

Tragovi oledbe na Sjevernom Velebitu

Andrija Bognar, Sanja Faivre, Josip Pavelić*

Po prvi put su utvrđeni tragovi pleistocenske oledbe područja Sjevernog Velebita. Oni se odnose kako na egzaracijske morfološke oblike tako i na odgovarajuće korelativne sedimente i morenske oblike.

Ključne riječi: Oledba, ledenjaci, cirkovi, ledenjačke doline, morene

Glaciation traces on the North Velebit

Traces of Pleistocene glaciation have been established in the North Velebit region for the first time. The traces refer to exaration morphologic forms as well as to corresponding correlative sediments and moraine forms.

Key words: glaciation, glaciers, cirques, glacial valleys, moraines

UVOD

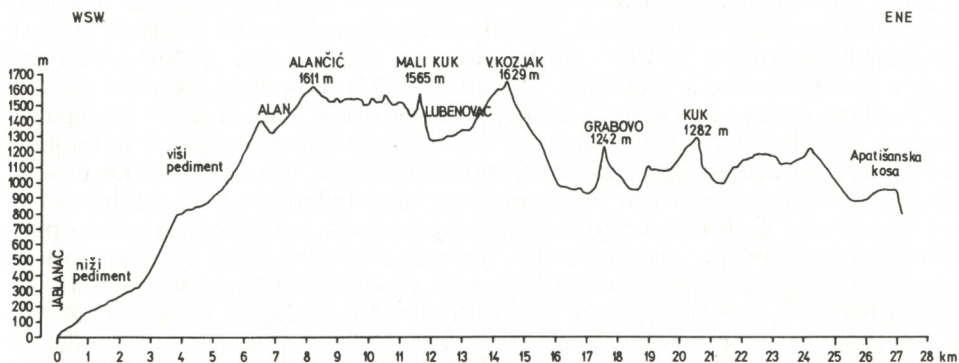
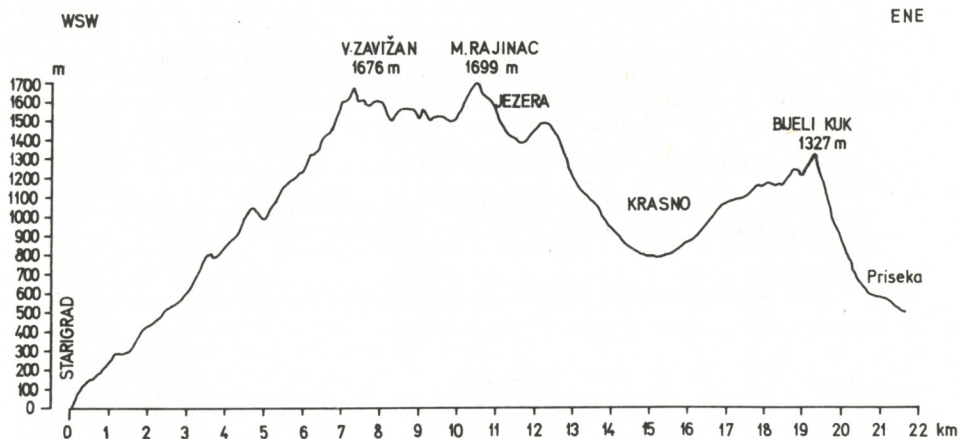
Jedno od interesantnijih pitanja koje je zaokupljalo mnoge naše prirodno-znanstvenike tijekom 20. stoljeća jest problematika pleistocenske glacijacije na Velebitu. Prvi istraživači još početkom stoljeća pravilno su pretpostavili da je oledbe bilo, ali je to mišljenje poslije opovrgnuto. Prvi put glacijaciju spominje H. Hranilović (1901) u Glasniku Hrvatskoga prirodoslovnog društva. Godine 1903. A. Gavazzi dao je još jedan prilog glacijaciji Velebita, temeljen na istraživanjima Male i Velike Paklenice. Istim se područjem bavi i geolog R. Schubert, te 1910. godine daje prve konkretne podatke koji govore u prilog oledbe J. Velebita, B. Bauer (1935) objavljuje cjeloviti morfološki prikaz masiva S. Velebita u okviru kojeg iznosi i svoja detaljna zapažanja o visoravni Jezera. Tvrdi da je na visoravni egzistirao tip plato ledenjaka koji se kretao prema jugoistoku. U području Jezera otkriva oblutke u velikim ponikvama i smatra ih pokazateljima rada ledenjaka.¹ Iako gibanje ledenjaka prema B. Baueru nije imalo većeg zamaha, on je ipak prelazio preko ruba platoa prema sjeveroistoku. Isti autor smatra da se u toku pleistocena snježna granica nalazila negdje između 1 400-i 1 500 m nadmorske visine. Pozitivno mišljenje o oledbi Velebita iznosi i mađarski biolog A. Degen (1936–1938) te geomorfolog B. Ž. Milojević (1992). Taj posljednji poslije je korigirao svoja zapažanja smatrajući ih nepouzdanima (B. Ž. Milojević, 1949).

