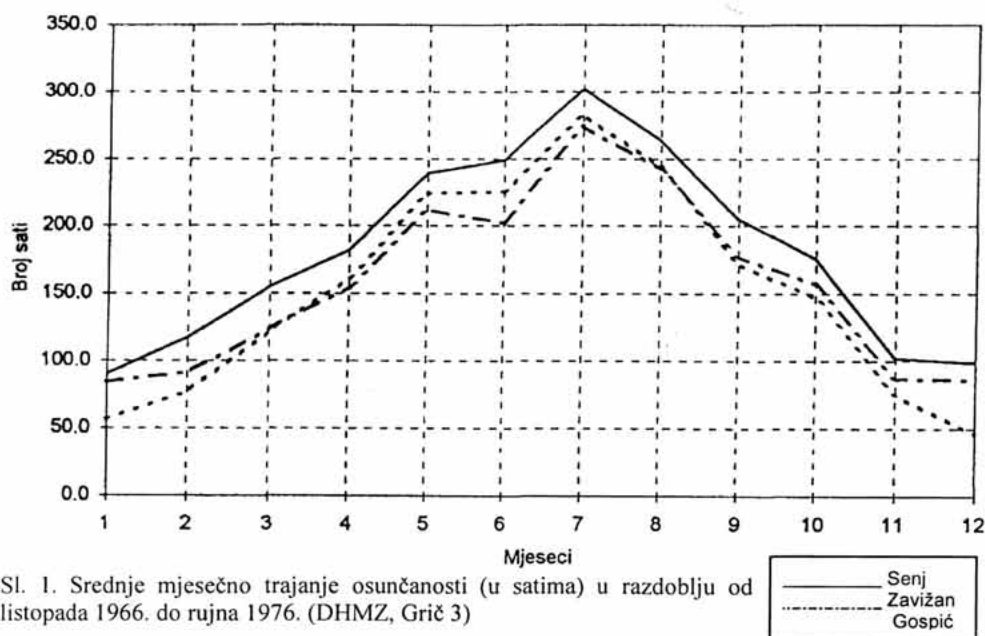
<sup>5</sup> I. VELIĆ i dr., 1970-1974; L. NIKLER, 1973; S. BELJI, 1985; A. BOGNAR i dr., 1992, 1997.

<sup>6</sup> D. PERICA, 1998.

sati). U mjesecu lipnju, u odnosu na svibanj, zbog česte (konvektivne) naoblake nad Velebitom i Ličkim poljem, sijanje sunca duže je za samo 2 sata u Gospiću, dok je na Zavižanu kraće za 9 sati.

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god
Senj	89,7	116,2	154,1	181,4	239,0	248,6	301,8	263,7	204,6	175,1	101,5	98,2	2173,9
Zavižan	83,6	90,8	123,2	154,0	211,3	201,9	274,0	242,6	177,0	156,6	87,0	85,9	1887,9
Gospić	56,4	76,8	121,2	160,5	224,3	225,8	282,8	244,2	171,8	146,9	75,2	45,6	1831,5

Tab. 1. Srednje mjesečno i godišnje trajanje osunčanosti (u satima) u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)



Sl. 1. Srednje mjesečno trajanje osunčanosti (u satima) u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

Na Velebitu, kao i na drugim planinama, veliku važnost za primitak sunčane energije ima ekspozicija obronaka i njihov nagib. O tome u velikoj mjeri ovisi termomehničko raspadanje gole stjenovite podloge. Obronci eksponirani prema istoku i jugoistoku obasjani su prijepodne, a oni prema zapadu i jugozapadu poslijepodne. Njihovo osunčanje puno je kraće (više od 50%) od onoga na južnim obroncima i zaravnjenom terenu sa slobodnim obzorjem. Plohe na koje sunčane zrake dolaze pod pravim kutom primaju najviše energije, a one u sjeni, pogotovo

ako su strme, najmanje. Ukupno dnevno zračenje (izravno i raspršeno) najveće je na južnim obroncima, zimi na dijelovima čiji je nagib do  $60^{\circ}$ , a ljeti na položitijim (do  $30^{\circ}$ ). Tijekom godine najosunčaniji su južno eksponirani obronci nagiba  $35^{\circ}$  do  $40^{\circ}$ , dok najkraću osunčanost imaju sjeverno eksponirani obronci. Obronci bez vegetacije, u čijem sastavu sudjeluju svijetli karbonati, imaju veći albedo (30%) nego obrasli (gdje je albedo 10%).<sup>7</sup>

### *Temperatura zraka*

#### KARLOBAG (3 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	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
pleist.	-6,8	-7,4	-5,3	-1,0	4,9	8,5	14,9	13,6	7,2	2,7	-2,5	-5,9	2,2
A.max	18,2	18,6	22,1	25,6	29,8	33,1	38,0	37,1	34,5	28,0	22,9	18,4	38,0
A.min	-5,1	-2,9	-7,9	2,4	3,8	9,5	13,6	11,0	9,1	3,0	-2,1	-5,4	-7,9

#### ZAVIŽAN (1594 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	-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
pleist.	-18,0	-20,0	-17,0	-14,0	-6,9	-1,7	1,6	0,5	-4,6	-8,9	-14,0	-17,0	-9,9
A.max	11,2	11,0	14,0	16,6	20,6	21,2	24,8	24,6	27,2	23,0	16,4	12,6	27,2
A.min	-21,0	-18,0	-22,0	-10,0	-6,6	-1,9	0,2	0,9	-3,8	-10,0	-15,0	-20,0	-22,0

#### BAŠKE OŠTARIJE (924 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	-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
pleist.	-15,0	-16,0	-13,0	-8,8	-2,5	2,7	6,7	4,5	-1,2	-5,8	-11,0	-13,0	-6,1
A.max	15,0	12,5	20,0	20,5	29,5	26,0	30,0	31,2	28,5	24,0	19,0	14,5	31,2
A.min	-19,0	-19,0	-19,0	-11,0	-4,8	-1,5	1,5	4,5	-1,0	-8,5	-11,0	-14,0	-19,0

#### GOSPIĆ (564 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	-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
pleist.	-15,0	-15,0	-12,0	-6,8	-0,5	4,7	7,4	5,8	-0,1	-5,2	-10,0	-15,0	-5,1
A.max	15,0	13,7	22,3	26,2	18,3	19,9	33,2	34,0	30,4	26,0	19,3	13,0	34,0
A.min	-25,0	-22,0	-21,0	-7,0	-3,9	0,3	2,4	2,8	-5,6	-7,6	-18,0	-23,0	-25,0

<sup>7</sup> B. PENZAR - I. PENZAR, 1995.

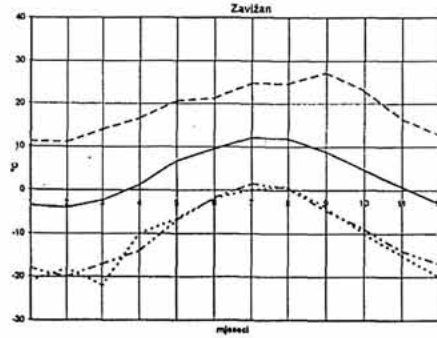
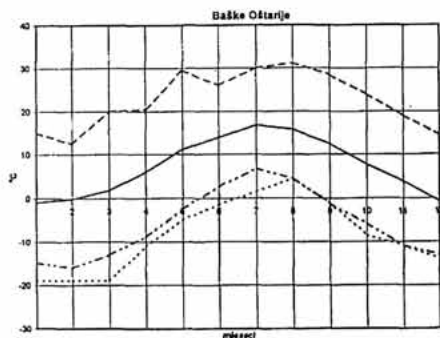
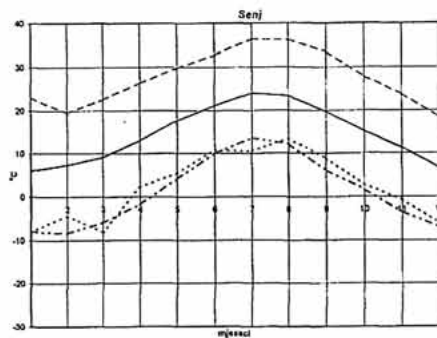
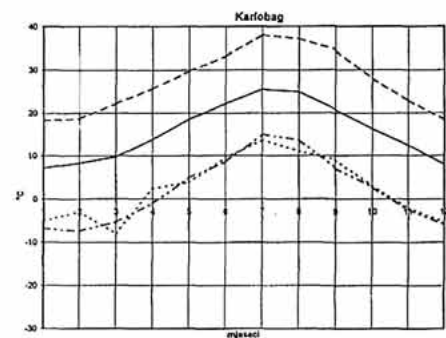
## GRAČAC (560 m)

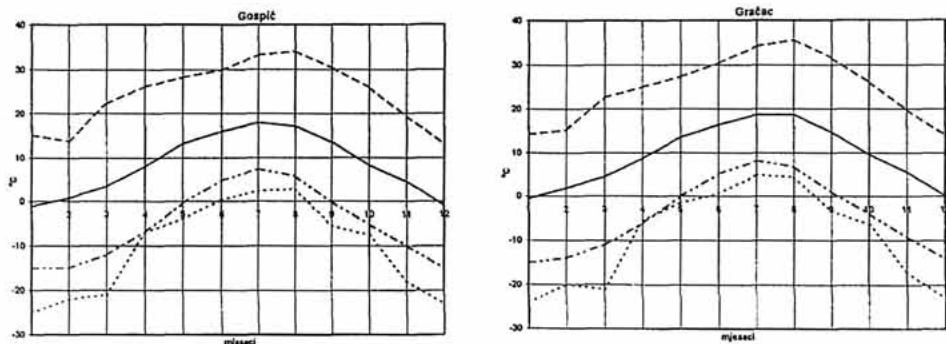
mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	-0,6	1,8	4,5	8,6	13,5	16,4	18,7	18,1	14,7	0,6	5,6	0,1	9,2
pleist.	-15,0	-14,0	-11,0	-6,1	-0,1	5,2	8,2	6,8	1,1	-3,9	-9,2	-14,0	-4,2
A.max	14,2	15,2	22,6	25,0	27,4	30,4	34,2	35,6	31,6	26,2	19,8	14,0	35,6
A.min	-24,0	-20,0	-21,0	-5,4	-1,5	0,6	5,0	4,5	-3,3	-6,3	-17,0	-23,0	-24,0

## SENJ (26 m)

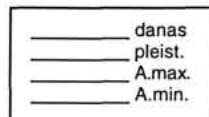
mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	6,0	7,3	9,0	13,0	17,7	21,1	24,0	23,4	19,7	15,1	11,2	6,5	14,5
pleist.	-8,0	-8,4	-6,0	-1,7	4,1	9,9	13,5	12,1	6,1	1,6	-3,6	-7,1	1,1
A.max	23,0	19,5	22,5	26,3	29,8	32,6	36,4	36,2	33,4	27,8	23,8	18,4	36,4
A.min	-8,0	-4,4	-8,2	2,2	5,4	10,7	10,5	13,4	8,8	2,7	-0,7	-6,2	-8,2

Tab. 2. Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka, apsolutnog maksimuma i minimuma (u  $^{\circ}\text{C}$ ) u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3), te na osnovu podataka A. - M. Klein (1953.) izračunata srednja mjesečna i godišnja temperatura za würm





Sl. 2. Srednje mjesečne temperature zraka, apsolutnog maksimuma i minimuma (u °C) u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3), te na osnovu podataka A.-M. Klein (1953.) izračunata srednja mjesečna temperatura za würm



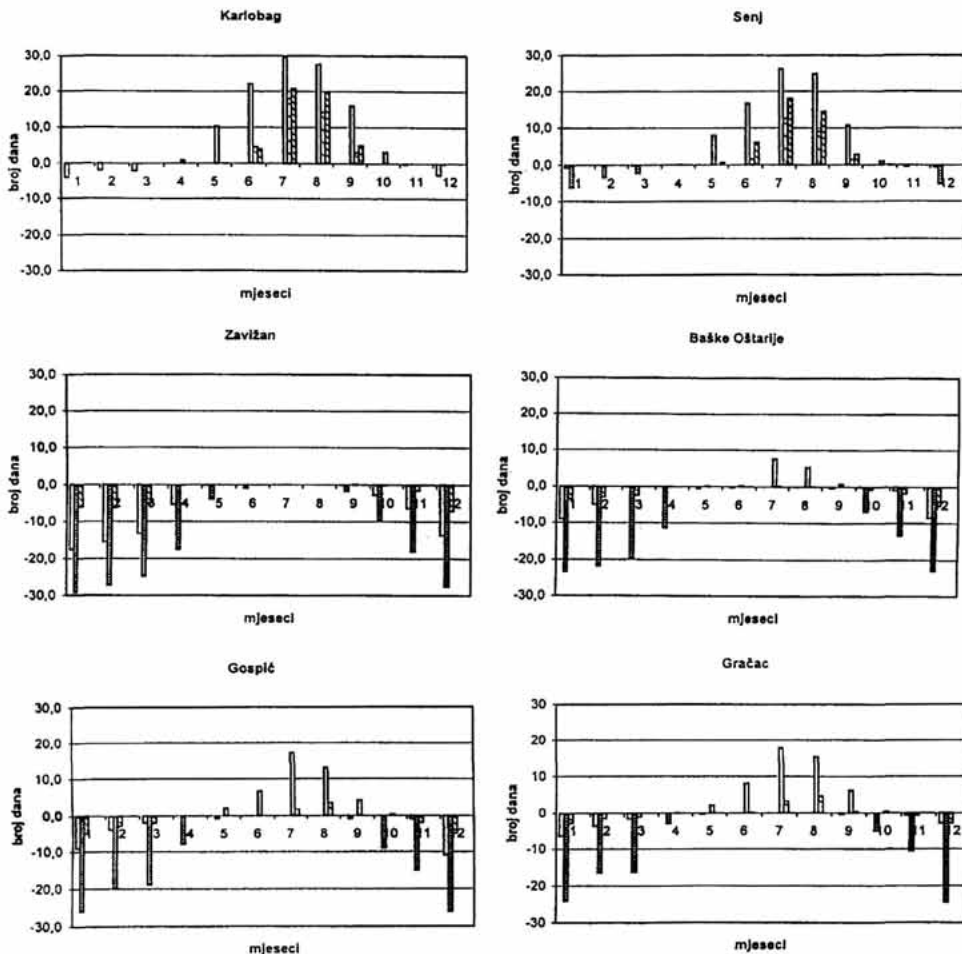
Termički utjecaj mora ograničen je na uzak obalni pojas i niže dijelove JZ velebitskog obronka. Međutim, nešto je oslabljen zbog Ravnih kotara<sup>8</sup> i otoka (Pag, Rab, Goli, Prvić, Krk, Cres i Lošinj) koji se pružaju usporedno s JZ obronkom. Godišnja amplituda temperature (Tab. 2 i Sl. 2) u Senju je 18<sup>0</sup>C, a u Karlobagu 18.2<sup>0</sup>C. Najhladniji je mjesec siječanj, sa srednjom mjesečnom temperaturom 6.0<sup>0</sup>C u Senju, a 7.2<sup>0</sup>C u Karlobagu, dok je srpanj najtopliji mjesec s temperaturom 24.0<sup>0</sup>C u Senju, a 25.4<sup>0</sup>C u Karlobagu.

U toplom dijelu godine (1. IV. - 30. IX.) jako zagrijavanje gole vapnenačke podloge utječe na velik broj toplih (109.6) i vrućih (39.7) dana u Karlobagu (Tab. 3. i Sl. 3). Manji broj toplih (87.8) i vrućih (24.6) dana u Senju posljedica je češćih prodora bure. Prodori bure (tijekom godine) osobito se očituju u vrijednostima apsolutnih minimalnih temperatura zraka.

Jako zagrijavanje pogoduje u znatnoj mjeri termomehaničkom raspadanju stijenskog kompleksa, a također utječe na iznimno jaku evapotranspiraciju, što uvjetuje izrazitu sušnost nižih dijelova JZ obronka.<sup>9</sup> U takvim je uvjetima i intenzitet korozije i biokorozije smanjen, zapravo za jačih suša skoro u potpunosti nedostaje u plitkim tlama, koja prevladavaju na obalnim i nižim dijelovima JZ obronka. Novijim mjerenjima intenziteta površinske korozije metodom karbonatnih tableta prema I. Gamsu to je i potvr-

<sup>8</sup> A. FILIPČIĆ, 1994.

<sup>9</sup> V. ROGIĆ, 1958.



Sl. 3. Prosječan mjesečni broj toplih ( $T_x \max \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ), vrućih ( $T_x \max \geq 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ), s toplom noći ( $T_n \min \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), hladnih ( $T_n \min \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ), ledenih ( $T_x \max \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) i studenih ( $T_n \min \leq 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ) dana, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

đeno.<sup>10</sup> Intenzitet korozije (Tab. 4) najveći je na središnjim dijelovima primorskog obronka, dok neznatno opada prema nižim a izrazito prema vršnim dijelovima Velebita. Niže i središnje dijelove JZ obronka karakterizira osjetno veći intenzitet korozije u tlu nego na površini. Tako je odnos intenziteta

<sup>10</sup> D. PERICA, 1998; I. GAMS 1985, 1987.

korozije na površini i u tlu na području V. Paklenice (na 560 m) 1 : 2,55, a na području Babrovače (na 920 m) 1 : 3,49. Veći relativni odnos intenziteta korozije u tlu i na površini treba tražiti u jačem biokorozivskom procesu kojem pogoduje duže vegetacijsko razdoblje.

Zbog termičkog utjecaja mora pojava hladnih dana u Karlobagu dosta je rijetka (11.7 godišnje), no zbog češćih prodora bure njihova pojava u Senju je veća (17.8 godišnje). Upravo stoga je utjecaj mraza na fizičko trošenje stijenskog kompleksa skoro zanemariva pojava na obalnom dijelu JZ obronka Velebita.

S porastom visine temperatura zraka na JZ obronku naglo opada. Međutim, opadanje temperature nije ravnomjerno s visinom, već brže opada na nižim, a polaganije na višim dijelovima JZ obronka. Godišnji vertikalni gradijent temperature između Karlobaga i Baških Oštarija iznosi  $0.93^{\circ}\text{C}$ , dok je između Baških Oštarija i Zavižana znatno niži ( $0.57^{\circ}\text{C}$ ), a između Karlobaga i Zavižana  $0.78^{\circ}\text{C}$ . Tijekom godine također postoje razlike u vertikalnom gradijentu temperature. Ljeti je veći (Karlobag - Zavižan  $0.85^{\circ}\text{C}$ ), a zimi manji (Karlobag - Zavižan  $0.69^{\circ}\text{C}$ ).