* Dr. A. Bognar, red. prof., Geografski odjel PMF-a, Zagreb, Marulićev trg 19
Sanja Faivre, istraživač-pripravnik, Geografski odjel PMF-a, Zagreb, Marulićev trg 19
Josip Pavelić, prof., Otočac, Staro Selo 43

¹ Obluci, valutice, šljunci mogu biti korelativni akumulirani isključivo tekućom vodom pa se ne mogu smatrati kao dokaz za bilo kakvo djelovanje ledenjaka.

Suprotno mišljenje ima J. Poljak (1949) koji negira svaku mogućnost egzistencije ledenjaka na Velebitu. Tvrdi da se tu radilo o snježnicam koje su ispunjavale pojedine veće ponikve vršnog dijela Velebita.

Međutim, novija su istraživanja (L. Nikler, 1973. i S. Belij, 1985) dokazala postojanje glacijacije tijekom pleistocena na Južnom Velebitu.



Sl. 1. Poprečni profili Sjevernog Velebita, gore – od Starigrada do Priseke, dolje – od Jablanca do Apatišanske kose

Fig. 1. Transverse profiles of the Northern Velebit, upper – from Starigrad to Priseka, lower – from Jablanac to Apatišanska kosa

Istraživano područje predstavlja samo dio Sjevernog Velebita, koji inače uključuje dvije orografske jedinice, i to: Senjsko bilo između prijevoja Vratnik (640 m) i prijevoja Otari (940 m) na ZSZ do linije Ličko Lešće-Studenci na JI te padinsku strukturu Sjevernog Velebita u užem smislu, između prijevoja Oltara i prijevoja Veliki Alan (1 406 m) na ZSZ do krajnjeg JI dijela Lipovog polja na IJI. Orografske jedinice međusobno su odijeljene sistemom manjih međugorskih zavala Krasnog i Lipovog polja.

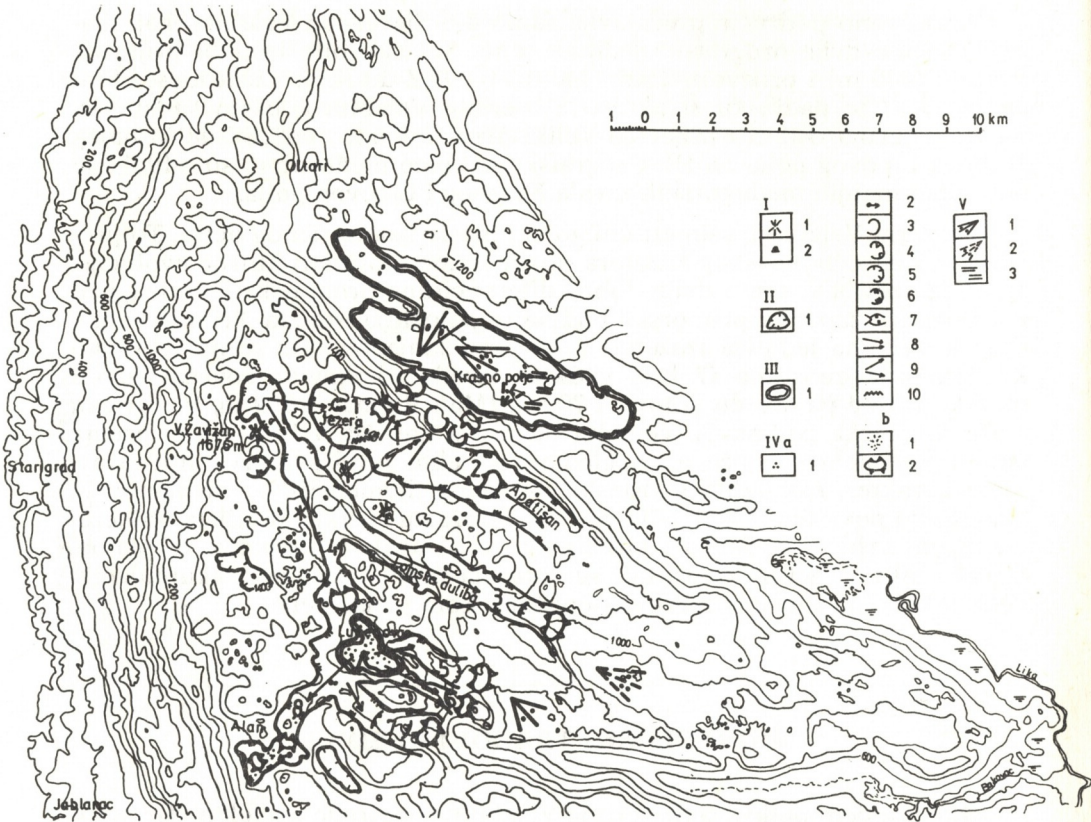
Sjeverni Velebit je asimetrični gorski masiv izometričnog ocrta. To proizlazi iz, očito, blokovskog karatera novije etape morfostrukturne evolucije. Jasno se izdvajaju samo dvije dobro diferencirane orografske jedinice, i to ustrmljenija, zapadna primorska padina te položitija istočna. Primorska padina je reljefna jedinica izuzetno velike raučlanjenosti jer se na relativno kratkim udaljenostima (7 km) visinske razlike skokovito povećavaju od morske razine pa sve do gotovo 1 700 m (Mali Rajinac 1 699 m, V. Zavižan 1 676 m). Lička padina Sj. Velebita od nivoa najviših vrhova idući prema istoku postepeno se snižava, no, gledano u cjelini, odražava prvobitni zaravnjeni karakter, naknadno tektonski iskošenog denudacijskog nivoa-površi. Najviši dio površine (1 400–1 700 m) ima mrežastu strukturu reljefa obilježenu nizom vrhova-uzvišenja i udubljenja-polja, uvala i ponikava, te platoa. Upravo takvi reljefni odnosi bili su izuzetna predispozicija za akumulaciju velikih količina snijega i razvoj ledenjaka tokom pleistocena.

MORFOLOŠKI TRAGVI OLEDBE

Kartiranjem područja Sjevernog Velebita za potrebe projekta »Geomorfološko kartiranje Republike Hrvatske« prvi put su pouzdano utvrđeni odgovarajući geomorfološki i geološki tragovi pleistocenske oledbe tog područja. Odnosi se to kako na egzaracijske morfološke elemente tako i na akumulacijske te na odgovarajuće korelativne sedimente. Sudeći po podacima dobivenim analizom morfometrijskih parametara, rekonstrukciji klime tijekom posljednjeg glacijala te raširenja i prostornog rasporeda ledenjačkih morfoloških oblika, može se računati da je oledba zahvalila vršni dio Sjevernog Velebita iznad 1 300–1 400 m n.m. U tom dijelu masiva imala je regionalna obilježja, zahvatila je površinu od 115 km². Tragovi oledbe utvrđeni su osim toga i ispod navedenih nadmorskih visina, međutim, u tom dijelu Sjevernog Velebita ona je ograničena samo na manje fragmente.

Tri su osnovna tipa oledbe, no, zapažene su i različite kombinacije tijekom oblikovanja i evolucije ledenjaka. To su **cirkni**, **dolinski** i **platoasti tip ledenjaka**.

Cirkni ledenjaci najljepše su bili razvijeni na SI padini Nadžak-bila iznad zavale Krasnog polja. Utvrđena su tri, danas fosilizirana cirka koji su padinskim i korozijskim procesima samo dijelom preoblikovani. To su cirkovi: Ripljevica, Splitvina i Žestikovac na visini od 1 140–1 170 m, 1 180–1 200 m i 1 170–1 200 m (računajući visinu dna cirka). Dimenzije cirknih izvorišta ledenjaka, koji su se spuštali manjim jezicima (dužine oko



Sl. 2. Tragovi oledbe na Sjevernom Velebitu – Geomorfološka karta
 Legenda: EGZOGENI RELJEF, I. **Padinski reljef**, 1. domni kupolasti vrh – veliki, 2. zaobljeni vrh – mali, II. **Krški reljef**, 1. uvala, III. **Fluviokrški reljef**, 1. polje, IV. **Glacialni reljef**, a) egzaracijski, 1. komčiči, 2. strije, 3. cirk, 4. podledenjački stupnjevi i prečage, 5. terminalni bazen, 6. egzarirani bazen bez oštih rubova, 7. fosilna ledenjačka ponikva, 8. smjerovi ledenjačke konvergencije, 9. smjerovi ledenjačke divergencije, 10. ledenjački izgladene stjenovite površine, b) akumulacijski, 1. razasuti morenski materijal, 2. čeona morena, V. **Glaciofluvijalni reljef**, 1. proglijacijalne glaciofluvijalne plavine od šljunka, 2. proglijacijalne glaciofluvijalne plavine od šljunka slabije izražene, 3. ledenjačko – jezerske ravnice, Ledenjaci u posljednjem glacijalu, 1. Ledenjak Jezera, 2. Apatišanski ledenjak, 3. Lomska duliba ledenjak, 4. Ledenjak škrbine drage, 5. Jurekovački ledenjak, 6. Kozjanski ledenjak, 7. Vranjkovački ledenjak, 8. Alanski ledenjak