Najhladniji mjesec na Baškim je Oštarijama siječanj ( $-1.0^{\circ}\text{C}$ ), a na Zavižanu veljača ( $-4.0^{\circ}\text{C}$ ). Najtopliji mjesec je srpanj, i na Baškim Oštarijama ( $16.7^{\circ}\text{C}$ ), i na Zavižanu ( $12.1^{\circ}\text{C}$ ). Godišnja amplituda s visinom se smanjuje, pa na Baškim Oštarijama ona iznosi  $17.7^{\circ}\text{C}$ , a na Zavižanu  $16.1^{\circ}\text{C}$ . Naime, s porastom visine dolazi do sve jačeg utjecaja temperaturnog režima u slobodnoj atmosferi.<sup>11</sup> Broj toplih i vrućih dana se s porastom visine također smanjuje (14.4 toplih i 0.3 vrućih dana godišnje na Baškim Oštarijama, dok se na Zavižanu javlja svega 0.1 toplih dana godišnje), tako da je mogućnost termomehaničkog trošenja uvjetovanog visokim temperaturama zanemariva. Suprotno tomu, broj hladnih i studenih dana koji utječu na zaleđivanje vode u stijenskim pukotinama i pojavu kriogenog procesa, iznimno je velik. Na Baškim Oštarijama prosječno je godišnje 123.7 hladnih i 30.3 ledenih, a na Zavižanu 160.9 hladnih i 74.9 ledenih dana. Iako je dnevno kolebanje temperature zraka tijekom zimskih mjeseci na Zavižanu i Baškim Oštarijama svega oko  $2^{\circ}\text{C}$ , zbog čestog kolebanja temperature oko  $0^{\circ}\text{C}$  dolazi do otapanja i ponovnog zaleđivanja vode i time do jakoga mraznog trošenja stijenskog kompleksa. Takav dnevni ritam promjene agregatnog stanja vode utječe na jako mrazno trošenje zbog stalnog popunjavanja novonastalih pukotina vodom dok je u tekućem stanju, a tijekom noći zbog zaleđivanja i s manjim pritiskom dolazi do

<sup>11</sup> T. ŠEGOTA - A. FILIPČIĆ, 1996.



jačeg trošenja nego u slučajevima dužeg zadržavanja leda u pukotinama, čak i pri nižim temperaturama i jačem pritisku leda u pukotinama.

## GOSPIĆ (564 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Tx max. $\leq 0,0^{\circ}$	9,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	11,0	26,8
Tn min. $\leq 0,0^{\circ}$	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
Tn min. $\leq -10,0^{\circ}$	5,0	3,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	5,0	17,2
Tx max. $\geq 25,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	6,8	17,2	13,1	4,2	0,4	0,0	0,0	43,8
Tx max. $\geq 30,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3
Tn min. $\geq 20,0^{\circ}$	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

## ZAVIŽAN (1594 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Tx max. $\leq 0,0^{\circ}$	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
Tn min. $\leq 0,0^{\circ}$	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
Tn min. $\leq -10,0^{\circ}$	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
Tx max. $\geq 25,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Tx max. $\geq 30,0^{\circ}$	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
Tn min. $\geq 20,0^{\circ}$	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

## BAŠKE OŠTARIJE (924 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Tx max. $\leq 0,0^{\circ}$	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
Tn min. $\leq 0,0^{\circ}$	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
Tn min. $\leq -10,0^{\circ}$	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
Tx max. $\geq 25,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	7,7	5,4	0,8	0,0	0,0	0,0	14,4
Tx max. $\geq 30,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Tn min. $\geq 20,0^{\circ}$	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

## KARLOBAG (30 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Tx max. $\leq 0,0^{\circ}$	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
Tn min. $\leq 0,0^{\circ}$	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
Tn min. $\leq -10,0^{\circ}$	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
Tx max. $\geq 25,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,9	10,3	22,1	29,6	27,6	16,0	3,1	0,0	0,0	109,6
Tx max. $\geq 30,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	18,0	14,2	3,0	0,0	0,0	0,0	39,7
Tn min. $\geq 20,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	4,0	20,8	20,0	4,9	0,0	0,0	0,0	49,8

## SENJ (26 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Tx max. $\leq 0,0^{\circ}$	0,8	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,7
Tn min. $\leq 0,0^{\circ}$	6,3	3,4	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	5,4	17,8
Tn min. $\leq -10,0^{\circ}$	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
Tx max. $\geq 25,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,2	8,0	16,7	26,2	24,9	10,7	1,1	0,0	0,0	87,8
Tx max. $\geq 30,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	12,6	9,0	1,4	0,0	0,0	0,0	24,6
Tn min. $\geq 20,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	6,0	18,1	14,5	2,8	0,1	0,0	0,0	42,2

## GRAČAC (560 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Tx max. $\leq 0,0^{\circ}$	6,5	3,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,9	19,9
Tn min. $\leq 0,0^{\circ}$	24,1	16,5	16,3	3,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,4	5,1	10,6	24,5	108,0
Tn min. $\leq -10,0^{\circ}$	2,9	1,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,9	9,1
Tx max. $\geq 25,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,1	2,3	8,2	17,9	15,4	6,2	0,4	0,0	0,0	30,5
Tx max. $\geq 30,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,3	4,6	0,4	0,0	0,0	0,0	8,4
Tn min. $\geq 20,0^{\circ}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

Tab. 3. Prosječan mjesečni i godišnji broj toplih (Tx max  $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ), vrućih (Tx max  $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ), s toplom noći (Tn min  $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ), hladnih (Tn min  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ), ledenih (Tx max  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ) i studenih (Tn min  $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ) dana, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

Razlog iznimno malog intenziteta korozije u tlu u vršnim dijelovima Velebita (Tab. 4) treba tražiti u zimskoj fiziološkoj sušnosti, koja je uvjetovana velikim brojem hladnih dana, kada zbog zamrzavanja vode prestaje korozijski proces, a u znatnoj se mjeri smanjuje i biološki proces (kratko vegetacijsko razdoblje).

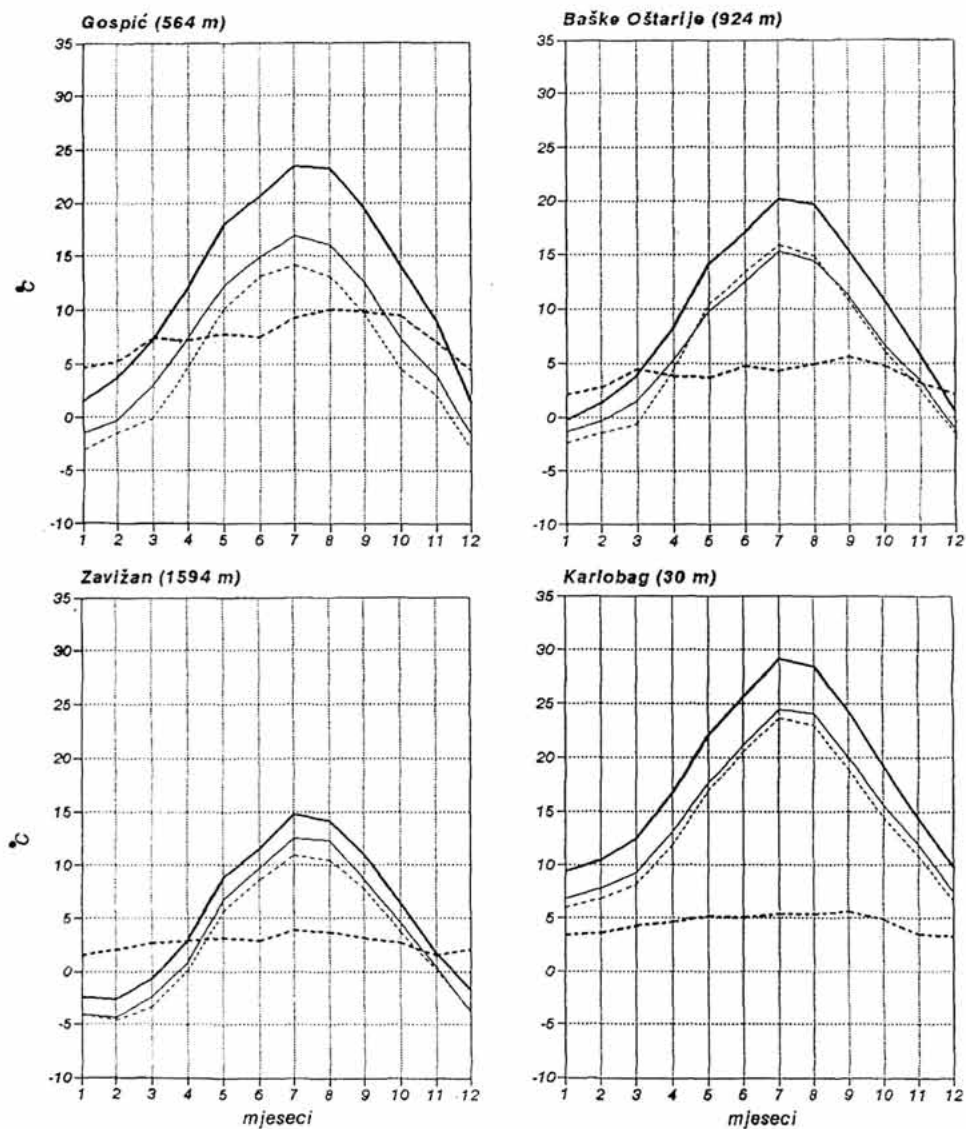
U odnosu na unutrašnjost, Velebit čini južni i jugozapadni rub zavala Ličkog i Gračačkog polja. Godišnje amplitude temperature zraka iznose  $19.1^{\circ}\text{C}$  u Gospiću, odnosno  $19.3^{\circ}\text{C}$  u Gračacu, što upućuje na jači utjecaj kopna, odnosno veću kontinentalnost klime. Zimi se zavala Ličkog i Gračačkog polja zbog nailaska na relativno visoku barijeru Velebita ispuni hladnim zračnim masama koje iz unutrašnjosti prodiru prema moru. One su obično praćene vedrinom (što ima za posljedicu jako hlađenje noćnom dugovalnom radijacijom) i tišinom (u siječnju  $52.6\%$  u Gospiću, a  $18.9\%$  u Gračacu), što pogoduje temperaturnim inverzijama. Kao posljedica toga Gospić ima srednju siječanjku temperaturu zraka nižu za  $0.2^{\circ}\text{C}$  od  $360\text{ m}$  viših Baških Oštarija. Na nižim dijelovima SI obronka, zbog reljefnih specifičnosti (rub zavala polja) promjena temperature s porastom visine zimi je zanemariva, a mjestimično se

javlja i inverzija. Tako je Gračac, koji je 364 m niži od Baških Oštarija a za razliku od Gospića izloženiji utjecajima s mora (niži prijevoji), u siječnju topliji za 0.4°C od Baških Oštarija.

Mjesto mjerenja:		mm ob./dan	mg10 <sup>-3</sup> /cm/dan	m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /g
V. Paklenica (550 m)	u tlu (25 cm)	4,38	9,87	13,30
	na tlu	4,38	3,87	5,21
Babrovača (920 m)	u tlu (20 cm)	5,07	12,74	17,43
	na tlu	5,07	3,72	5,20
Zavižan (1594 m)	u tlu (20 cm)	5,02	1,71	2,30
	na tlu I	5,02	2,39	3,22
	na tlu II	5,02	2,99	4,03
Ros. koliba (1620 m)	u tlu (5 cm)	5,95	2,56	3,44

Tab. 4. Intenzitet korozije na površini i u tlu na području Velebita

Apsolutna minimalna temperatura zraka zabilježena u Gospiću (-25.4°C) i Gračacu (-24.4°C) niža je nego u Baškim Oštarijama (-19.3°C) i Zavižanu (-21.7°C) (česte zimske radijacijske inverzije). Srednja temperatura najtoplijeg mjeseca (srpanj) iznosi u Gospiću 17.9°C, a u Gračacu 18.7°C. Kao posljedica jakog zagrijavanja dna polja tijekom dana, odnosno hlađenja preko noći, dnevne temperaturne amplitude (Tab. 5 i Sl. 4) velike su, a variraju od 9.3°C u srpnju do 4.6°C u siječnju. Jako hlađenje dna polja ogleda se i u većem broju hladnih dana (126.0 godišnje) u Gospiću nego u 360 m višim Baškim Oštarijama, a ljetno zagrijavanje u nešto većem broju toplih dana (43.8 godišnje) u Gospiću. Izrazito velika dnevna, kao i apsolutna godišnja kolebanja temperature u zavalama Ličkog i Gračačkog polja bitno utječu na termomehaničko raspadanje stijenskog kompleksa SI obronka. Ono je izraženo osobito zimi kad zbog velikog broja hladnih dana, i kolebanja temperature oko 0°C, odmrzavanja i zamrzavanja (regelacije), dolazi do jakoga mraznog trošenja. Zbog specifičnih termičkih osobina Ličkog i Gračačkog polja temperatura zraka na SI obronku Velebita s visinom polaganije opada na nižem, a brže na višem dijelu obronka. Godišnji vertikalni gradijent temperature između Gospića i Baških Oštarija iznosi 0.28°C, a Gračaca i Baških Oštarija 0.49°C, dok je između Gospića i Zavižana 0.74°C, a Gračaca i Zavižana 0.54°C. Tijekom ljeta je veći (Gospić - Baške Oštarije 0.33°C, a Gospić - Zavižan 0.56°C) dok je zimi znatno manji. U siječnju između Gospića i Baških Oštarija temperatura raste za 0.06°C s porastom visine (na 100 m), a između Gospića i Zavižana opada za 0.23°C.



Sl. 4. Srednja mjesečna temperatura zraka (u °C) u 7, 14 i 21 sat i amplituda, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

## GOSPIĆ (564 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
u 7 sati	-3,1	-1,5	-0,1	4,9	10,1	13,1	14,1	13,4	9,6	4,5	2,1	-2,9	-5,3
u 14 sati	1,5	3,7	7,3	12,1	17,9	20,6	23,4	23,2	19,4	14,0	9,0	1,5	12,8
u 21 sat	-1,5	-0,3	3,1	7,5	12,2	14,9	16,9	16,1	12,5	7,3	3,9	-1,6	7,6
amplituda	4,6	5,2	7,4	7,2	7,8	7,5	9,3	10,1	9,8	9,5	7,1	4,4	7,5

## ZAVIŽAN (1594 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
u 7 sati	-4,1	-4,7	-3,4	0,1	5,6	8,6	10,9	10,5	7,8	3,7	0,2	-3,7	3,2
u 14 sati	-2,5	-2,7	-0,7	3,0	8,8	11,5	14,8	14,2	11,0	6,4	1,8	-1,8	5,3
u 21 sat	-4,1	-4,4	-2,5	0,9	6,8	9,8	12,5	12,3	8,7	4,6	0,4	-3,9	3,4
amplituda	1,6	2,0	2,7	2,9	3,2	2,9	3,9	3,7	3,2	2,7	1,6	2,1	2,1

## BAŠKE OŠTARIJE (924 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
u 7 sati	-2,4	-1,5	-0,6	4,5	10,4	13,3	15,9	14,8	10,8	6,0	2,6	-1,6	6,0
u 14 sati	-0,3	1,3	3,9	8,3	14,1	17,0	20,2	19,7	15,4	10,7	5,8	0,6	9,7
u 21 sat	-1,3	-0,4	1,6	5,3	9,8	12,5	15,3	14,4	11,2	6,6	3,4	-1,2	6,4
amplituda	2,1	2,8	4,5	3,8	3,7	4,7	4,3	4,9	5,6	4,7	3,2	2,2	3,7

## KARLOBAG (30 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
u 7 sati	6,0	6,9	8,2	11,9	16,9	20,5	23,7	23,0	18,8	14,4	10,9	6,6	14,0
u 14 sati	9,4	10,5	12,5	16,6	22,1	25,6	29,1	28,4	24,4	19,3	14,4	9,9	18,5
u 21 sat	6,9	7,8	9,3	13,1	17,6	21,1	24,5	24,1	20,0	15,6	12,0	7,5	15,0
amplituda	3,4	3,6	4,3	4,7	5,2	5,1	5,4	5,4	5,6	4,9	3,5	3,3	4,5

## SENJ (26 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
u 7 sati	5,1	6,1	7,3	11,1	16,1	19,6	22,2	21,4	18,0	13,5	10,3	5,7	13,0
u 14 sati	7,4	9,1	11,3	15,5	20,6	23,8	27,4	26,6	22,8	17,7	12,9	8,0	16,9
u 21 sat	5,9	6,9	8,7	12,5	17,2	20,4	23,3	22,8	19,1	14,5	10,9	6,2	16,8
amplituda	2,3	3,0	4,0	4,4	4,5	4,2	5,2	5,2	4,8	4,2	2,6	2,3	3,9

Tab. 5. Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (u  $^{\circ}\text{C}$ ) u 7, 14 i 21 sat i amplituda, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

Razlike u temperaturi zraka na području Velebita mogu na razmjerno maloj udaljenosti biti velike. Na to osobito upućuje raspored vegetacije. Tako, na primjer, na južno eksponiranim padinama Crnog vrha (1115 m) između Velike i Male Paklenice šume hrasta medunca s crnim grabom i šume hrasta medunca s bijelim grabom dosežu do visine od 700 metara, a šume hrasta medunca s crnim grabom i do samog grebena (do oko 1000 m). Nasuprot tomu, na sjeverno eksponiranom obronku i zasjenjenim dijelovima V. i M. Paklenice spuštaju se šume gorske bukve na visine do 500 m, a šuma primorske bukve spušta se na visinu i od 200 m. To upućuje da je na tim dijelovima i temperatura zraka osjetno niža. Osobito je zanimljiv primjer zavale Oštarijskog polja. Submediteranske zajednice hrasta medunca i crnog graba obuhvaćaju morskim utjecajima izloženiji jugozapadni rub zavale Oštarijskog polja, kao i pojedinačne južno eksponirane strane zavale, dok zajednica primorske bukve zauzima veći središnji, zaravnjeni dio zavale polja. Istočni dio polja, koji je još izloženiji kontinentalnim utjecajima, pokriva zajednica gorske bukve, a na sjeverno eksponiranim obroncima zajednica pretplaninske bukve spušta se na visinu od 1100 m. Sama klimatološka postaja Baških Oštarija nalazi se u istočnom dijelu u zajednici gorske bukve.<sup>12</sup>