Fig. 2. Traces of Pleistocene Glaciation on the Northern Velebit – Map of Geomorphological
 Legend: EGZOGENOUS LANDFORMS, I **Derasional (slopes) relief**, 1. large domal summit, 2. small rounded summit, II **Karst relief**, 1. uvalas, III **Fluviokarst**, 1. polje, IV **Glacial landforms**, a) destructive landforms, 1. roches moutonnes, 2. glacial striae, 3. cirques, 4. sub-glacially eroded steps, 5. terminal depression, 6. glacially eroded basin without as sharp edge, 7. glacially remodelled dolina, 8. former convergence of ice streams, 9. former divergence of ice streams, 10. ice smoothed surfaces, b) constructional landforms, 1. scattered till, 2. end moraine ridges, V **Glacio-fluvial landforms**, 1. glacio-fluvial fans consisting of gravel, 2. glacio-fluvial fans consisting of gravel partly eroded, 3. glacial-lacustrine plaine, Glaciers during the last glacial, 1. Jezera glacier, 2. Apatišan glacier, 3. Lomska duliba glacier, 4. Škrbina draga glacier, 5. Jurekovačka draga glacier, 6. Kozjanska draga glacier, 7. Vranjkovačka draga glacier, 8. Alan pass glacier

750–1 000 m) prema Krasnom polju relativno su male. Širina se kreće od 200 do 400 m, dužina od 200 do 350 m, a dubina od 300 do 350 m. Treba, međutim, reći da su u evolucijskom smislu tijekom pleistocena u pojedinim vremenskim intervalima za maksimuma oledbe sasvim sigurno bili povezani s platoastim ledenjakom površi Jezera. U podnožju Nadžak-bila ispod amfiteatralnih cirknih udubljenja otkriven je i morenski materijal (u području Trapolovice) pomiješan s onim glaciofluvijalnog podrijetla: heterogeno kršje, blokovi, valutice i manji zaobljeni blokovi. Najčešće taj materijal gradi podinske morene jer su čeone spiranjem i bujicama uglavnom razorene. Morene su nesumljiv matarijalni dokaz egzistencije cirkne oledbe Nadžak-bila.

Platoasti ledenjaci oblikovali su se isključivo na reliktnoj vapnenačkoj površi Jezera², dakle na samom vršnom dijelu Nadžak-bila koje je više-manje zaravnjeno. Površ je oblikovana na visini od 1 400–1 500 m s reljefnom energijom do 100 m/km². Disecirana je pa predstavlja blagu valovitu površinu karakteriziranu smjenom manjih platoa, glavica, humaka i relativno dubokih duliba-ponikava. Postojanje ponikava i dominacija vapnenca u sastavu dokaz su da je u razdoblju koje je prethodilo pleistocenoj glacijaciji to područje bilo intenzivno okršeno. Za glacijala upravo su ponikve dale okvir akumulaciji velike količine snijega iz kojih se onda razvio ledenjački led. Prema tome, očito je da su u početnoj fazi glacijacije tu egzistirala manja cirkna izvorišta leda, međusobno neovisna, da bi u maksimumu glacijacije došlo do spajanja tih cirknih ledenjaka i formiranja onog platoastog tipa. Svakako su najveća izvorišta leda predstavljali inicijalni cirkovi Lomivrata, Jezera i Zuckovca te sistem manjih cirkova Bevandinice. Tim cirknim ledenjacima pritjecali su manji ledeni jezici koji su oblikovani u danas okršanim udolinama (tada trgovima): Carski dolci, Generalski dolci i Kokošnica. To su tektonski predisponirana linearna udubljenja formirana između uzvišenja V. Rajinca, M. Rajinca, Kokošnice i Laževca.

Na današnjoj površi Jezera utvrđen je čitav niz manjih glacijalnih egzaracijskih i akumulacijskih oblika kao što su to komčići ili mutonirane stijene (posebno u području Lomivrata), blago zaobljene prečage između pojedinih cirkova-ponikava, razasuti morenski materijal i jedna relativno velika čeona morena. Ona zatvara nekadašnji stariji trog (Pricina-Lastva) koji je iz područja Jezera i Lomivrata vodio do velike ledenjačke prečage koja je oblikovana na samom rubu eskarpmana Nadžak-bila prema cirku Žestikovac (tzv. Zarez). Morena ima relativnu visinu oko 50–60 m i dužinu oko 500 m. Sastavljena je uglavnom od kršja i manjih blokova promjera maksimalno do 0,5 m. To je utvrđeno makroskopski jer je morena uglavnom zastrta gustim travnim pokrovom i nema otvorenih profila koji bi dopustili pregled njezina sastava. Kako je ispod cirka Žestikovac u području Lisina-Hajdukuša na visini 1 000–1 100 m otkrivena, danas velikim dijelom gustom šumom zastrta, velika terminalna morena dužine 750 m a visine oko 100 m, to, s jedne strane, pokazuje da je viša čeona morena na Jezerima mlađa, a ova niža i veća starija, a, s druge strane, da je ledenjak s platoa u dijelu glacijala »otjecao« niz padinu Nadžak-bila i spajao se s manjim ledenjakom cirka žestikovac. Od-

² Samo ime Jezera pokazuje da je tu u prošlosti postojao sustav jezera koja su, međutim, danas nestala. Još postoji malo jezero-lokva koje se zadržalo u jednoj začepjenoj uvali-ponikvi.

kop uz šumsku cestu dopušta veoma lijep pogled sastava starije, i veće, terminalne morene Lisina-Hajdukuša. Uz blokove razmjera 2–3 m u sastavu morene sudjeluje granulometrijski gledano veoma heterogen materijal čak do frakcije silta (0,01–0,05 mm). Uzvišenja koja uokviruju površ Jezera, M. Rajinac (1 699 m), V. Rajinac (1 667 m) u svom vršnom dijelu karakterizirani su dominacijom ljutog krša, posebno iznad 1 600 m. Ispod te visine njihove su padine uglavnom obilježene stjenovitim kršom i prevladavaju blago zaobljene površine. Zanimljivo je da slične osobine, dakle, prevladavanje stjenovitog krša i blago zaobljenih ploha, karakterizira sve vrhove niže od 1 600 m (npr. Pljišivica 1 560 m, Robinac 1 587 m, Laževac (1 567 m)). Iz takvih hipsometrijskih odnosa pojave različitih tipova krša može se pretpostaviti da je debljina ledenog pokrova, računajući najniži dio površi 1 400 m i granicu raširenja ljutog krša, iznosila u prosjeku 200 m. To znači da su samo najviši vrhovi kao npr. M. i V. Rajinac bili izvan zahvata modeliranja leda.

Platoasti ledenjak Jezera vjerojatno je »otjecao« na više mjesta preko ruba eskarpmana Nadžak-bila. Misli se tu naročito na područje cirkova Splitvine i Ripljevice.

Led se s površi Jezera spuštao i u smjeru Apatiškanske dulibe prema JI. Ledeni tok je bio dug minimum oko 9 km. Širina mu se kretala i do 1 km. Otjecanje leda prema Apatiškanskoj dulibi obilježeno je pojavom niza m a-



Sl. 3. Terminalna morena Alanskog ledenjaka u uvali Bilensko Mirevo

Fig. 3. Terminal moraine of the Alan glacier in the Bilensko Mirevo uvala

njih prečaga koje su posebno lijepo izražene u području toponima Vojni logor–Potrvenica i Smrčevica. Led je u pravcu Apatiškanske dolube, koja zapravo predstavlja široki i plitki trog, pokazivao čitav niz zastoja, tj. faza napredovanja ili povlačenja na što upućuje pojava nekoliko morenskih bedema. Na geomorfološkoj karti ucrtana je samo jedna morena, mada ih postoji nekoliko. Kako dosad još nije utvrđen njihov cjelokupni prostorni obuhvat niti njihov karakter, potrebno je obavljati dalja istraživanja, i to posebno stoga što još nije otkrivena završna morena Apatiškanskog ledenjaka.



Sl. 4. Pogled na dio zaravni Jezera na kojem je oblikovan platoasti ledenjak Jezera. Jasno se vidi i najmlađa čelna morena visine 50–60 m

Fig. 4. A view of part of the Jezera plateau, where the plateau-like glacier Jezera has been formed. Clearly visible is also the youngest frontal moraine, 50–60 m high

Dolinski ledenjaci na Sjevernom Velebitu bili su tijekom pleistocena, za razliku od njegova južnog dijela, veoma lijepo razvijeni. Dosad su na temelju otkrivenih i kartiranih korelativnih naslaga i odgovarajućih akumulacijskih oblika ustanovljena dva sistema dolinskih ledenjaka koji su egzistirali za oledbe. Nastanak im je bio vezan za dva »izvorišna« područja, i to za Zavižansku »zavalu« i zavalu Lubenovačkog polja. Sistem ponikava i uvala, nekadašnjih cirkova, koji morfološki definira tzv. Zavižansku »zavalu« okruženu uzvišenjima V. Zavižana (1 676 m), Vučjaka (1 644 m) i Pivčevca (1 676 m), »hranio« je tzv. Lomski ledenjak. Otkrivena černa morena (heterogenog materijala: blokova, kršja i silta) na završetku Ledene drage predstavljala je ujedno i terminalnu morenu. Ledenjak je bio dug 11 km. Blago zaobljeni reljef Zavižanske »zavale« i karakterističan »U« poprečni profil Lomske dolube nesumnjivi su dokazi egzaracijskog oblikovanja vapnenačke podloge. Smjer kretanja ledenjaka bio je predisponiran postojanjem jednog predglacijalnog sustava tektonski uvjetovanih krških udubljenja – Lomska doluba, Ledena draga. Zbog izuzetno teškog terena dosad nisu istraženi svi dijelovi dna krških udubljenja pa se može samo pretpostaviti postojanje niza manjih stadijalnih morena. Njihovo otkrivanje i kartiranje zadatak je daljeg istraživanja.