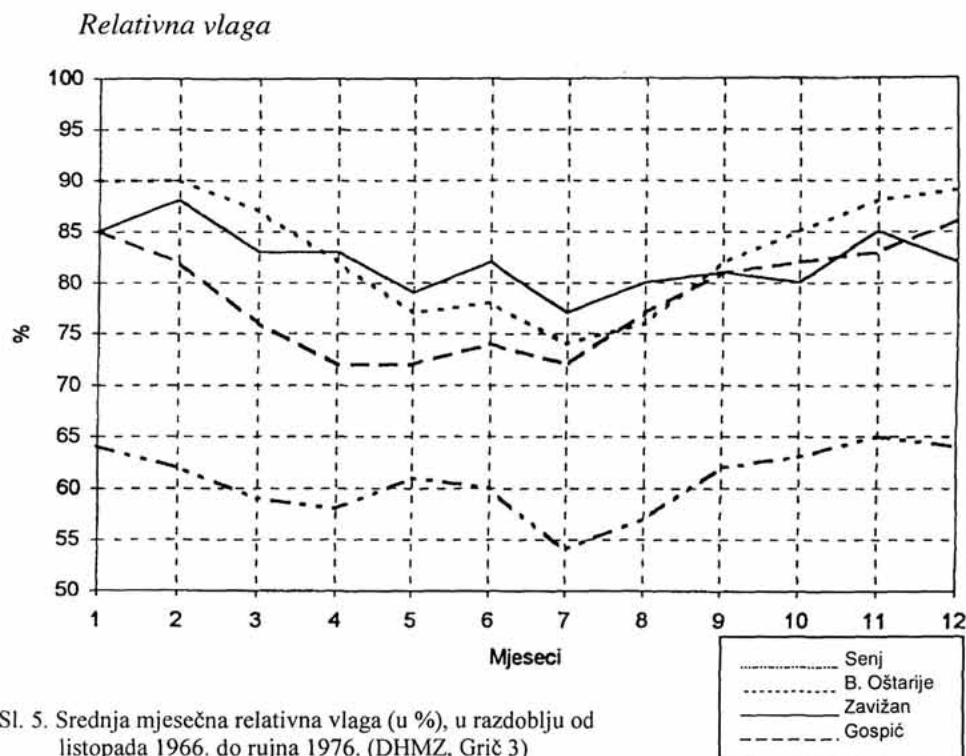
Mikroklimatska mjerenja koja su provedena zajedničkim radom Republičkoga (sada Državnoga) hidrometeorološkog zavoda Hrvatske i Instituta za šumarska istraživanja Šumarskog fakulteta u Zagrebu tijekom razdoblja lipanj - listopad od 1963. do 1967., na visini 5 cm iznad tla u Modrić-dolcu 700 m udaljenom, a do 74 nižem od meteorološke stanice Zavižan, došlo se do važnih podataka za poznavanje mikroklimatskih prilika planinskih predjela.<sup>13</sup> 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 meteorološkoj postaji i vrlo često ima negativne vrijednosti. Temperature su također osjetno niže i u zajednici oštre vlasulje i klekovine bora.<sup>14</sup> S obzirom na to 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 pokazuju da na tim dijelovima Velebita korozijski proces traje najkraće. Dapače, zbog iznimno velikog broja dana s temperaturama ispod 0°C, što pogoduje zaleđivanju vode u ovim dijelovima Velebita prevladavaju kriogeni

<sup>12</sup> D. PERICA - D. OREŠIĆ, 1997.

<sup>13</sup> B. KIRIGIN, 1967.

<sup>14</sup> B. KIRIGIN, 1967.

procesu tijekom godine, a zasigurno su i najdominantniji u oblikovanju reljefa vršnih dijelova Velebita.<sup>15</sup>



Sl. 5. Srednja mjesečna relativna vlaga (u %), u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Senj	64	62	59	58	61	60	54	57	62	63	65	64	61
B.Oštarije	90	90	87	82	77	78	74	76	82	85	88	89	83
Zavižan	85	88	83	83	79	82	77	80	81	80	85	82	82
Gospić	85	82	76	72	72	74	72	77	81	82	83	86	78

Tab. 6. Srednja mjesečna i godišnja relativna vlaga (u %), u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

Više dijelove Velebita i njegov SI obronak obilježava visok postotak relativne vlage (Tab. 6 i Sl. 5). Najveća godišnja količina relativne vlage

<sup>15</sup> D. PERICA, 1998.

zabilježena je u Baškim Oštarijama (83%), dok je ona izmjerena na Zavižanu niža za svega 1%. Tijekom godine vrijednosti relativne vlage veće su u hladnijoj polovici godine, a tek u kasno proljeće i u ljetnim mjesecima njezina vrijednost opada ispod 80%. Tako visoke vrijednosti relativne vlage tijekom hladnijeg dijela godine posljedica su čestih pojava orografske magle (zapravo naoblake), koja se stvara u vršnom dijelu Velebita pri puhanju bure i u manjoj mjeri juga. Visoke vrijednosti relativne vlage zraka tijekom travnja i svibnja, kao i njihov porast tijekom lipnja uvjetovani su pojačanom ciklonalnom aktivnošću u Sredozemlju i Jadranskom moru.<sup>16</sup> Vrijednosti relativne vlage u Gospiću su nešto niže (78%) nego na Velebitu (83% na Baškim Oštarijama, odnosno 82% na Zavižanu). Velike dnevne amplitude temperature zraka, kao posljedica inverzije, koju uz to najčešće prati i pojava magle tijekom noći i jutra, uvjetuju i veće vrijednosti relativne vlage zraka u Lici. To osobito dolazi do izražaja u razdobljima s dužim zadržavanjem visokog tlaka iznad ovog prostora. Suprotno zavali Ličkog polja, gdje su tada visoke vrijednosti relativne vlage zraka, u vršnim dijelovima Velebita prevladava vedro vrijeme s niskim vrijednostima relativne vlage zraka i dobrom vidljivošću.<sup>17</sup>

Niže dijelove JZ obronka Velebita obilježavaju znatno niže vrijednosti relativne vlage zraka. Prosječna godišnja vrijednost u Senju je svega 61%. Na tako niske vrijednosti relativne vlažnosti zraka utječe jako zagrijavanje gole karbonatne podloge u toplom dijelu godine, dok su u hladnijoj polovici godine uvjetovane čestim prodorima bure.<sup>18</sup>

### *Oborine*

Zbog izloženosti Velebita jugozapadnom vlažnom strujanju zraka s mora dolazi do stvaranja obilnih orografskih oborina (Tab. 7, Sl. 6 i 7). Najmanju količinu oborina ima priobalni dio, odnosno najniži dijelovi JZ obronka (oko 1200 mm godišnje). S porastom visine količina oborina se povećava, no to povećanje nije ravnomjerno. Najmanje je na prostoru Sjevernog Velebita gdje izohijeta od 2000 mm prelazi visinu od približno 1400 m. Na području Rožanskih i Hajdučkih kukova padne preko 2000 mm oborina (Zavižan 1831 mm - odnosno 2331 mm - a Rosijeva koliba 2172 mm).<sup>19</sup> Na prostoru Srednjeg

<sup>16</sup> B. MAKJANIĆ, 1966.

<sup>17</sup> D. PERICA - D. OREŠIĆ, 1997.

<sup>18</sup> D. PERICA, 1998.

<sup>19</sup> Pri mjerenju količine oborina u planinskim područjima vrlo često dolazi do greške, koja je posljedica utjecaja vjetrova i snijega. Količina izmjerenih oborina često je manja i za 20%, zbog



Velebita godišnja količina oborina već je znatno veća (Štirovača 2466 mm), a izohijeta od 2000 mm oborina godišnje spušta se postupno (s visine od 1500 m na središnjem dijelu Sjevernog Velebita) na visinu od 900 m na SZ obronku, a na JZ obronku i do samog dna zavale Ličkog polja. Najveća je količina oborina u vršnom dijelu Južnog Velebita (Vaganski vrh - Sveto Brdo) gdje prosječno godišnje padne približno 3500 mm (Bunjevac u zavjetrini grebena 3419 mm).

## GOSPIĆ (564 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	104	108	86	105	105	95	70	111	140	136	183	111	1353
pleist.	73	76	60	74	74	67	49	78	96	95	128	78	947

## GRAČAC (560 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	194	225	165	189	122	119	71	107	166	217	284	202	2062
pleist.	136	158	116	132	85	83	50	75	116	152	199	141	1443

## BRUŠANE (589 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	216	232	168	196	141	113	73	131	180	219	319	231	2219
pleist.	151	162	118	137	99	79	51	92	126	153	223	162	1553

## BAŠKE OŠTARIJE (924 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	187	190	138	202	159	118	86	135	243	211	242	174	2085
pleist.	131	133	97	141	111	83	60	95	170	148	169	122	1460

## ZAVIŽAN (1594 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	131	134	120	172	162	161	104	158	169	172	204	140	1827
pleist.	92	94	84	120	113	113	73	111	118	120	143	98	1279

njihova kosog padanja, kao posljedice jakog vjetra ili stvaranja sniježnih kapa na kišomjeru koje onemogućavaju dalji upad čestica, pa je zbog toga izmjerena količina oborina manja (J. MILKOVIĆ, 1986). Na prostoru Velebita zbog specifičnog mikroklimatskog položaja (vrhovi) Zavižana I i Čelavca i njihove izloženosti jakim vjetrovima može se pretpostaviti da je ta greška i znatno veća. U neposrednoj blizini meteorološke postaje Zavižan postavljena su tri kontrolna totalizatora koji imaju veću godišnju količinu oborina (Zavižan I 1956 mm, Zavižan II 2089 mm i Zavižan III 2331 mm) od one izmjerene u samom krugu postaje. Zbog vrlo jakih vjetrova zadržavanje sniježnog pokrivača većeg ili jednakog od 1cm na tlu na Čelavcu se uopće ne mjeri. Prema tome, najvjerojatnije je količina oborina i na Čelavcu znatno veća od prosječno izmjerena 1493 mm u samom krugu meteorološke postaje.

## SUŠANJ CESARIČKI (680 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	150	139	116	171	127	107	70	121	216	184	230	152	1783
pleist.	105	97	81	120	89	75	49	85	151	129	151	106	1248

## OBROVAC (57 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	110	100	75	92	73	72	56	87	133	141	156	121	1216
pleist.	77	70	53	64	51	50	39	61	93	99	109	85	851

## KARLOBAG (30 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	99	132	73	144	93	75	46	92	169	120	148	92	1289
pleist.	62	92	55	101	65	53	32	64	116	84	104	64	902

## STARIGRAD-PAKLENICA (10 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	113	89	88	96	89	70	44	100	95	120	156	127	1187
pleist.	79	62	62	67	62	49	31	70	67	84	109	89	831

## KRASNO (714 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	99	119	97	125	138	141	100	130	131	142	199	117	1538
pleist.	69	83	68	88	97	99	70	91	92	99	139	82	1077

## KOSINJSKI BAKOVAC (525 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	114	132	92	123	105	98	77	115	144	124	187	117	1428
pleist.	80	92	64	86	74	69	54	81	101	87	131	82	1001

## OLTARI (860 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	93	95	80	133	156	146	98	137	167	134	189	109	1537
pleist.	65	67	56	93	109	102	69	96	117	94	132	76	1076

## SENJ (26 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	82	77	61	108	115	82	79	110	128	133	166	84	1225
pleist.	57	54	43	76	81	57	55	77	90	93	116	59	858

## SVETI JURAJ (9 m)

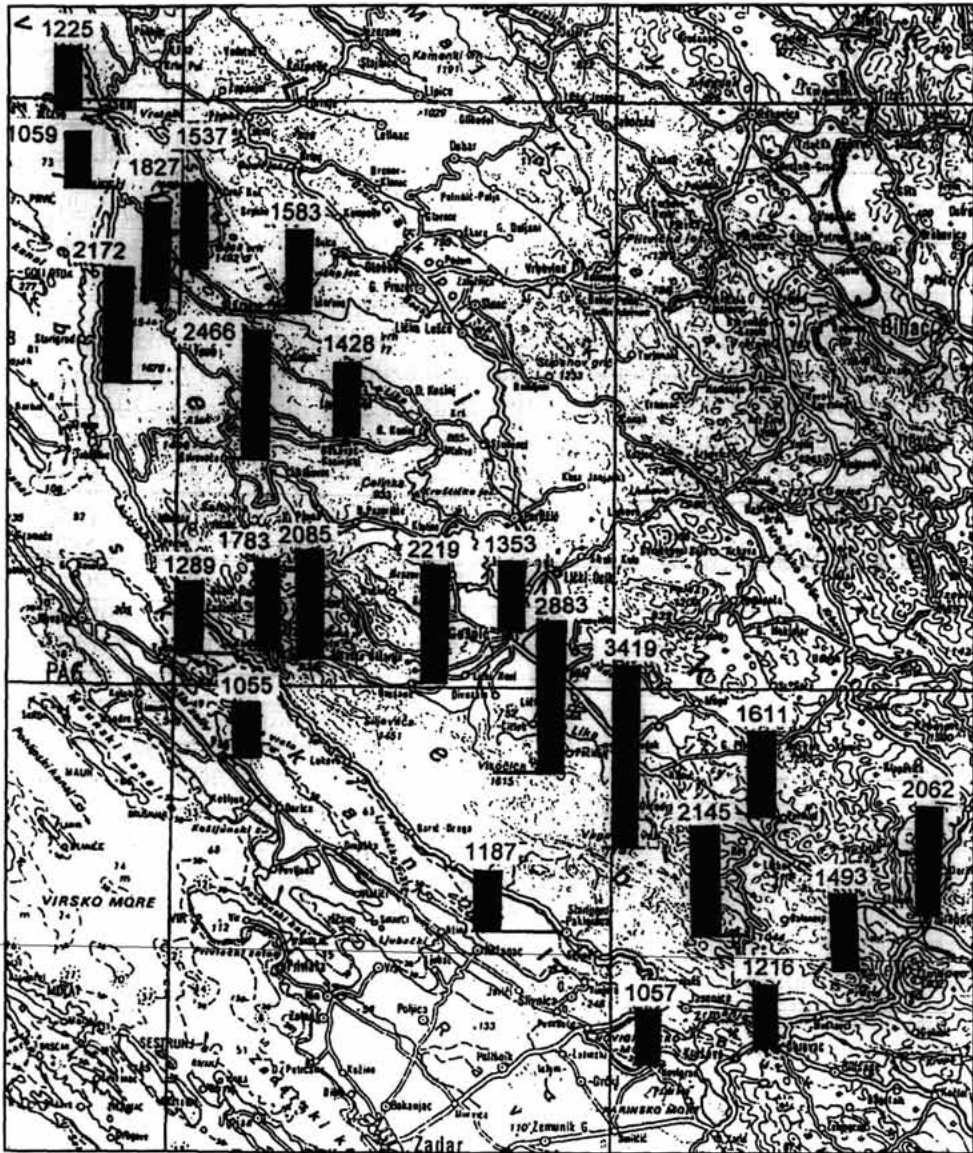
mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	71	61	59	92	105	72	60	94	125	110	144	66	1059
pleist.	50	43	41	64	74	50	42	66	88	77	101	46	742

Tab. 7. Prosječna mjesečna i godišnja količina oborina (u mm) u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3) i na osnovu toga izračunata prosječna godišnja količina oborina za würm

Na SI obronku količina oborina s udaljavanjem od vršnog dijela (izuzevši Brušane) postupno opada. No, i u podnožju SI obronka karakteristično je povećavanje količine oborina od njezina SZ prema JI dijelu (Krasno 1538 mm, Kosinjski Bakovac 1428 mm, Brušani 2219 mm i Gračac 2062 mm). Također, udaljavanjem od obronka količina se oborina smanjuje (Gospić 1395 mm, Lovinac 1611 mm).

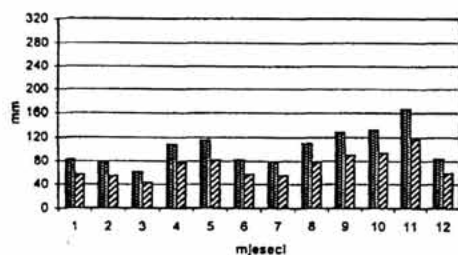
Cijelo područje Velebita ima mediteranski pluviometrički režim, odnosno količina oborina veća je u hladnijoj nego u toplijoj polovici godine. Sve kišomjerne postaje imaju maksimum oborina u jesen, a sporedni maksimum u proljeće. Odnos mjeseci s najmanjom i najvećom količinom oborina povećava se od Sjevernog prema Južnom Velebitu. S porastom nadmorske visine također se uočava ravnomjerniji raspored godišnje količine oborina.