Drugo veće »izvorište« ledenjaka nalazilo se u području zavale Lubenovačkog polja. Reljefne predsposicije za akumulaciju ogromnih količina sni-

jega i leda bile su zbog veličine udubljenja izuzetno povoljne. Najvjerojatnije su prema zavali kao denudacijskom bazisu bili usmjereni i brojni manji lokalni ledenjački jezici s okolnih uzvišenja, kao što su to Rožanski kukovi s čitavom mrežom manjih ili većih cirkova–ponikava iz kojih se led »prelijevao« prema Lubenovačkom polju. Prostorni raspored kartiranih *morena* pokazuje da se led iz zavale Lubenovačkog polja kretao u četiri smjera i to sistemom uvale Tuderevo, Dundović Mirevo i Bilensko Mirevo prema *JI* i, prstasto, Vranjkovačkom, Kozjanskom i Jurekovačkom dragom prema *JII*. Dok je *završna morena* ledenjaka Jurekovačke drage oblikovana u okviru velike uvale Begove drage, koja je istodobno predstavljala *terminalni bazen*, ledenjaci Vranjkovačke i Kozjanske drage preko izuzetno strme prečage Panoga spuštali su se u područje Bovana. *Terminalna morena* ledenjaka Jurekovačke drage (dužina oko 4 km) izuzetno je velikih dimenzija oko 0,5 km dužine i 50–60 m relativne visine. Sličnih je dimenzija i *terminalna morena* Vranjkovačke drage u području Bovana. Iako relativno dug (4 km), *Alanski ledenjak* oblikovao je relativno malu *završnu morenu* u uvali Bilensko Mirevo dužine 50-tak m, a visine 5–6 m. Međutim, na prečagi između uvale Tuderevo i Dundović Mirevo isti ledenjak oblikovao je jednu mlađu čeonu morenu znatno većih dimenzija: dužine do 200 m, visine do 100 m iznad dna Bilenskog Mireva. Postojanje te morene bliže Lubenovačkom polju upućuje na oscilacije Alanskog ledenjaka tako da se tu može računati s *morenima* različite starosti. Istodobno, sličnost glacijalnog materijala (blokovi i kršje manjih dimenzija) i njegova *necementiranost* pokazuje da su navedene morene sasvim sigurno iz najmlađeg dijela *virmskog glacijala*.

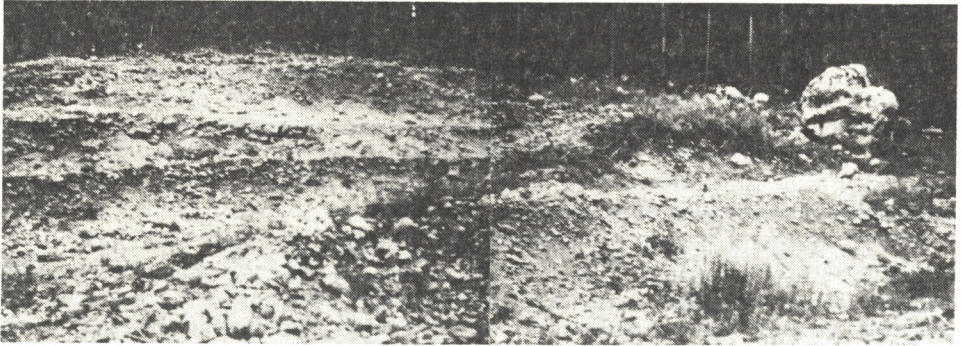
Osim reljefnih, na razvoj glacijacija veliki utjecaj imale su niske temperature te obilje padalina. Na osnovi rezultata Poserove³ matematske rekon-



Sl. 5. Otkriveni profil čelne morene na krajnjem istočnom dijelu Begove drage

Fig. 5. An uncovered profile of the large frontal moraine on the most eastern part of Begova draga

³⁾ H. Poser je izračunao srednje mjesečne temperature tijekom maksimuma *virma*, i to na osnovi intenziteta otapanja zamrznutog tla u Panonskoj nizini. Prema toj analizi dobivena *prosječna godišnja temperatura* od -2°C nesumljivo pokazuje da je Panonski prostor spadao tijekom *virma* u periglacialne zone. Potvrdila su to kasnija istraživanja M. Maleza (1965), K. Kaisera (1960), A. Bognara (1975 i 1976) i M. Zeremskog (1977) – vidi u s. Belij (1985).