Bitno obilježje istraživanog područja jest veliko kolebanje količine oborina po mjesecima. Tako je na primjer mjesec listopad u Krasnom godine 1968. (10 mm) i 1969. (3 mm) bio vrlo sušan, ali je suprotno tomu tijekom listopada 1966. palo 322 mm oborina, a 1974. čak 525 mm oborina (više od trećine godišnjeg prosjeka!). Tako velika kolebanja oborina, kao i njihov veliki intenzitet (prevladavaju oborine u obliku pljuskova, dok su kiše slabijeg, ali dužeg trajanja znatno rjeđe) uzrokuje stvaranje bujica, a u obalnom pojasu aktiviranje obalnih izvora i vrulja. Relativno velika količina oborina kao i njihov raspored tijekom godine bitno utječu na intenzitet korozijskog procesa. Jesenski maksimum poklapa se s procesom truljenja biljne mase, što pogoduje jačem korozijskom procesu zbog velike koncentracije CO<sub>2</sub> u tlu. Međutim, prema vršnim dijelovima Velebita zbog niskih temperatura koje utječu na zamrzavanje vode u tlu jača kriogeni proces, dok korozijski ima sporednu ulogu. Suprotno tomu, na nižim dijelovima SZ obronka rijetka pojava dana s temperaturom ispod 0°C pogoduje razvoju intenzivnijega korozijskog procesa. Za korozijski proces veliku važnost imaju dodatne oborine nastale taloženjem kapljica vode iz izmaglice, oblaka i magle koje se akumuliraju horizontalnim

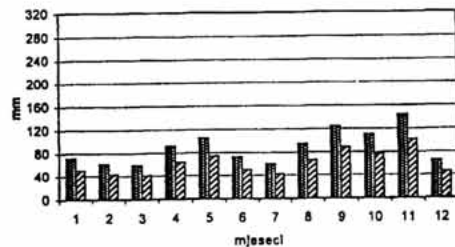


Sl. 6. Prosječna godišnja količina oborina (u mm), u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

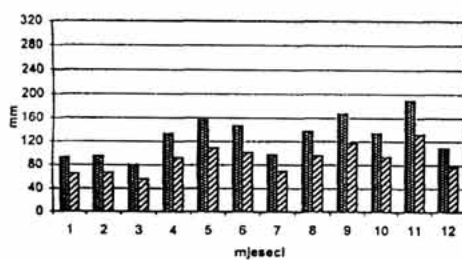
Senj



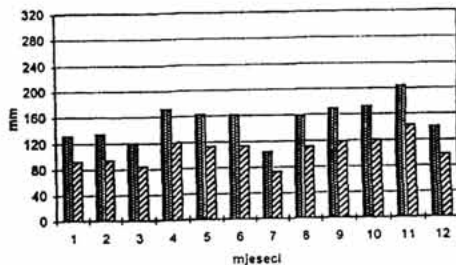
Sveti Juraj



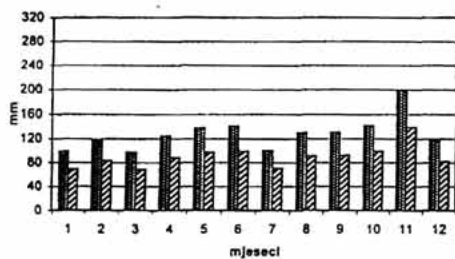
Oltari



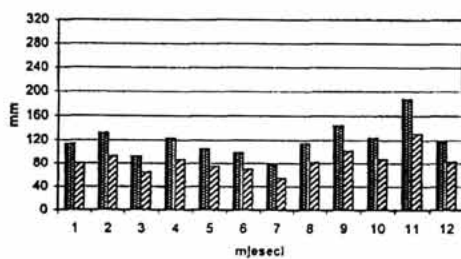
Zavižan



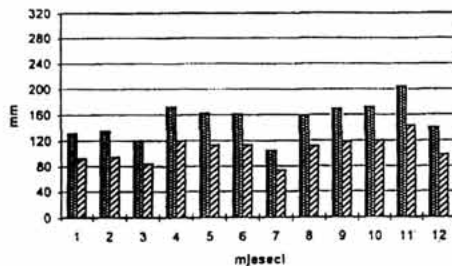
Krasno



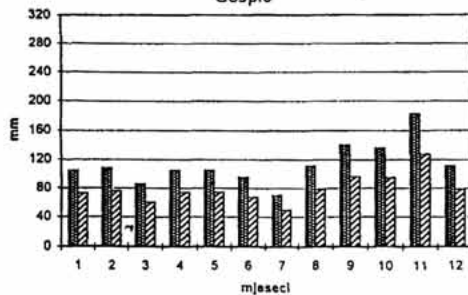
Kosinjski Bakovac

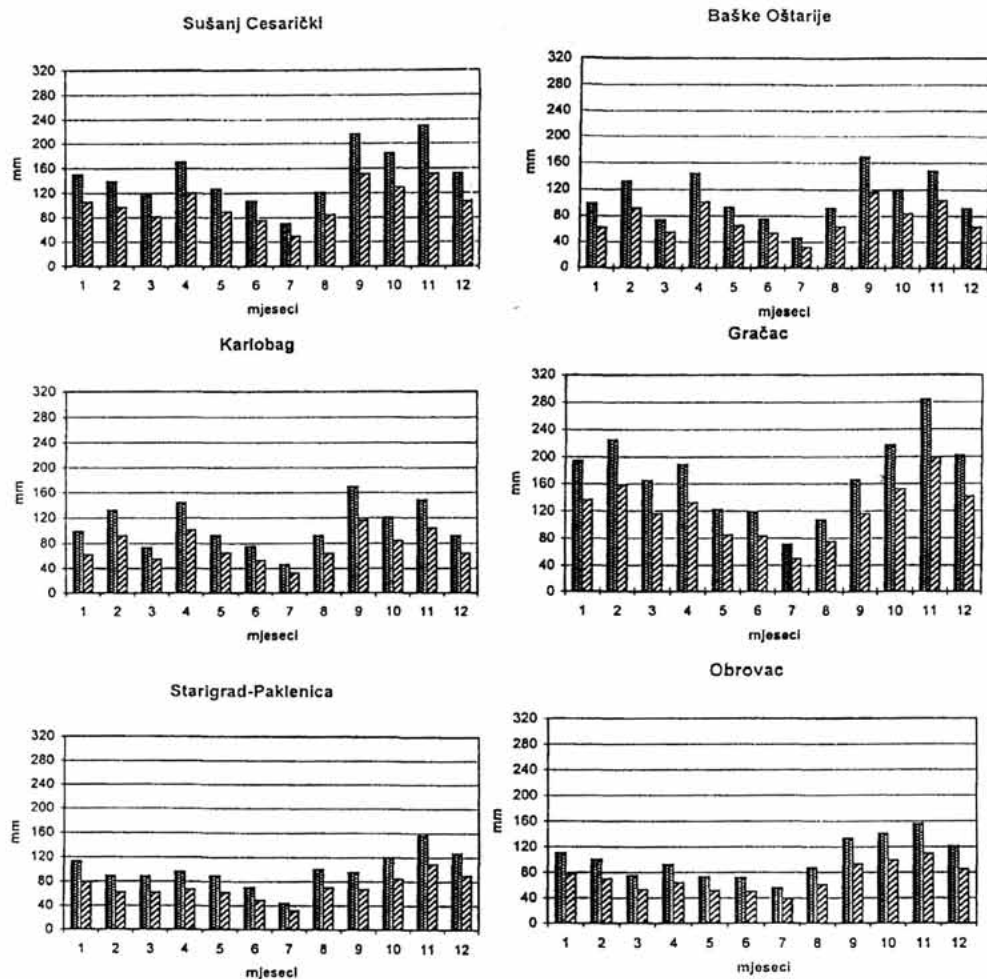


Brušane



Gospić



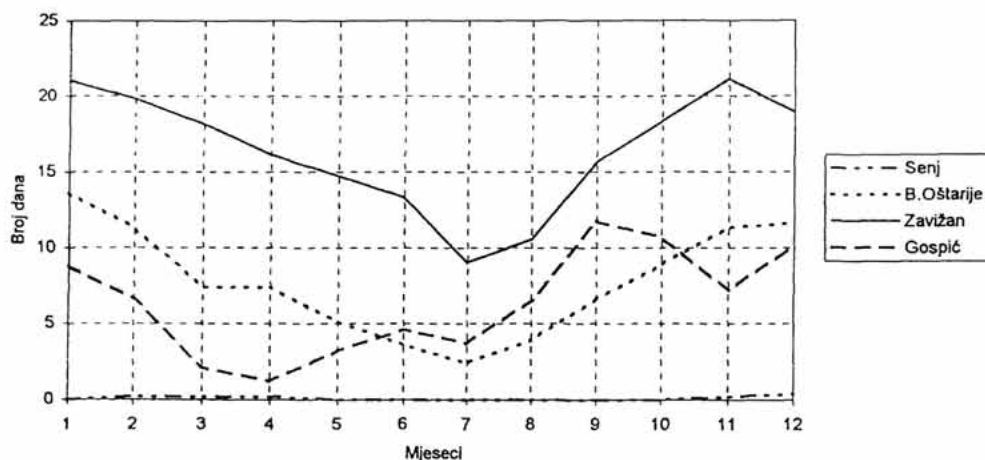


Sl. 7. Prosječna mjesečna količina oborina (u mm), u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3), te na osnovu toga izračunata prosječna mjesečna količina oborina za würm

transportom vjetra pri nailasku na zapreke. U takvim uvjetima (Tab. 4) intenzitet korozije na površini je čak i veći nego u tlu.<sup>20</sup> Mjerenja dodatne količine oborina provode se na Zavižanu pomoću kišomjera s mrežicom. U razdoblju od 1. siječnja 1955. do 31. prosinca 1965. kišomjer s mrežicom imao je doprinos od 249% dodatne količine oborina, prema količini oborina

<sup>20</sup> D. PERICA, 1998.

izmjerenoj normalnim kišomjerom.<sup>21</sup> Doprinos oborina osjetno je veći zimi (u prosincu 343%), nego ljeti (kolovoz 171%). Tim mjerenjima utvrđeno je da do najveće izdašnosti dodatnih oborina dolazi stvaranjem planinske magle zbog nailaska morskog zraka pri jugozapadnom strujanju. Količina dodatnih oborina istaloženih iz magle 11. II. 1958. iznosila je čak 116.5 mm, dok je istodobno normalnim kišomjerima izmjerena količina oborina od 1.1 do 1.5 mm. U razdoblju od 1955. do 1965. čak u osamnaest slučajeva količina dodatnih oborina izmjerenih pomoću kišomjera s mrežicom imala je vrijednosti veće od 50 mm, dok je istodobno normalnim kišomjerom izmjerena maksimalna količina oborina od 5.9 mm.<sup>22</sup> Količina na taj način istaloženih dodatnih oborina opada



Sl. 8. Prosječan mjesečni broj dana s maglom u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Senj	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	1,2
B. Oštarije	13,6	11,3	7,4	7,4	5,1	3,6	2,4	3,9	6,6	8,9	11,3	11,6	93,1
Zavižan	21,0	19,8	18,1	16,1	14,7	13,3	9,0	10,5	15,6	18,3	21,1	18,9	196,4
Gospić	8,8	6,6	2,1	1,2	3,2	4,6	3,7	6,5	11,7	10,7	7,2	10,1	76,4

Tab 8. Prosječan mjesečni i godišnji broj dana s maglom u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ Grič 3)

<sup>21</sup> B. KIRIGIN, 1967.

<sup>22</sup> B. KIRIGIN, 1967.

prema nižim dijelovima, no ona je zbog češće pojave magle znatno veća na SI nego JZ obronku. Na Zavižanu prosječno godišnje ima 196.4 dana s maglom (Tab. 8 i Sl. 8), a prema Baškim Oštarijama ona se smanjuje na 93.1 i 76.4 dana u Gospiću. Središnje i niže dijelove JZ obronka karakterizira znatno manji broj dana s maglom (u Senju svega 1.2 dana).

Broj dana sa snježnim pokrivačem (Tab. 9 i Sl. 9) na tlu koji je veći ili jednak 1 cm, na istoj je visini znatno manji na JZ nego na SI obronku. To je posljedica termičkog utjecaja mora i veće insolacije na JZ obronku. Snijeg se najmanje zadržava uz obalu (Karlobag 0.1, a Senj 0.4 dana) i na nižim dijelovima JZ obronka (Obrovac 2.3 dana), dok se s porastom visine povećava broj dana s trajanjem snježnog pokrivača (Sušanj Cesarički 12.3, a Oltari 70.9 dana). Na SI obronku trajanje je također najmanje u podnožju (Gračac 55.1, a Brušani 71.2 dana), a s porastom visine i na njoj se povećava broj dana (Krasno 98.6, a Baške Oštarije 86,6 dana), dok je najveće zadržavanje snježnog pokrivača u vršnom dijelu Velebita (Zavižan 180 dana). Osim toga, s porastom visine raste i visina snježnog pokrivača tako da je njegova maksimalna visina na Zavižanu iznosila 298 cm. Na visinu snježnog pokrivača, kao i na njegovo trajanje, bitno utječe zimska količina oborina. Za listopad, studeni i prosinac zbog čestih prodora toplih zračnih masa iz Sredozemlja preko Velebita u unutrašnjost karakteristično je brže topljenje snježnog pokrivača. To se očituje u manjem broju dana s visokim snježnim pokrivačem.<sup>23</sup> Zadržavanje snijega znatno je duže u šumi nego na otvorenim terenima, na osojnim stranama nego na prisojnim, a osobito dugo (vrlo često i do druge polovice srpnja) na dnu dubokih ponikava i uvala gdje je nanesen vjetrom i u podnožjima lavinskih terena. Na terenima čiji nagib prelazi 30<sup>0</sup>, vrlo se često javljaju snježne lavine, dok na obroncima čiji nagib prelazi 60<sup>0</sup>, snijeg se uopće ne zadržava, već se odmah osipa u niže dijelove.<sup>24</sup> Osim mehaničkog prenošenja fragmenata kršja

#### ZAVIŽAN (1594 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
>=1 cm	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
>=10 cm	27,1	28,3	31,0	29,3	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	10,8	21,9	160,0
>=30 cm	26,9	28,3	31,0	26,6	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	6,3	18,0	145,0
>=50 cm	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

<sup>23</sup> D. PERICA - D. OREŠIĆ, 1995, 1997.

<sup>24</sup> P. ŠEGULA, 1985.



## BAŠKE OŠTARIJE (924 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
>=1 cm	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
>=10 cm	13,9	13,2	12,9	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,1	10,0	59,2
>=30 cm	8,7	9,8	8,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	7,4	37,4
>=50 cm	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

## BRUŠANE (589 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
>=1 cm	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
>=10 cm	13,2	12,8	8,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	4,7	11,5	52,3
>=30 cm	8,9	8,7	4,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	5,3	29,5
>=50 cm	4,0	2,9	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,1	10,5

## GOSPIĆ (564 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
>=1 cm	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
>=10 cm	11,7	9,3	5,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	11,7	42,7
>=30 cm	4,8	4,2	1,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	4,4	16,7
>=50 cm	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

## SUŠANJ CESARIČKI (680 m)

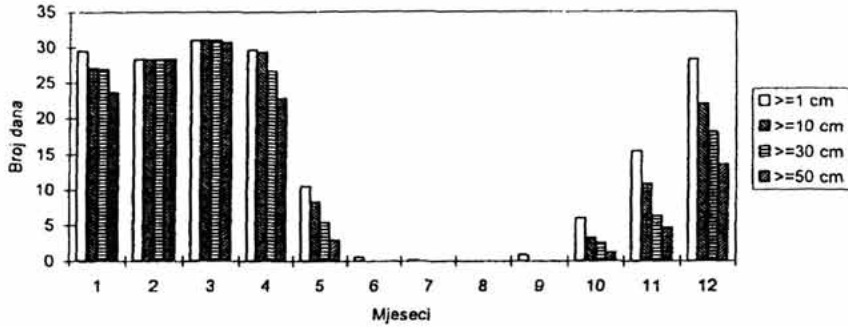
mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
>=1 cm	3,8	1,7	2,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	3,3	15,3
>=10 cm	2,3	0,6	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,3	6,6
>=30 cm	1,5	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	2,2
>=50 cm	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5

## KARLOBAG (30 m)

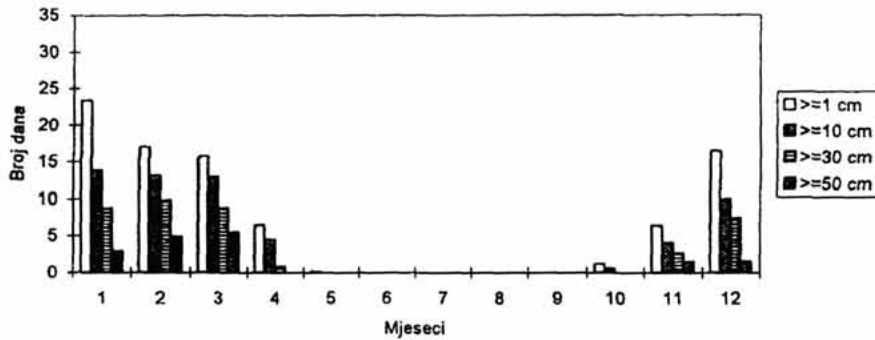
mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
>=1 cm	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
>=10 cm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
>=30 cm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>=50 cm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tab. 9. Prosječan mjesečni i godišnji broj dana sa snijegom na tlu >=1 cm, >=10 cm, >=30 cm i >=50 cm, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

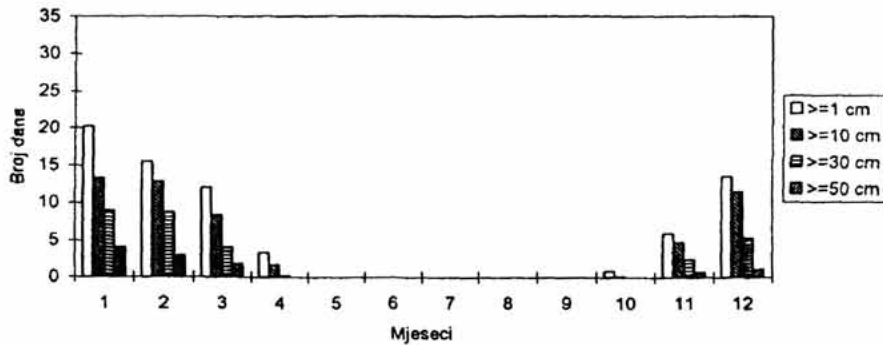
ZAVIŽAN

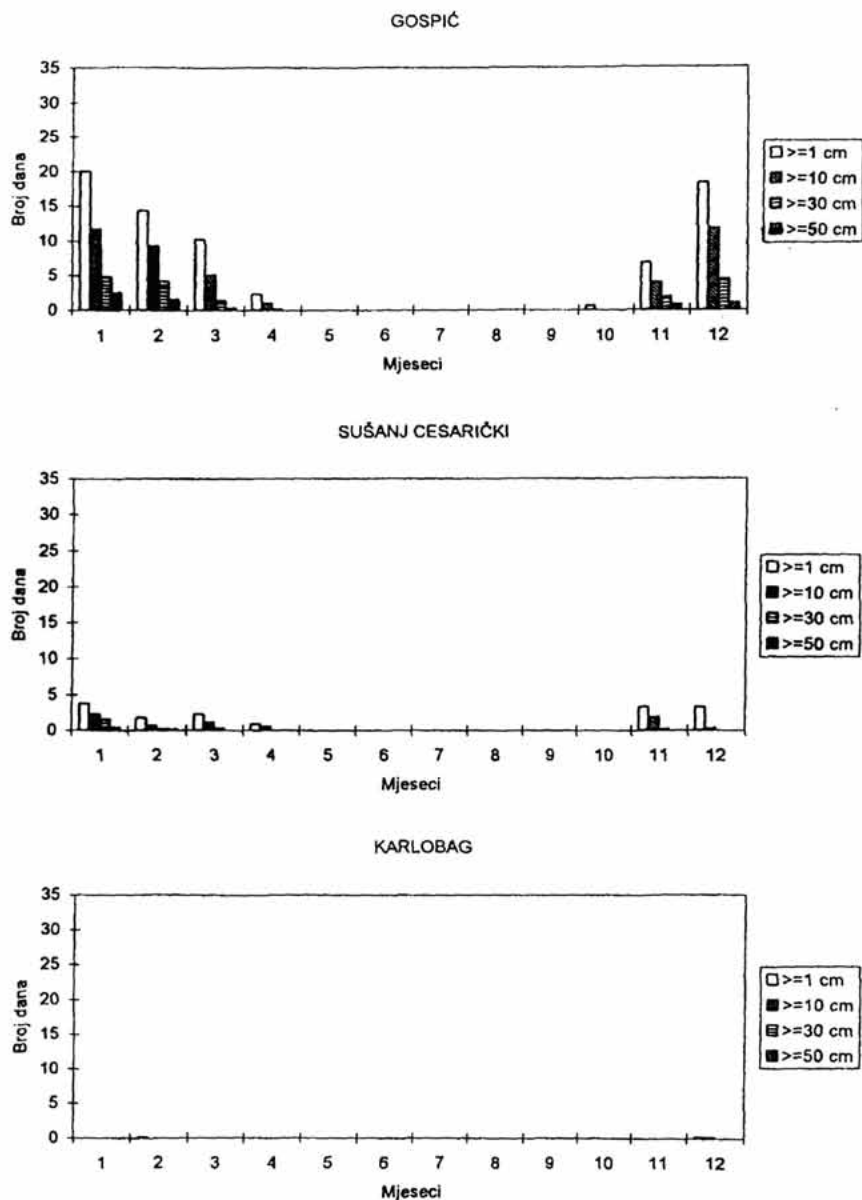


BAŠKE OŠTARIJE



BRUŠANE





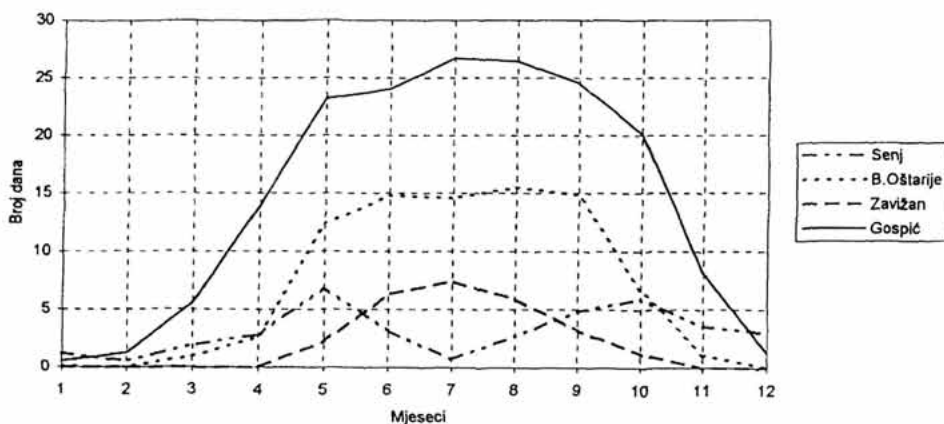
Sl. 9. Prosječan mjesečni broj dana sa snijegom na tlu veći ili jednak 1 cm, 10 cm, 30 cm i 50 cm, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

niz obronke, snježne lavine lome sve pred sobom oblikujući u podnožju lavinske akumulacije, a zbog nedostatka snijega koji bi imao ulogu termičkog izolatora, u vršnim dijelovima dolazi do jakog mraznog oblikovanja. Osobito jako mrazno trošenje dobro je uočljivo (na središnjim i vršnim dijelovima) u podnožjima obronaka čiji nagib prelazi  $60^{\circ}$  gdje se mraznim procesom nastali fragmenti gravitacijski akumuliraju oblikujući koluvijalne zastore i kupe. Nedostatak snijega i njegova termičkog izolatorskog svojstva uočava se i na vjetru izloženim grebenima i dijelovima obronaka viših dijelova Velebita. Zbog niskih temperatura tu je došlo do oblikovanja periglacialnih oblika.<sup>25</sup> Za središnje i niže dijelove JZ obronka zbog odnošenja snijega burom karakteristično je stvaranje snježnih nanosa na mjestima zaštićenim od vjetra. Nanosi nastali u udubljenjima zbog topljenja snijega utječu na neravnomjernost intenziteta korozijskog procesa. Tako se često događa da su pukotine mrežastih škrapara izložene koroziji, a njihovi vršni dijelovi ne. Dugotrajno natapanje tla sniježnicom (broj dana sa snježnim pokrivačem koji je veći ili jednak 50 cm na Zavižanu je 128 dana godišnje) utječe na produžavanje korozijskog procesa koji se osobito očituje u proširivanju i produbljivanju dna ponikava i uvala viših dijelova Velebita. Tako dugotrajno zadržavanje snijega, kao i smanjeno isparavanje na osojnim stranama ponikava, pogoduje pojačanom korozijskom procesu i asimetričnom oblikovanju ponikava. Dugotrajni snježni pokrivač također sprječava jače kriogene procese, a na dijelovima nagnutih obronaka prekrivenih šumskom vegetacijom zbog laganog sklizanja niz obronak dolazi do povijanja stabala u bazalnom dijelu.

Pojava rose (Tab. 10. i Sl. 10) i mraza (Tab. 11. i Sl. 11) najveća je u zavali Ličkog polja. Tako je u promatranom razdoblju (od listopada 1966. do rujna 1976.) u Gospiću izmjereno čak 175.4 dana s rosom i 64.3 dana s mrazom. Posljedica je to ponajprije visokih dnevnih amplituda zraka. Prema vršnim dijelovima Velebita broj se dana s rosom i mrazom smanjuje, ali je još uvijek na Baškim Oštarijama velik (godišnje 83.3 dana s rosom i 27.8 dana s mrazom).<sup>26</sup> Rosa i mraz (u slučajevima kad ujutro dođe do otapanja zbog temperatura zraka iznad ništice) na goloj vapnenačkoj podlozi djeluju u maloj mjeri na proces korozije. Iako je u Senju zabilježeno prosječno 37 dana s rosom (a samo 1 dan s mrazom), za intenzitet korozije oni nemaju važnost na nižim dijelovima JZ obronka kao u višim dijelovima Velebita, jer bura, koja je dominantna na JZ obronku, brzo suši plitka tla i ogoljelu karbonatnu stijensku podlogu.

<sup>25</sup> D. PERICA, 1998.

<sup>26</sup> D. PERICA - D. OREŠIĆ, 1997.



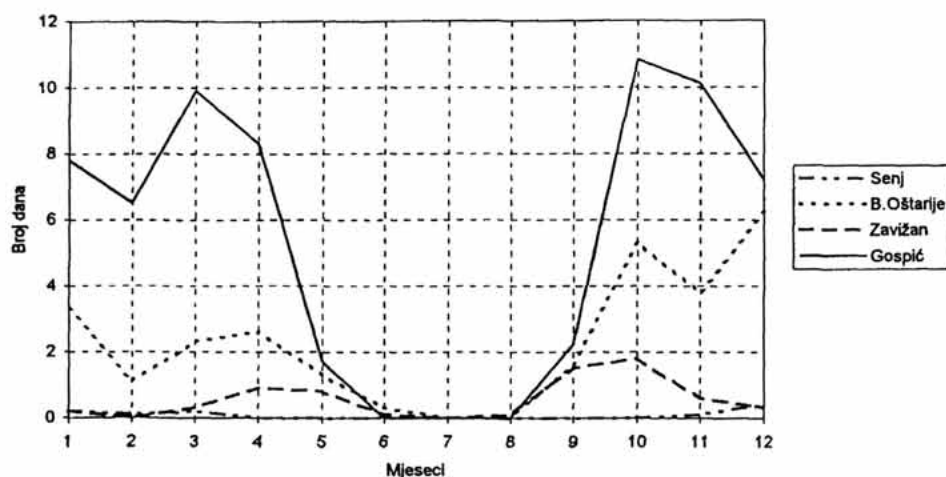
Sl. 10. Prosječan mjesečni broj dana s rosom, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Senj	1,2	0,5	1,9	2,8	6,8	3,2	0,7	2,7	4,8	5,9	3,5	3,0	37,0
B.Oštarije	0,1	0,0	0,9	2,6	12,3	14,8	14,6	15,5	14,8	6,6	1,1	0,0	83,3
Zavižan	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	6,3	7,4	5,9	3,2	1,2	0,0	0,0	26,2
Gospić	0,5	1,2	5,5	13,9	23,2	24,0	26,7	26,4	24,5	20,1	8,1	1,3	175,4

Tab. 10. Prosječan mjesečni i godišnji broj dana s rosom, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Senj	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,0
B.Oštarije	3,3	1,1	2,3	2,6	1,3	0,3	0,0	0,0	1,6	5,3	3,8	6,2	27,8
Zavižan	0,2	0,0	0,3	0,9	0,8	0,1	0,0	0,1	1,5	1,8	0,6	0,3	6,5
Gospić	7,8	6,5	9,9	8,3	1,7	0,0	0,0	0,0	2,2	10,8	10,1	7,2	64,3

Tab. 11. Prosječan mjesečni i godišnji broj dana s mrazom, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

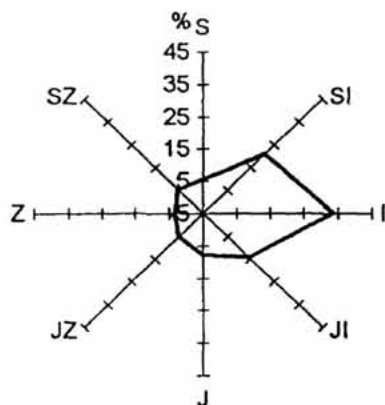


Sl. 11. Prosječan mjesečni broj dana s mrazom, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

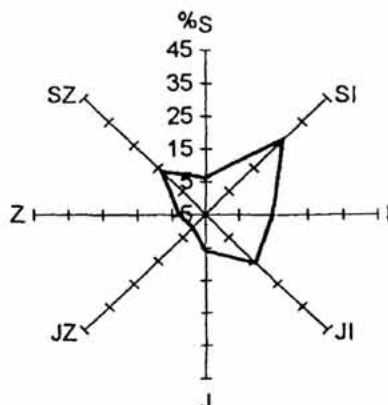
### Vjetar

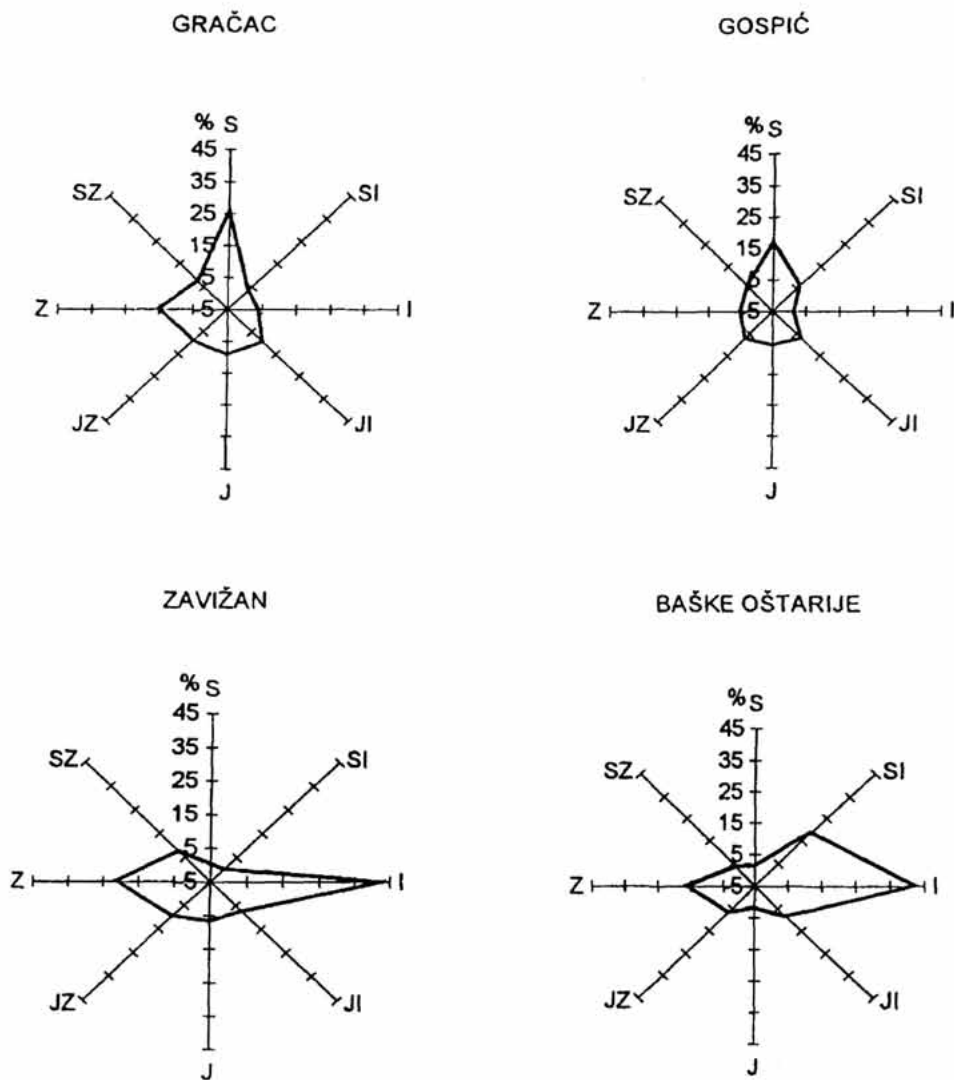
Na cijelom prostoru Velebita prevladavaju kontinentalni vjetrovi (Tab. 12 i Sl. 12), a među njima se po svojim osobinama posebno ističe bura, koja puše na JZ obronku Velebita (u Senju iz SI i I smjera, a u Karlobagu iz S, SI, i I smjera). Bura je izrazito mahovit, hladan i suh vjetar, a dugotrajnija je i jača

#### SENJ



#### KARLOBAG





Sl. 12. Srednja čestina vjetra (u %) po smjerovima, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

zimi nego ljeti. Nastanak bure najčešće je vezan uz prodore hladnih zračnih masa sa sjevera koje se pri nailasku na umjereno visoku i široku barijeru Velebita nagomilavaju u prostranoj zavali Ličkog polja. Zbog njihova izdizanja

dolazi do prelijevanja prema moru. Prelijevanje je najjače na najnižim i najužim mjestima (prijevoji Oltari, Baške Oštarije, Mali Halan i Prezid), što u njihovu podnožju uvjetuje češću i jaču buru.<sup>27</sup> Za vrijeme prelijevanja zbog pseudoadijabatičkog procesa dolazi do stvaranja oblaka (odnosno magle u vršnom dijelu praćene izlučivanjem dodatne količine oborina), dok pri spuštanju zbog zagrijavanja zrak postaje izrazito suh (smanjuje se relativna vlaga, a kao posljedica toga javlja se povećana evaporacija). Za razdoblja s burom karakteristično je da se bitno mijenjaju meteorološki elementi. Tako su u razdobljima s burom temperatura i relativna vlaga zraka cijele godine, a osobito zimi, niže nego u razdobljima bez bure, a naoblaka je od travnja do kolovoza veća, dok je u ostalom dijelu godine znatno niža za trajanja bure.<sup>28</sup> Negativan utjecaj bure osobito dolazi do izražaja zbog toga što ona tijekom dva do tri dana uvjetuje sušenje plitkog pedološkog pokrova, a za svega nekoliko sati ogoljele karbonatne površine, čak i nakon najdužih kišnih razdoblja.<sup>29</sup> Na taj način bura bitno utječe na trajanje (skraćuje ga) i intenzitet (slabiji je) korozijskog procesa.

smjer	S	SI	I	JI	J	JZ	Z	SZ	C
Gračac	25,8	3,3	3,8	9,5	9,0	8,9	14,7	7,3	17,7
Gospić	16,8	6,4	1,5	7,1	5,6	7,2	4,9	6,3	44,2
B.Oštarije	1,5	19,0	42,2	8,6	1,8	6,7	16,1	3,8	0,9
Zavižan	0,4	0,1	42,5	7,2	6,6	9,3	21,1	7,2	5,0
Karlobag	6,1	27,2	14,7	15,8	6,0	0,7	2,8	13,3	13,4
Senj	5,2	20,6	33,7	14,4	7,7	4,9	3,2	5,4	4,9

Tab. 12. Srednja čestina vjetra (u %) po smjerovima, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

Bura je vrlo često jak vjetar, a na mahove doseže i olujnu snagu. To rezultira ispuhivanjem i odnošenjem sitnijega rastresitog materijala (pijesak, prašina i čestice tla), a prema I. Horvatu i pokretanjem sitnoga, stjenovitog drobinskog materijala.<sup>30</sup> Zimi na prijevojima, vršnom dijelu hrpta i dijelovima JZ obronka, bez šumske vegetacije odnosi snježni pokrivač, stvarajući snježne nanose na položitim i zaštićenijim lokalitetima. Područja s kojih bura odnosi

<sup>27</sup> I. LUKŠIĆ, 1975.

<sup>28</sup> I. LUKŠIĆ, 1975; T. ŠEGOTA, 1987.

<sup>29</sup> V. ROGIĆ, 1958.

<sup>30</sup> I. HORVAT, 1949.



snijeg zbog nedostatka njegova termoizolacijskog svojstva znatno su izloženi mraznom procesu (fizičkom trošenju). Dok na JZ obronku puše bura, u Lici puše sjeverac, koji uz SI obronak vrlo često mijenja smjer i puše kao zapadni vjetar (u Gračacu). Istodobno u vršnom dijelu Velebita zbog modifikatorskog utjecaja reljefa puše kao istočni, sjeveroistočni (Baške Oštarije) ili sjeverozapadni (Zavižan) vjetar, koji također često dostiže olujnu snagu.

Od maritimnih vjetrova najznačajniji je jugo (JI vjetar) na obalnom dijelu JZ obronka, te zapadni, jugozapadni, južni i jugoistočni vjetrovi u vršnom dijelu Velebita, SI obronku i Lici. Ti vjetrovi nastaju pri prodoru toplog zraka s juga, a koji 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, naoblacenjem i oborinama, a na SI obronku imaju vrlo često karakter toplog i suhog fena.<sup>31</sup> Tijekom ljeta vrlo je čest maestral. Uglavnom puše kao sjeverozapadnjak i zapadnjak, a smjer mu je određen pružanjem Velebitskog kanala. Ponekad ga je teško razlikovati od smorca. Dnevna izmjena vjetrova jače je razvijena na JZ obronku i vršnom dijelu Velebita. Smorac i kopnenjak su karakteristični za obalni pojas. Smorac danju utječe na slabije zagrijavanje (hladi) obalnog pojasa, smanjuje brzinu bure jer im je smjer suprotan, dok se noću događa da zbog usisavanja hladnog zraka iz zaleđa kopnenjak prijeđe u pravu buru.