Sl. 6. Otkriveni profil morene u zavali Mali Lubenovac s eratskim blokom

Fig. 6. An uncovered moraine profile in the Mali Lubenovac basin with an erratic block

strukcije za Panonsku nizinu A. Klein (1953) je izračunala srednje mjesečne i godišnje temperature za Zagreb u maksimumu virmskog ledenog doba. Razlike između matematičke rekonstrukcije temperatura Posera i Kleina, virmske i današnje temperature su sljedeće:

Tablica 1. Razlike matematičke temperaturne rekonstrukcije maksimuma virm i današnjih temperatura za Zagreb (prema A. Klein, 1953.)

Mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD.
Danas	0,6	2,2	7,4	11,3	16,2	19,3	21,5	20,7	16,8	11,7	6,2	2,8	11,4
Maksim. virm	-13	-12	-8	-3	3	8	11	9	3	-2	-8	-12	-2
Razlika	13,6	14,2	15,4	14,3	13,2	11,3	10,5	11,7	13,8	13,7	14,2	14,8	13,4

Kao osnova za rekonstrukciju paleotemperature Sjevernog Velebita poslužile su prosječne temperature meteoroloških stanica, Zavižan, Gospić i Senj.

Tablica 2. Prosječne temperature izmjerene na meteorološkim stanicama Zavižan, Gospić i Senj (1966–1976) i prosječne temperature u Virmskom maksimumu dobivene matematičkom rekonstrukcijom H. Posera i A. Klein.

METEOROLOŠKA STANICA ZAVIŽAN (°C)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ø 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
Virm	-17,2	-18,2	-17,8	-13,1	-6,5	-1,8	1,6	0,1	-5,0	-9,1	-13,5	-17,9	-9,9

METEOROLOŠKA STANICA GOSPIĆ (°C)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ø god.
Danas	-1,2	0,7	3,4	7,9	13,1	15,9	17,9	17,1	13,5	8,3	4,5	-1,1	8,3
Virm	-14,8	-13,5	-12,0	-6,4	-0,1	4,6	7,4	5,4	-0,3	-5,4	-9,7	-15,9	-5,1

METEOROLOŠKA STANICA SENJ (°C)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ø god.
Danas	6,0	7,3	9,0	12,9	17,7	21,0	24,0	23,4	19,7	15,0	11,2	6,5	14,5
Virm	-7,6	-6,9	-6,4	-1,4	4,5	9,7	13,5	11,7	5,9	1,3	-3	-8,3	1,1

Arhiva: Republičkog hidrometeorološkog zavoda, Zagreb

Treba naglasiti da se radi o rekonstrukciji na osnovi današnjih reljefnih oblika i visinskih odnosa koji su, međutim, u virmu s obzirom da je morska razina bila oko 100 m niža bili u znatnoj mjeri drugačiji a i sam je led svojom debljinom u vršnom dijelu utjecao na snižavanje temperature. Koristeći isti princip aktualizma po kojem su suvremene klimatske prilike ključ za rekonstrukciju klime u prošlosti (V. M. Sinicin, 1980), može se izračunati i količina padalina. Na karti Europe A. Klein (1953) predstavljene su količine padalina tokom maksimuma virmskog zaleđenja od današnje količine. To odstupanje za S. Velebit iznosi oko 70%, tj. padaline su bile manje za 30%.

Tablica 3. Prosječne godišnje količine padalina danas (1966–1976) i u maksimumu virma za meteorološke stanice Zavižan, Gospić i Senj.

Prosječno god. (u mm)	Zavižan	Gospić	Senj
Danas	1 827	1 353	1 278
Virm	1 279	947	895

Izvor: Arhiva Republičkog hidrometeorološkog zavoda Zagreb

Na meteorološkoj stanici Zavižan obavljaju se mjerenja s pomoću kišomjera s mrežicom. Dobiveni podaci pokazuju da kišomjer s mrežicom (HN = 4 754 mm) u višegodišnjem srednjaku ima doprinos od 249% prema količini oborine koja je izmjerena pomoću normalnog kišomjera (H = 1 907 mm), prema jedanaest godišnjem nizu 1955–1965. (B. Kirigin 1967.g.). Kad se izračuna ukupna prosječna količina padalina i padalina od magle za virmsko razdoblje, dobije se iznos od 4 662 mm, te se i na temelju toga zasniva pretpostavka o mogućnosti stvaranja velikih snježnih akumulacija i regionalnoj oledbi.

Bitan preduvjet za obilnu akumulaciju vlage iz magle predstavlja lokalna reljefna situacija i položaj planinske mase u odnosu na dominantan pravac vjetrova s mora te visina mjerne postaje. Rezultira to često i spektaku-

larnim vrijednostima ukupne količine padalina. U prilog tome govore radovi J. Grunowa, F. Loewea i dr.⁴

Kako dimenzije čeonih i završnih morena na Sjevernom Velebitu dostižu vrijednosti do 1 km, to je sasvim sigurno prihvatljiva pretpostavka da su dodatne količine vlage iz magle omogućile stvaranje velikih snježnih akumulacija koje su bile temelj regionalne oledbe Sjevernog Velebita. Naime, razvoj tako snažne oledbe nikako se ne bi mogao objasniti akumulacijom snijega iz količina padalina temeljenih na mjerenju normalnim kišomjerom.