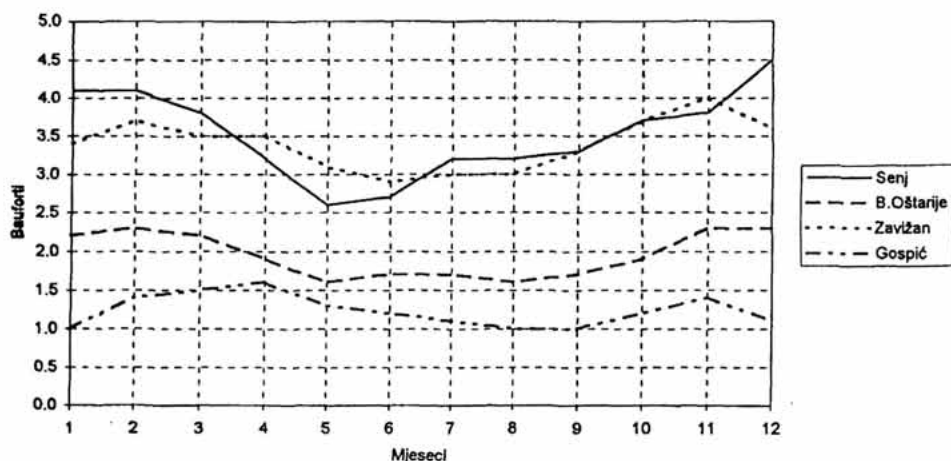
Tijekom vedroga, toplog i stabilnog vremena razvija se mjesno kruženje zraka s obje strane planinskog uzvišenja: danju prema njezinu vršnom dijelu, a noću niz obronku. Noćik je na ličkoj strani od samog početka svjež vjetar, dok na primorskoj strani najprije donosi topli zrak, koji se tijekom dana ugrijao nad ogoljelom primorskom padinom.<sup>32</sup>

Za vedrih predvečerja i noći tijekom cijele godine (a osobito u njezinoj toplijoj polovici) zbog termičkih razlika SI i JZ obronka vršnog dijela čest je vrlo snažan vjetar sa SI prema JZ obronku. Zimi slično kao i bura, utječe na odnošenje snijega s izloženih vršnih dijelova hrpta i obronaka i uvjetuje stvaranje snježnih nanosa u zavjetrinama. Velik udio tišine u Gospiću i Gračacu posljedica je njihova smještaja na dnu Ličkoga, odnosno Gračačkog polja.

Niže dijelove SI obronka i dna zavalu polja, osim velikog relativnog udjela tišine, obilježava i manja jačina vjetrova. U Gospiću je prosječna godišnja jačina vjetrova samo 1.2 bofora, a mjesečne vrijednosti variraju od 1.0 do 1.6 bofora (Tab. 13 i Sl. 13). Zbog položaja na dnu zavale Ličkog polja

<sup>31</sup> B. MAKJANIĆ, 1978.

<sup>32</sup> B. PENZAR - I. PENZAR, 1995.

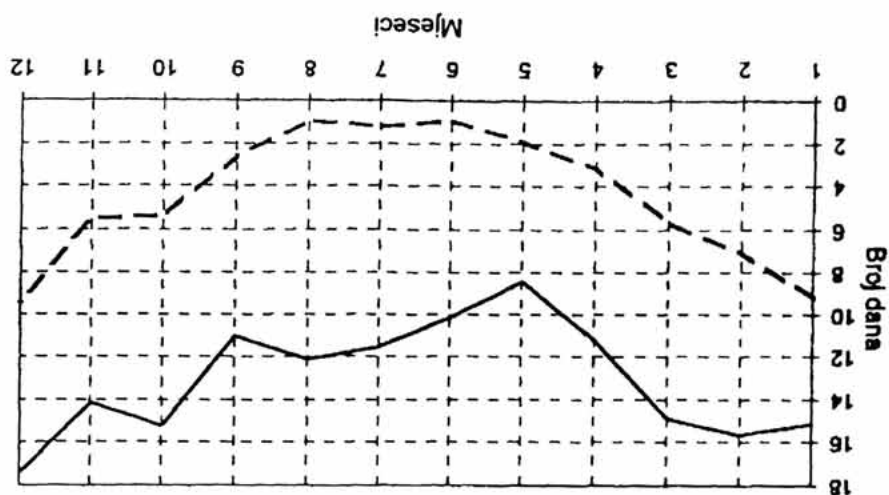


Sl. 13. Srednja mjesečna jačina vjetra (u beaufortima), u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Senj	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	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	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	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

Tab. 13. Srednja mjesečna i godišnja jačina vjetra (u boforima), u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

Gospić karakterizira i mali broj dana (Tab. 14 i Sl. 14) s jakim (6.8) i olujnim (0.4) vjetrom. Prema višim dijelovima povećava se i prosječna jačina vjetra kao i broj dana s jakim i olujnim vjetrom. Specifičan položaj meteorološke postaje Zavižan (neposredno ispod vrha Vučjak), koja je stalno izložena zračnim strujanjima, obilježava visoka prosječna jačina vjetra od 3.4 bofora, ali i manji broj dana s jakim (85.6) i olujnim (16.2) vjetrom nego na meteorološkoj postaji Senj. Zbog dominacije bure JZ obronak obilježava najizrazitija vjetrovitost. Tako je u Senju prosječna godišnja jačina vjetra 3.5 bofora, a čak je (prosječno godišnje) u 156.6 dana zabilježen jak vjetar, a u 52.9 dana zabilježen olujni vjetar.



## SENJ

Tab. 14. Prosječan mjesečni i godišnji broj dana s jakim (<6 bofora) i olujnim (>8 bofora) vjetrov u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grtč 3)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
jak i vjeter	0,6	0,8	0,5	0,9	0,2	0,3	0,3	0,6	0,0	0,0	0,1	1,7	0,8
olujni vjeter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1

## GOSPIĆ

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
jak i vjeter	1,0	1,2	1,6	0,4	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,9
olujni vjeter	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	2,5

## B. OŠTARIJE

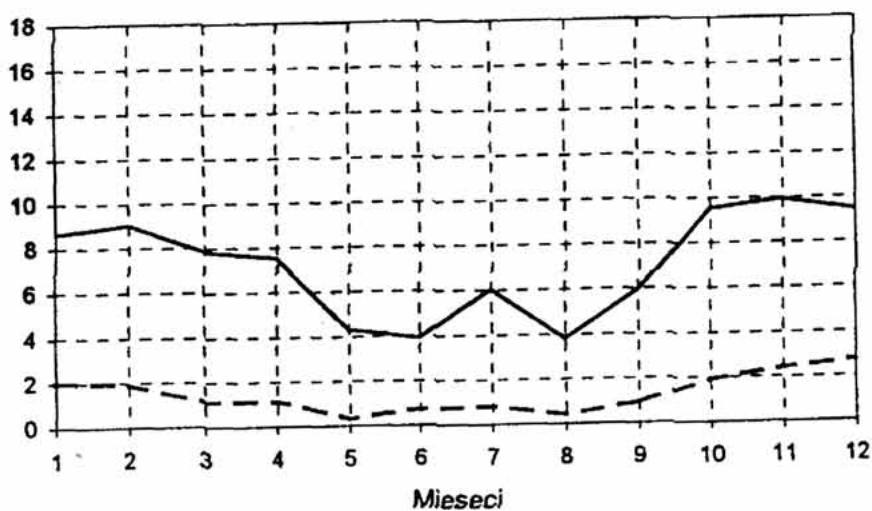
mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
jak i vjeter	8,6	9,0	7,8	7,5	4,3	3,9	6,0	3,8	5,9	9,5	9,9	9,4	85,6
olujni vjeter	2,0	1,9	1,1	1,1	0,3	0,7	0,8	0,4	0,9	1,9	2,4	2,7	16,2

## ZAVIZAN

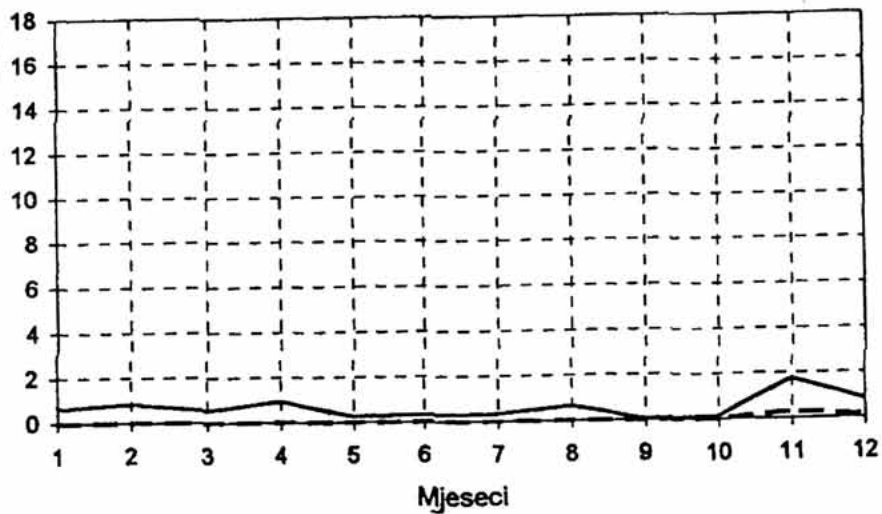
mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
jak i vjeter	15,1	15,6	14,9	11,2	8,4	10,1	11,5	12,1	11,0	15,2	14,1	17,4	156,6
olujni vjeter	9,2	7,1	5,7	3,2	1,9	0,9	1,2	0,9	2,6	5,4	5,5	9,3	52,9

## SENJ

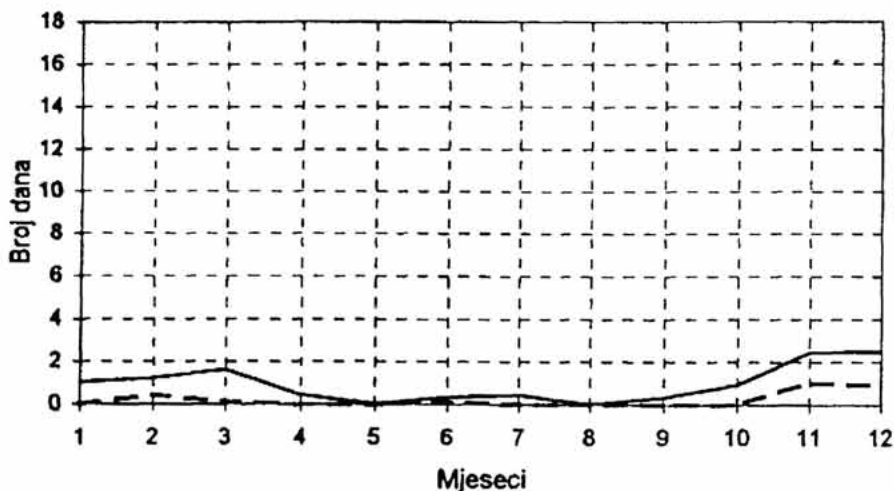
### ZAVIŽAN



### GOSPIĆ



## BAŠKE OŠTARIJE



Sl. 14. Prosječan mjesečni broj dana s jakim (> 6 beauforta) i olujnim (> 8 beauforta) vjetrom, u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

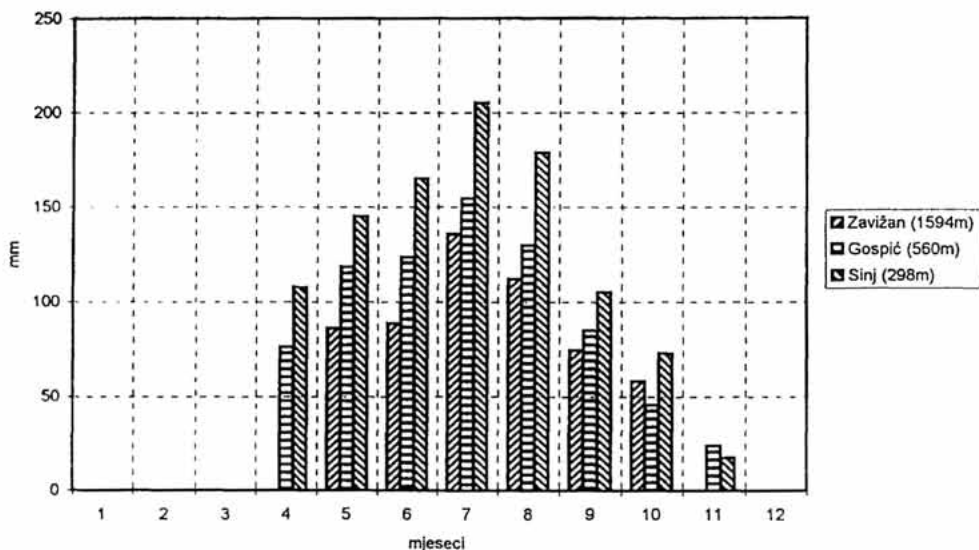
### *Isparavanje*<sup>33</sup>

Veliko značenje za intenzitet korozije ima voda koja se zadrži u tlu, odnosno ponire u dublje dijelove karbonatne podloge. Prema tome, na smanjenje intenziteta korozije, osim gubitka vode koja površinski otječe, veliko značenje ima i gubitak vode koja ispari. S obzirom na to da se evaporacija ponajprije povećava s porastom temperature, jačanjem vjetrovitosti, manjom relativnom vlagom zraka, njezina se količina povećava od vršnih dijelova Velebita prema nižim dijelovima (Tab. 15 i Sl. 15). Intenzitet evaporacije vrlo je velik tijekom kasnog proljeća i ljeta i premašuje količinu primljenih oborina. Razlika između količine oborina i isparene vode pokazuje da na prostoru Velebita u toplijem dijelu godine prevladava suša, koja se negativno odražava i na intenzitet korozije. Nepovoljan godišnji raspored oborina, koji uz jako isparavanje obilježava niže dijelove JZ, primorskog obronka, utječe na njezinu izrazitu sušnost tijekom toplijeg dijela godine.<sup>34</sup> Na to ukazuju i znatno više

<sup>33</sup> Meteorološka postaja Sinj izabrana je zbog sličnih klimatskih osobina onima na JZ obronku Velebita.

<sup>34</sup> D. PERICA, 1998.

temperature, prosječna snaga vjetra i znatno manje vrijednosti relativne vlage zraka, a tomu posebno treba pridodati i manju količinu oborina.



Sl. 15. Prosječna mjesečna i godišnja količina isparavanja (u mm) u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
Zavižan (1594m)	0,0	0,0	0,0	0,0	86,3	88,5	135,6	112,2	74,6	58,1	0,0	0,0	555,3
Gospić (560m)	0,0	0,0	0,0	76,3	118,6	123,5	154,5	129,8	85,0	45,4	23,7	0,0	756,8
Sinj (298m)	0,0	0,0	0,0	107,8	144,9	165,2	205,2	178,9	105,3	73,1	17,4	0,0	977,8

Tab. 15. Prosječna mjesečna i godišnja količina isparavanja (u mm) u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. (DHMZ, Grič 3)

### *Klimatska obilježja Velebita tijekom kvartara*

Tijekom kvartara na sjevernoj hemisferi su se nekoliko puta javljala glacialna razdoblja, a obuhvaćala su oko 30% zemljine površine.<sup>35</sup> Osnovni je problem dokazivanja glacijacija na Zemlji jaka destrukcija glacialnih reljefnih oblika. Zbog toga je približno određivanje glacialnih razdoblja određeno

<sup>35</sup> D. FORD - P. WILLIAMS, 1994; T. ŠEGOTA - A. FILIPČIĆ, 1996.

uglavnom na temelju analiza izotopa  $O^{18}$  i  $O^{16}$  iz dubokomorskih sedimenata (iz ljuštura bentoskih foraminifera). Tragovi predglacijalnog krškog reljefa (oblikovani u toplijim razdobljima - interglacijalima i interstadijalima) variraju od potpuno destruiranih do onih dobro očuvanih. No i razdoblja glacijacija obilježava razvoj krških reljefnih oblika.<sup>36</sup>

Tragovi oledbe na Velebitu, iako su pobuđivali rasprave i interes znanstvenika već na početku 20. stoljeća,<sup>37</sup> ustanovljeni su tek u novije doba.<sup>38</sup> Rezultati njihovih istraživanja odnose se isključivo na würmski glacijal. Pretpostavlja se da je riski glacijal bio većeg rasprostiranja nego würmski, no još uvijek zbog nedostatka tragova na prostoru Velebita, o njemu, kao i ostalim predwürmskim glacijacijama i njihovu utjecaju na oblikovanje reljefa teško je govoriti. Na temelju analiza (izotop  $O^{18}$  i  $O^{16}$ ) ustanovljeno je da je klima interglacijala bila toplija, ili ista kao danas, a to je najvjerojatnije pogodovalo intenzivnom razvoju krških reljefnih oblika. Prema S. Božičeviću<sup>39</sup> nastanak speleothema imao je maksimalne uvjete u razdoblju integracijala ris-würm, u interstadijalima würma pred 50000 i 30000 godina, i u holocenu. Toplija klima interglacijala ris-würm, kao i interstadijala, sigurno je pogodovala razvoju i ostalih krških reljefnih oblika. Međutim, oni su za vrijeme oledbe u znatnoj mjeri naknadnim utjecajem glacijalnih i periglacijalnih procesa preoblikovani (npr. ponikve i uvale) ili potpuno destruirani (npr. škrape i kamenice).

Među autorima koji su se bavili problemom würmskog glacijala, većina ih misli da je srednja temperatura bila niža od današnje za  $10^{\circ}C$ . Zahlađenje je nastupilo postupno, a optimalni uvjeti nastali su prije (približno) 70.000 godina. U prvoj fazi klima je bila relativno svježija i vlažna, na kraju vrlo hladna i sušnija, a najjače zahlađenje bilo je pred 25000 - 18000 godina. Nakon toga uslijedilo je naglo zatopljenje, te u holocenu uz manja odstupanja prevladavaju slične klimatske osobine. T. Šegota pretpostavlja da je za najvećeg zahlađenja temperatura bila niža za  $10 - 12^{\circ}C$ , J. Riđanović za  $10^{\circ}C$ , J. Büdel da su temperature u srednjoj Europi bile niže za  $15^{\circ}C$ , a K. Kaiser za  $15 - 16^{\circ}C$ .<sup>40</sup> L. Gates pretpostavlja da je temperatura bila niža za  $10 - 12^{\circ}C$  u zapadnoj, a  $10 - 15^{\circ}C$  u istočnoj Europi,<sup>41</sup> dok se područje današnjega obalnog dijela Velebita u periodu zadnje oledbe na njegovoj karti nalazi između izoterme od  $14^{\circ}$  i  $15^{\circ}C$  u

<sup>36</sup> D. FORD - P. WILLIAMS, 1994.

<sup>37</sup> H. HRANILOVIĆ, 1901; A. GAVAZZI, 1903; R. SCHUBERT, 1910.

<sup>38</sup> L. NIKLER, 1973; S. BELIJ, 1985; A. BOGNAR i dr., 1992, 1997.

<sup>39</sup> S. BOŽIČEVIĆ, 1992.

<sup>40</sup> T. ŠEGOTA, 1963; J. RIĐANOVIĆ, 1963; J. BÜDEL, 1960; K. KAISER, 1960.

<sup>41</sup> L. GATES, 1976.

mjesecu srpnju. Proučavajući periglacialne procese i oblike u Panonskoj nizini, H. Poser izračunao je prosječnu godišnju temperaturu od  $-2^{\circ}\text{C}$  u Panonskoj nizini za vrijeme maksimalne würmske oledbe,<sup>42</sup> a na osnovu toga je A.-M. Klein izračunala srednje mjesečne i srednju godišnju temperaturu zraka za Zagreb.<sup>43</sup> S obzirom na razliku temperature zraka u würmu (za razdoblje maksimalnog zahlađenja) i današnje temperature zraka u Zagrebu (Tab. 16 i Sl. 16) mogu se izračunati i temperature zraka na području Velebita (Tab. 2). Na taj način dobivene srpanjske temperature podudaraju se s izotermama na L. Gatesovoj karti. Tadašnja razina Jadranskog mora,<sup>44</sup> koja je bila niža za -96 m i obalna linija, koja je dosegala vanjski rub Kornata (u blizini otoka Mana) bila je udaljena od najbliže točke (na području Jasenica) 51 km, zasigurno se osjetila i u slabijem utjecaju mora na klimatske prilike, odnosno na jače izražene kontinentalne utjecaje i na JZ obronku Velebita. Prosječna temperatura zraka tada je u 129 m visokom "Karlobagu" iznosila  $2,2^{\circ}\text{C}$ , a u 115 m visokom "Senju"  $1,1^{\circ}\text{C}$ . Izoterma od  $0^{\circ}\text{C}$  tada je bila na visini od približno 400 m (prema vertikalnom gradijentu Senj - Baške Oštarije). Prema B. Messerliju srednja mjesečna temperatura zraka najtoplijeg mjeseca u nivou snježne granice iznosi  $4,5^{\circ}\text{C}$ ,<sup>45</sup> ali zbog specifičnih lokalnih uvjeta oborina, isparavanja i insolacije ona može biti niža, odnosno više za  $1,3 - 1,4^{\circ}\text{C}$ .

Prema T. Šegoti pojačana atmosferska cirkulacija na početku glacijacije uzrokovala je određeno povećanje količine oborina, za najmanje 20%, a prevladavale su krute oborine.<sup>46</sup> Ekspanzija ledenog pokriva nakon određenog vremena (najvjerojatnije oko sredine glacijacije) počinje se negativno odražavati na količinu oborina. Tada se zbog iznimno niskih temperatura smanjuje isparavanja iz mora, te postupno počinje smanjivanje količine oborina, a minimum je bio u razdoblju najjačeg zahlađenja. Oborine su donosili uglavnom južni i zapadni vjetrovi, sve više prevladavaju krute oborine, a za maksimalnog zahlađenja skoro u potpunosti prevladavaju.<sup>47</sup> Zbog blizine mora i pogodnih zračnih struja Velebit je primao relativno veliku količinu oborina. Ona je za vrijeme würmske oledbe na području Velebita prema karti Europe A.-M. Klein bila prosječno za 30% manja od današnje (Tab. 7 i Sl. 6).<sup>48</sup> U takvim uvjetima

<sup>42</sup> H. POSER, 1947.

<sup>43</sup> A.-M. KLEIN, 1953.

<sup>44</sup> T. ŠEGOTA, 1982.

<sup>45</sup> B. MESSERLI, 1967.

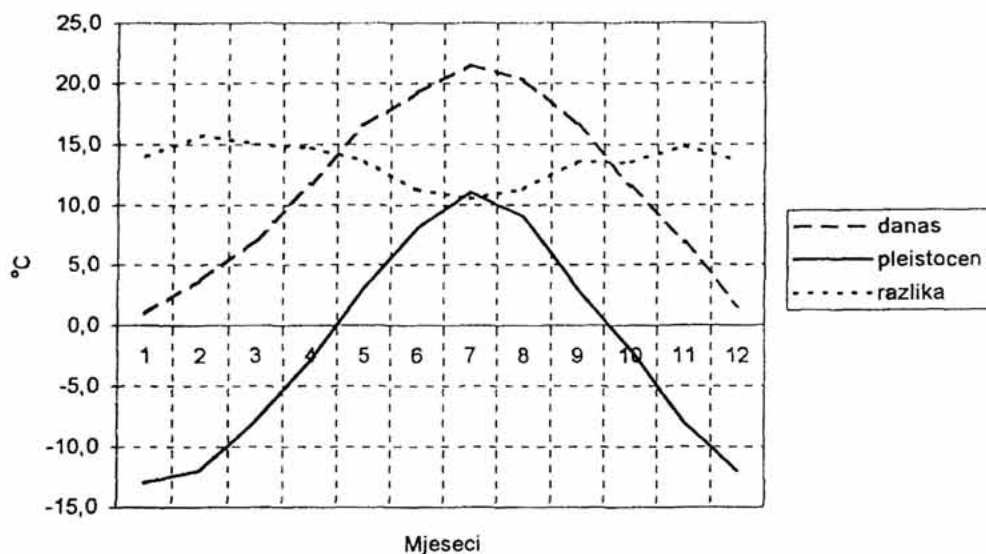
<sup>46</sup> T. ŠEGOTA, 1982.

<sup>47</sup> T. ŠEGOTA, 1963; T. ŠEGOTA - A. FILIPČIĆ, 1996.

<sup>48</sup> A.-M. KLEIN, 1953. Prema A.-M. Klein količina oborina na prostoru Velebita bila je manja za 20-40% od današnje, a u ostalim dijelovima Europe između 20-80%.



područje Južnog Velebita iznad 1600 m (odnosno 1500 m današnje visine) primalo je preko 2000 mm oborina (Visočica 1716 m primala je 2018 mm, a uvala Bunovac u vršnom dijelu približno 2393 mm oborina). Podnožje Velebita u tadašnjoj dolini rijeke Zrmanje, koja je protjecala južnim rubom današnjeg Velebitskog kanala primalo je najmanje količine oborina ("Novigrad" 740 mm, "Senj" 858 mm, "Karlobag" 902 mm).



Sl. 16. Srednja mjesečna temperatura zraka (u °C) u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. u Zagreb - Griču (DHMZ, Grič 3) i na osnovu toga izračunata razlika prema A.-M. Klein za würm

#### ZAGREB-GRIČ (157 m)

mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god.
danas	1,0	3,7	7,0	11,7	16,6	19,2	21,5	20,3	16,6	11,5	6,8	1,6	11,4
pleistocen	-13,0	-12,0	-8,0	-3,0	3,0	8,0	11,0	9,0	3,0	-2,0	-8	-12,0	-2,0
razlika	14,0	15,7	15,0	14,7	13,6	11,2	10,5	11,3	13,6	13,5	14,8	13,6	13,4

Tab. 16. Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (u °C) u razdoblju od listopada 1966. do rujna 1976. u Zagreb-Griču (DHMZ, Grič 3) i na osnovu toga izračunata razlika prema A. M. Klein za würm

Relativno velika količina oborina za vrijeme maksimalnog zahlađenja würmskog glacijala, znatno niža temperatura zraka i znatno manje isparavanje pogodovali su opstanku ledenjaka u višim, a sniježnika u središnjim i nižim dijelovima Velebita. Međutim, tomu treba pridodati "dodatne oborine" izlučene iz magle i oblaka (a prevladavalo je inje), koje su zasigurno imale veliku važnost (iako je njihov prinos sigurno bio znatno manji od današnjih relativnih vrijednosti), u prihrani ledenjaka i sniježnika. Navedeni razlozi također su pogodovali i intenzivnom razvoju krških i fluviokrških reljefnih oblika na nižim i središnjim dijelovima obronaka. Jako mrazno trošenje klastičnih naslaga, na kontaktu s karbonatnim naslagama, kao i postojanje permafrosta, osobito je bilo izraženo pri oblikovanju suhih i slijepih dolina. Naime, zbog jače podločnosti mraznom trošenju klastičnih stijena, koje se javlja u podini karbonatnih stijena, zbog narušene stabilnosti karbonatnih stijena došlo je do njihova urušavanja.

Dosadašnjim istraživanjima, osobito u novije vrijeme dokazano je postojanje oledbe na području Velebita.<sup>49</sup> Oledba je bila razvijena u vršnim dijelovima Sjevernog, Srednjeg i Južnog Velebita, a pojedini ledenjaci spuštali su se do visine od 900 metara (Rujanska kosa). Jedan je od osnovnih problema pri proučavanju tragova glacijacije na Velebitu nedostatak klasičnih cirkova i valova. Njihovu ulogu preuzele su krške uvale i ponikve nastale prije pleistocena. Led se kretao iz viših u niže uvale i ponikve snizujući pregibe između njih. Znatno niže temperature zraka u razdoblju würmskog zahlađenja, osim razvoju ledenjaka, pogodovale su i dominaciji periglacialnih procesa, koji su zasigurno bili najvažniji pri oblikovanju reljefa na središnjim i nižim dijelovima Velebita. Naime, pojava permafrosta spriječila je dubinsku kršku drenažu voda te su one, površinski otječući, oblikovale doline koje su u današnje doba suhe.

Temperature zraka koje su za kratkih ljeta i u razdoblju najačeg zahlađenja u najvišim dijelovima Velebita prelazile granicu od 0°C, utjecale su na topljenje ledenjaka i sniježnika. Na taj način nastala sočnica ponirući je korozijski djelovala na karbonatnu podlogu. S obzirom na to da je najvjerojatnije karbonatna podloga (odnosno njezine pukotine u tim kratkim ljetima) bila zasićena vodom, a u vršnim dijelovima i zbog zaleđenosti tla, ona se slijevala prema dnima uvala i ponikava, gdje je zbog njezinog korozijskog djelovanja došlo do nastanka ponora. Njihov razvoj bio je osobito intenzivan za vrijeme glacijalne recesije. Većina tih ponora su sitasti ponori, dok je jama Ledenica na dnu uvale Veliki Lom najvjerojatnije jedan od otvorenih ponora.

---

<sup>49</sup> L. NIKLER, 1973; S. BELIJ, 1985; A. BOGNAR, i dr. 1992, 1997.

### *Zaključak*

Prosječno godišnje trajanje sijanja sunca opada od obale prema vršnom dijelu Velebita i Lici. Zbog čestih magli i niske (stratigrafske) naoblake nad zavalom Ličkog polja u hladnom je razdoblju sijanje sunca na Zavižanu duže nego u Gospiću. U toplijem dijelu godine, zbog orografske naoblake na vršnom dijelu Velebita, sunce sija u Gospiću duže nego na Zavižanu. Veliku važnost za primitak sunčane energije ima ekspozicija obronaka i njihov nagib. O tome u velikoj mjeri ovisi termomehaničko raspadanje gole stjenovite podloge.

Termički utjecaj mora ograničen je na uzak obalni pojas i niže dijelove velebitskog JZ obronka. U toplom dijelu godine jako zagrijavanje gole vapnenačke podloge utječe na velik broj toplih i vrućih dana na primorskom obronku Velebita. Jako zagrijavanje pogoduje u znatnoj mjeri termomehaničkom raspadanju stijenskog kompleksa, a također utječe na vrlo jaku evapotranspiraciju, što uvjetuje izrazitu sušnost nižih dijelova JZ obronka. U takvim je uvjetima i intenzitet korozije i biokorozije smanjen, zapravo za jačih suša skoro u potpunosti nedostaje u plitkim tlima koja prevladavaju na obalnim i nižim dijelovima JZ obronka. Novijim mjerenjima intenziteta površinske korozije to je i potvrđeno. Intenzitet korozije najveći je na središnjim dijelovima primorskog obronka, dok neznatno opada prema nižim a izrazito prema vršnim dijelovima Velebita. Niže i središnje dijelove JZ obronka karakterizira osjetno veći intenzitet korozije u tlu nego na površini.

Utjecaj mraza na fizičko trošenje stijenskog kompleksa skoro je zanemariva pojava na priobalnom dijelu JZ obronka Velebita. S porastom visine temperatura zraka na JZ obronka naglo opada, brže opada na nižim, a polaganije na višim dijelovima JZ obronka.

U odnosu na unutrašnjost, Velebit čini južni i jugozapadni rub zavala Ličkog i Gračačkog polja. Zimi se zavala Ličkog i Gračačkog polja zbog nailaska na relativno visoku barijeru Velebita ispunila hladnim zračnim masama koje iz unutrašnjosti prodiru prema moru. One su obično praćene vedrinom (što ima za posljedicu jako hlađenje noćnom dugovalnom radijacijom) i tišinom, a to pogoduje temperaturnim inverzijama. Dakle, na nižim dijelovima SI obronka, zbog reljefnih specifičnosti (rub zavala polja) promjena je temperature s porastom visine zimi zanemariva. Zbog specifičnih termičkih osobina Ličkog i Gračačkog polja temperatura zraka u godišnjem prosjeku na SI obronku Velebita s visinom polaganije opada na nižem, a brže na višem dijelu obronka. Razlike u temperaturi zraka na području Velebita mogu na razmjerno maloj udaljenosti biti velike. Na to osobito upućuje raspored vegetacije. Kriogeni procesi, kao i mehaničko raspadanje uvjetovani nižim

temperaturama i većim temperaturnim kolebanjima, dominantni su procesi u vršnom dijelu Velebita.

Razlog iznimno malog intenziteta korozije u tlu u vršnim dijelovima Velebita treba tražiti u zimskoj fiziološkoj sušnosti, koja je uvjetovana velikim brojem hladnih dana, kada zbog zamrzavanja vode prestaje korozijski proces, a u znatnoj se mjeri smanjuje i biološki proces (kratko vegetacijsko razdoblje).

Cijelo područje Velebita ima mediteranski pluviometrički režim. Sve kišomjerne postaje imaju maksimum oborina u jesen, a sporedni maksimum u proljeće. Obilježje istraživanog područja jest veliko kolebanje količine oborina po mjesecima. Odnos mjeseci s najmanjom i najvećom količinom oborina povećava se od Sjevernog prema Južnom Velebitu. S porastom nadmorske visine također se uočava ravnomjerniji raspored godišnje količine oborina.

S porastom visine količina se oborina povećava, no to povećanje nije ravnomjerno. Najmanje je na prostoru Sjevernog Velebita, gdje izohijeta od 2000 mm prelazi visinu od približno 1400 m. Na području Rožanskih i Hajdučkih kukova padne preko 2000 mm oborina. Na prostoru Srednjeg Velebita godišnja količina oborina već je znatno veća, a izohijeta od 2000 mm oborina godišnje spušta se postupno (s visine od 1500 m na središnjem dijelu Sjevernog Velebita) na visinu od 900 m na SZ obronku, a na JZ obronku i do samog dna zavale Ličkog polja. Najveća količina oborina padne u vršnom dijelu Južnog Velebita (Vaganski vrh - Sveto brdo), gdje prosječno godišnje padne približno 3500 mm.

Na SI obronku količina oborina s udaljavanjem od vršnog dijela (izuzevši Brušane u zavjetrini) postupno opada. No, i u podnožju SI obronka karakteristično je povećavanje količine oborina od njezina SZ k JI dijelu. Količina oborina smanjuje se i udaljavanjem od obronka dalje u unutrašnjost.

Relativno velika količina oborina kao i njihov raspored tijekom godine bitno utječu na intenzitet korozijskog procesa. Jesenski maksimum poklapa se s procesom truljenja biljne mase, što pogoduje jačem korozijskom procesu zbog velike koncentracije CO<sub>2</sub> u tlu. Međutim, prema vršnim dijelovima Velebita zbog niskih temperatura koje utječu na zamrzavanje vode u tlu, jača kriogeni proces, dok korozijski ima sporednu ulogu. Suprotno tomu, na nižim dijelovima SZ obronka rijetka pojava dana s temperaturom ispod 0°C pogoduje razvoju intenzivnijeg korozijskog procesa. Za korozijski proces veliku važnost imaju dodatne oborine nastale taloženjem kapljica vode iz izmaglice, oblaka i magle koje se akumuliraju horizontalnim transportom vjetra pri nailasku na zapreke. U takvim uvjetima intenzitet korozije na površini je čak i veći nego u tlu.

Za procese spiranja i jaruženja, odnosno odnošenja tankoga pedološkog pokriva vrlo je značajan intenzitet oborina. Naime, na najvećem dijelu

Velebita prevladavaju kratkotrajne, ali obilne oborine koje zbog povećanih nagiba (dominiraju nagibi veći od 12 stupnjeva) brzo površinski otječu.

S porastom visine povećava se broj dana s trajanjem snježnog pokrivača, kao i visina snježnog pokrivača. Zadržavanje snijega znatno je duže u šumi nego na otvorenim terenima, na osojnim stranama nego na prisojnim, a osobito dugo (vrlo često i do druge polovice srpnja) na dnu dubokih ponikava i uvala te u podnožjima lavinskih terena. Na terenima čiji nagib prelazi  $30^{\circ}$ , vrlo se često javljaju snježne lavine, dok se na obroncima čiji nagib prelazi  $60^{\circ}$ , snijeg uopće ne zadržava, već se odmah osipa u niže dijelove. Zbog nedostatka snijega koji bi imao ulogu termičkog izolatora, u vršnim dijelovima dolazi do jakoga mraznog trošenja i oblikovanja periglacialnih oblika. Osobito jako mrazno trošenje dobro je uočljivo (na središnjim i vršnim dijelovima) u podnožjima obronaka čiji nagib prelazi  $60^{\circ}$ , gdje se mraznim procesom nastali fragmenti gravitacijski akumuliraju oblikujući koluvijalne zastore i kupe. Nanosi nastali u udubljenjima, zbog topljenja snijega utječu na neravnomjernost intenziteta korozijskog procesa. Tako se često događa da su pukotine mrežastih škrapara izložene koroziji, a njihovi vršni dijelovi ne. Dugotrajno natapanje tla sniježnicom (broj dana sa snježnim pokrivačem koji je veći ili jednak 50 cm, na Zavižanu je 128 dana godišnje) utječe na produžavanje korozijskog procesa, koji se osobito očituje u proširivanju i produbljanju dna ponikava i uvala viših dijelova Velebita. Tako dugotrajno zadržavanje snijega, kao i smanjeno isparavanje na osojnim stranama ponikava, pogoduje pojačanom korozijskom procesu i asimetričnom oblikovanju ponikava. Dugotrajan snježni pokrivač također sprječava jače kriogene procese, a na dijelovima nagnutih obronaka prekrivenih šumskom vegetacijom zbog laganog klizanja niz obronak dolazi do povijanja stabala u bazalnom dijelu.

Na cijelom prostoru Velebita prevladavaju vjetrovi s kopna, a među njima se po svojim osobinama posebno ističe bura koja puše na JZ obronku Velebita (u Senju iz SI i I smjera, a u Karlogagu iz S, SI, i I smjera). Dok na JZ obronku puše bura, u Lici puše sjeverac, koji uz SI obronak vrlo često mijenja smjer i puše kao zapadni vjetar. Istodobno u vršnom dijelu Velebita zbog modifikatorskog utjecaja reljefa puše kao istočni, sjeveroistočni (Baške Oštarije) ili sjeverozapadni (Zavižan) vjetar, koji također često dostiže olujnu snagu.

Od maritimnih vjetrova najznačajniji je jugo (JI vjetar) na obalnom dijelu JZ obronka, te zapadni, jugozapadni, južni i jugoistočni vjetrovi u vršnom dijelu Velebita, SI obronku i Lici. Tijekom ljeta vrlo je čest maestral. Uglavnom puše kao sjeverozapadnjak i zapadnjak, a smjer mu je određen pružanjem Velebitskog kanala. Ponekad ga je teško razlikovati od smorca.

Za vedrih predvečerja i noći tijekom cijele godine (a osobito u njezinoj toplijoj polovici) zbog termičkih razlika SI i JZ obronka vršnog dijela, čest je

vrlo snažan vjetar sa SI prema JZ obronku. Zimi, slično kao i bura, utječe na odnošenje snijega s izloženih vršnih dijelova hrpta i obronaka i uvjetuje stvaranje snježnih nanosa u zavjetrinama.

Niže dijelove SI obronka i dna zavala polja, osim velikoga relativnog udjela tišine, obilježava i manja jačina vjetrova. Prema višim dijelovima povećava se i prosječna jačina vjetra kao i broj dana s jakim i olujnim vjetrom. Zbog dominacije bure JZ obronak, posebice Senj, obilježava najizrazitija vjetrovitost praćena smanjenjem relativne vlage i nižim temperaturama (isušivanje tla) koje nepovoljno djeluju na korozijski proces.

Klimatske promjene u geološkoj prošlosti uvjetovale su preoblikovanje paleokrškog i pojavu drugih tipova reljefa. Razdoblja zahlađenja (würm III), karakterizira oblikovanje glacionalnih krških oblika, koji do osobitog izražaja dolaze iznad 1300 metara visine, dok je na nižim visinama njihova pojava poglavito uvjetovana termičkim inverzijama. Približno, za 12<sup>0</sup>C niže temperature pogodovale su nastanku ledenjaka u vršnim dijelovima Velebita. S obzirom na to da se ledena masa akumulirala u već postojećim ponikvama i uvalama, ona je, krećući se prema nižim područjima, svojim egzarazijskim djelovanjem u znatnoj mjeri preoblikovala njihove strane i dna.<sup>50</sup>

### *Popis literature i izvora*

- Arhiv Državnoga hidrometeorološkog zavoda u Zagrebu (1966-1976)
- S. BELIJ, *Glacijalni i periglacijalni reljef Južnog Velebita*, Posebna izdanja Srp. geogr. društva, 61, Beograd, 1985, 1-68.
- S. BERTOVIĆ, Ekološko-vegetacijske značajke okoliša Zavižana u Sjevernom Velebitu, *Glasnik za šumske pokuse*, 18, Zagreb, 1975, 5-75.
- S. BERTOVIĆ, Velebitski botanički vrt, *Šumarski list*, 1-3, Zagreb, 1979, 65-76.
- S. BERTOVIĆ, Neke vegetacijske i klimatske značajke lokaliteta u visokom gorju i sredogorju alpko-dinarskog masiva, *Šumarski list*, 3-4, Zagreb, 1980, 99-116.
- A. BOGNAR - S. FAIVRE - J. PAVELIĆ, *Glaciation traces on the North Velebit mountain*, Proc. Intern. Symp. Geomorph. and the sea & Meeting geomorph. Comm. Carpat-Balkan countries, Mali Lošinj, Zagreb, 1992, 283-287.
- A. BOGNAR, S. FAIVRE, i J. PAVELIĆ, Tragovi oledbe na Srednjem Velebitu, *Senjski zbornik*, 24, Senj, 1997, 1-16.
- S. BOŽIČEVIĆ, *Fenomen krš*, Školska knjiga, Zagreb, 1992, 1-103.
- J. BÜDEL, Die Gliederung der Würmkaltzeit, *Würzburger geographische Arbeiten*, Würzburg, 1960.

<sup>50</sup> Zahvaljujemo Državnom hidrometeorološkom zavodu, Odsjeku za klimatologiju iz Zagreba (Grič 3) na susretljivosti i dopuštenju korištenja podataka.

- Ž. CINDRIĆ, Komparative mikro-klimatische Untersuchungen in den Wald-Phytocenosen im nordlichen Teil des Velebitgebirges, *Zbornik met. i hidrol. radova*, 5, Beograd, 1974, 251-257.
- A. FILIPČIĆ, Anomalija temperature zraka u Hrvatskoj, *Acta Geographica Croatica*, 29, Zagreb, 1994, 45-56.
- D. FORD - P. WILLIAMS, *Karst Geomorphology and Hydrology*, Chapman and Hall, London, 1994, 1-601.
- I. GAMS, Mednarodne primerjalne meritve površinske korozije s pomočjo standardnih apnenaških tablet, *Zbornik Ivana Rakovca*, Rasprave IV razreda SAZU, Ljubljana, 1985, 361-386.
- I. GAMS, Za kompleksno merjenje krške denudacije, *Zbornik radova II znanstvenog skupa geomorfologa SFRJ*, Gospić-Južni Velebit 1987, Zagreb, 1987, 45-54.
- W. L. GATES, *Modeling the Ice-age*, *Climate Science*, 191, 1976.
- A. GAVAZZI (FRANOVIĆ), Trag oledbe na Velebitu, *Glasnik Hrv. naravosl. društva*, 14, Zagreb, 1903, 459.
- B. HACQUET, *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, 1785.
- H. HRANILOVIĆ, Geomorfološki problemi iz hrvatskoga krasa, *Glasnik Hrv. naravosl. društva*, 13/1 - 3, Zagreb, 1901, 93-133.
- I. HORVAT, *Nauka o biljnim zajednicama*, Zagreb, 1949.
- K. KAISER, *Klimazeugen des periglazialen Dauerfrostbodens in Mittel- und Westeuropa*, *Eiszeitalter und Gegenwart* 11, 1960.
- B. KIRIGIN, Klimatske karakteristike Sjevernog Velebita, *Zbornik radova X kongresa klimatologa Jugoslavije*, Kopaonik 1967, Beograd, 1967.
- A. - M. KLEIN, Die Niederschläge in Europa im Maximum der letzten Eiszeit, *Peterm. Geogr. Mitt.* v. 97, Stuttgart, 1953.
- I. LUKŠIĆ, Bura u Senju, *Senjski zbornik*, 6, Senj, 1975.
- B. MAKJANIĆ, Bura, *Matematičko-fizički list*, 17 (2), Zagreb, 1966.
- B. MAKJANIĆ, *Bura, jugo i etezija*, Beograd, 1978.
- B. MESSERLI, Die eiszeitliche und gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmerraum, *Geographica Helvetica*, 22, Bern, 1967, 105-228.
- Meteorološki godišnjaci (1966-1976)*, knj. 1 i 2, SHMZ, Beograd
- J. MILKOVIĆ, Sistematska pogreška u mjerenju oborine, *Rasprave*, 21, Zagreb, 1986, 77-91.
- L. NIKLER, Novi prilog poznavanju oledbe Velebita, *Geološki vjesnik*, 25, Zagreb, 1973, 109-112.
- B. PENZAR - I. PENZAR, Velebit - klimatska prekretnica, *Paklenički zbornik*, 1, Simpozij povodom 45. godišnjice NP "Paklenica", Starigrad - Paklenica, 1995, 11-15.
- D. PERICA, *Geomorfologija krša Velebita*, doktorska disertacija, Geografski odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1998, 1 - 251.
- D. PERICA - D. OREŠIĆ, Klimatska obilježja Južnog Velebita, *Paklenički zbornik*, 1, Simpozij povodom 45. godišnjice NP "Paklenica", Starigrad - Paklenica, 1995, 17-24.
- D. PERICA - D. OREŠIĆ, Prilog poznavanju klimatskih obilježja Velebita, *Acta Geographica Croatica*, 32, Zagreb, 1997, 45-68.

- J. RIĐANOVIĆ, *Prilog poznavanju reljefa primorskih krških planina*, doktorska disertacija, Geografski odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1963, 1-193.
- V. ROGIĆ, *Velebitska primorska padina*, *Radovi Geografskog instituta u Zagrebu*, 2, Zagreb, 1958, 1-114.
- R. SCHUBERT, *Erläuterungen zur Geologischen Karte der im Reichsrath vertretenen Königreiche und Länder der Oesterreich-Ungarischen Monarchie*, SW Grupe, Nr. 116, Medak - Sv. Rok (Zone 28, Col. XIII der Spezialkarte der Österr.-Ungar. Monarchie im Masstabe 1 : 75 000), Geol. Reichsanst., Wien, 1910, 1-32.
- T. ŠEGOTA, *Geografske osnove glacijacija*, *Radovi Geografskog instituta*, 4, Zagreb, 1963, 1-119.
- T. ŠEGOTA, *Razina mora i vertikalno gibanje dna Jadranskog mora od ris-virmaskog interglacijala do danas*, *Geološki vjesnik*, 35, Zagreb, 1982.
- T. ŠEGOTA *Vrijednost nekih meteoroloških elemenata za vrijeme bure u Senju*, *Geografski horizont*, 1-4, Zagreb, 1987.
- T. ŠEGOTA - A. FILIPČIĆ, *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, III. prerađeno izdanje, Zagreb, 1996, 1-471.
- I. VELIĆ - S. BAHUN - B. SOKAČ - I. GALOVIĆ, *Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000*, List Otočac L 33-115, IGI Zagreb, SGZ Beograd, 1970-1974.

#### DIE KLIMATISCHEN VERHAELTNISSE DES VELEBIT-GEBIRGES UND IHR EINFLUSS AUF DIE GESTALTUNG DES RELIEFS

##### Z u s a m m e n f a s s u n g

In diesem Artikel werden Besonnung, Lufttemperatur, relative Feuchtigkeit und Wind auf dem Gebiet des Velebit-Gebirges mit Ruecksicht auf ihre Bedeutung fuer die Gestaltung des Reliefs beschrieben. Ein kurzer Ueberblick ueber das Palaeo-Klima wird gegeben mit dem Akzent auf der Zeit der letzten Vergletscherung, die die Gestaltung des Reliefs des erforschten Gebietes beeinflusst hatte. Dank der Hoehe und der Ausdehnung des Velebit-Gebirges an der Kueste, verschieden sich seine Abhaenge hinsichtlich des Klimas. Der eine Abhang ist dem Einfluss des Meeres geoeffnet, der andere demjenigen des Innenlandes. Die Verhaeltnisse des Klimas beeinflussen die Verteilung des Festlandes und des Meeres und das Relief des ausgedehnten Gebietes. Die Klima-Verschiedenheit auf diesem kleinen Gebiet, die durch die geographische Lage und Veraenderung der Hoehe bedingt ist, spiegelt sich in der Distribuzion der herrschenden geomorphologischen Prozesse und Formen.

#### THE CLIMATIC CHARACTERISTICS OF VELEBIT AND THEIR INFLUENCE ON THE RELIEF FORMATION

##### S u m m a r y

The average annual insolation becomes lesser from the coastline toward the top of the mountain and inland Lika's region. In the colder half of the year, the insolation is higher on Zavižan (top of the mountain) than in Gospić (situated in Lika) because of the frequent fog and low overcast. Quite contrary is in the warmer half of the year because of the orographic clouding. The slope aspect and inclination are important for the amount of the sun radiation received and consequently for the thermomechanical destruction of the bare rocky surface.



The thermal influence of the sea is limited to the coastline and lower parts of the SW side of Mt. Velebit. In the warm part of the year the warming of the barren carbonate rock surface is responsible for a greater number of warm and hot days on the seaward mountain side. The intense warming influences the thermomechanical destruction at the same time increasing evapotranspiration, which leads to the drought on the lower parts of the SW mountain side. In such conditions the intensity of corrosion and biocorrosion is diminished. During intense droughts it is especially low in the shallow pedological cover prevailing on the coastal and lower parts of SW mountain side. This is confirmed by the new measurements of the corrosion intensity. Corrosion intensity is greatest on the central parts of the SW mountain side, while it is lower towards lower parts and especially lower towards mountain top. Lower and central parts of SW mountain side are characterised by a far greater corrosion intensity in the soil than on the surface.

With the increase of the altitude, the temperature on the SW mountain side declines. It, however, declines slower on the lower parts and quicker on the upper parts of the SW mountain side.

Mt. Velebit has been also the south and southwest border of the Lika and Gračac plains ("polje"). In winter Lika and Gračac plains become filled up with the cold air, which moves from the inland towards the sea and is stopped by Mt. Velebit. This is often accompanied by clear and calm weather which is the cause of temperature inversions. Thus on the lower parts of the NE mountain side, due to the relief of plains' rim, the decline of the temperature with the increase in altitude in winter time is negligible and sometimes there is an inversion. As regards the annual average, temperature declines slower on the lower parts and faster on the upper parts of the NE mountain side. Temperature differences on the Mt. Velebit can be significant on relatively short distances. This can be observed in vegetation distribution. Criogenic processes as well as mechanical weathering conditioned by low temperatures and great temperature amplitudes are predominant processes in the upper parts of Velebit mountain range.

The reason for extremely low corrosion intensity in the soil in the upper parts of Velebit is in physiological drought conditioned by the high number of cold days, when due to the freezing of water the corrosion stops and the biocorrosion is low (short vegetation period).

The whole area of Mt. Velebit has a mediterranean precipitation regime. All the precipitation gauges show a maximum of precipitation in fall, and a secondary maximum in spring. Great fluctuations of monthly precipitation amounts are characteristic for the investigated area. The difference in the maximum and minimum amounts of monthly precipitations becomes greater as we move from northern to southern Velebit. With the increase in altitude the difference is diminishing.

With the increase of altitude, the total amount of precipitation becomes greater, however not at the same rate everywhere. The slowest increase rate is on the northern Velebit, where the isohyet of 2,000 mm passes approx. at 1,400 m. On the area of Rožanski kukovi and Hajdučki kukovi, there is over 2,000 mm of precipitation. On the central Velebit the annual amount of precipitation is greater and the isohyet of 2,000 mm lowers gradually from 1,500 m on the central part of northern Velebit to 900 m on the SW mountain side, and on the NE side to the bottom of Lika plain ("polje"). The largest amount of precipitation is registered on southern Mt. Velebit tops (Vaganski vrh and Sveto Brdo), where there is approximately 3,500 mm of precipitation yearly.

On the NE mountain side, the amount of precipitation is declining as we move away from the mountain top. In the base of NE mountain side there is also some gaining of the amount of precipitation as we move alongside it from NW to SE.

Relatively large amount of precipitations as well as their monthly distribution is having a significant influence to the intensity of the corrosion process. The precipitation maximum in

autumn and the organic decay of plants have had a significant contribution to the corrosion process due to the greater concentration of CO<sub>2</sub> in the soil. However, towards the mountain top the corrosion process diminishes and the cryogenic process strengthens due to the low temperatures and freezing of water. Great importance for the corrosion process has a large amount of additional precipitation, not measured by normal gauging stations but by totalisators in the highest mountain parts. In such conditions, the corrosion intensity on the surface has been even greater than in the soil.

The erosion processes are influenced by the fact that most of the precipitations are usually in the form of short but intensive showers and by the generally great slope inclination favouring surface drainage.

The number of days with snow cover as well as its height increase with altitude. The duration of snow cover is considerably longer in the forest areas than on the open fields, on northern aspect slopes and specially long (often to the second half of July) on the bottom of deep valleys ("dolinas") and on the bases of avalanche fields. In the areas where the slope inclination is over 30 degrees the avalanches are quite often, while on the slopes over 60 degrees snow does not hold but is evacuated downhill immediately. The absence of snow cover on the parts of the mountain top has been the cause of intense mechanical weathering and appearing of periglacial forms. Frost weathering is especially visible on the gravitationally accumulated rock fragments. On the other hand, snow resting in depressions and rock fissures prolongs the corrosion process. This is notable in widening and deepening of valleys ("dolinas") and depressions ("uvalas") bottoms in the upper mountain parts.

Among the prevailing continental winds, the main wind is bora, well known on the SW mountain side (in Senj blows from NE and E, in Karlobag from N, NE and E). While on the seaward mountain side there is bora, in Lika blows northerly wind which is often changing direction along the NE side of the mountain and frequently blows as western wind at the foot of the mountain. At the same time, along the top of the mountain, due to relief influence, eastern, northeastern (Baške Oštarije) or northwestern (Zavižan) winds very often blow very strong.

The most important maritime winds are scirocco (SE wind) on the coastal part of the SW mountain side and western, southwestern, southern and southeasterly winds on the top of the mountain, NE mountain side and in Lika. During the summer frequently blow the sea breezes (in Croatia called maestral), mostly as northwestern and western winds and its direction is modified by the Velebit channel form. Sometimes it is difficult to differ maestral from the daily wind circulation.

During the calm evenings and nights, especially in the warmer half of the year, often blows strong wind from NE to SW mountain side because of the temperature differences between them. In winter, similar to bora, it blows the snow away from the mountain top and wind exposed sites on the slopes and builds up snow on leeward sides.

On the lower parts of the NE mountain side, winds are less strong and the share of calms is greater. Towards mountain top, the winds are stronger and the number of days with strong and very strong winds is greater. With the prevailing bora, SW mountain side is most windy (especially Senj).

In the geologic history, the climatic changes conditioned the change of the paleokarstic relief and the formation of other relief types. The glacial period (Würm III) is characterised by the development of glacial karstic forms in the area above 1,300 m of altitude, while in the lower parts they are mainly stipulated by thermic inversion. The 12 degrees C lower temperatures on the top parts of Velebit favoured the development of glaciers. As the glaciers are developed in the existing valleys ("dolinas") and depressions ("uvalas"), they have reshaped their sides and bottoms.