Primjenom Höferove metode određivanja snježne granice kao aritmetičke sredine između srednje visine grebena, koji ograničava oblast hranjenja ledenjaka, i visine donje granice ledenjaka, snježna granica na Sjevernom Velebitu kretala se oko 1 300 m. Prosječna visina vrhova Robinac (1 587 m), Laževac (1 567 m), M. Rajinac (1 699 m), Bukovo Bijace (1 515 m), V. Rajinac (1 667 m), Kitavac (1 562 m), Lomski vrh (1 463 m), Krecelj (1 518 m), Tavan (1 425 m) i Pljišivica (1 560 m) koji okružuju površ Jezera, izosi i 556 m. Najniža morena »Jezerskog« ledenjaka (Hajdukuša–Lisina) nalazi se na 1 100 m, pa aritmetička sredina, tj. lokalna snježna granica iznosi 1 328 m.

Na području zavale Lubenovac lokalna snježna granica bila je nešto niža. Prosječna visina vrhova Jurekovića kuk (1 525 m), M. Kozak (1 466 m), V. Kozjak (1 629 m), Goljak (1 605 m), Vučjak (1 586 m) i Mali kuk (1 565 m) iznosi 1 563 m, a najniža morena nalazi se na 1 000 m pa je lokalna snježna granica bila na 1 292 m.

ZAKLJUČAK

Sjeverni Velebit je svojim najvećim dijelom visoko planinsko područje. Njegov najviši dio od 1 400 do 1 700 m održava prvobitni zaravnjeni karakter naknadno tektonski iskošenog i izdignutog denudacijskog nivoa-površi. Dominira mrežasta struktura reljefa obilježena nizom vrhova–uzvišenja i udubljenja–polja, uvala i ponikava te platoa. Upravo takvi reljefni odnosi u uvjetima izuzeto niskih temperatura i bogatstva snježnih padalina tijekom pleistocena bili su izuzetno povoljna predispozicija za razvoj oledbe na Sjevernom Velebitu. Obilježena je bila oblikovanjem dolinskih, platoastih i čirkih ledenjaka, na što upućuje niz otkrivenih egzarcijjskih i akumulacijskih glacijalnih morfoloških oblika te odgovarajućih korelativnih sedimenata.

⁴) J. Grunow, Weltweite Messungen des Nebelniederschlags nach der Hohenpeiß enberger Methode, Internationale Hydrologische Konferenz. IUGG – IAHS, Berkly, Aug. 1963.
F. Loewe, Fog precipitation, Seminar on rain, Sydney, August 1960.

LITERATURA

1. Bauer, B. (1935) Über des Nordlichen Velebit, Jahresber des Bundesrealgymn. in Knittendorf.
2. Belij, S. (1985) Glacijalni i periglacijalni reljef Južnog Velebita, Srpsko geografsko društvo, Beograd
3. Bognar, A. (1987) Reljef i geomorfološke osobine Jugoslavije, Veliki geografski atlas Jugoslavije, SNL, Zagreb
4. Bognar, A. (1987) Tipovi reljefa u Hrvatskoj, Zbornik drugog znanstvenog skupa geomorfologa SFRJ, Zagreb
5. Bognar, A. (1975): Osobine i regionalno značenje Banskog brda i Južne Baranjske lesne zaravni, Magistarski rad, Zagreb
6. Bognar, A. (1976): V. Klein, Litostratigrafski profil pleistocenih sedimenata Grmošćice i njihovo značenje u tumačenju geomorfološkog razvoja Medvednice, Geografski glasnik 38,
7. Cindrić, Ž. (1965): Mikroklimatska istraživanja šumskih fitocenoza na Zavižanu. Vijesti iz HMS SKH, br. 9–10,
8. Degen, A. (1936–1938): Flora Velebitica, Sv. I–IV, Akademie der Wissenschaften, Budapest
9. Gavazzi, A. (1903): Trag oledbe na Velebitu, Glasnik hrvatskog naravoslovnog društva 14, Zagreb
10. Höfer, R. (1879): Gletscher und Eiszeitstudien, Sitz. Ber. d. Ak. d. Wiss. Wien
11. Hranilović, H. (1901): Geomorfološki problemi iz Hrvatskog krasa, Glasnik hrvatskog naravoslovnog društva 19, Zagreb
12. Kaiser, K. (1960): Klimazeugen des Periglaziale Dauerfrostboden in Mittel und Westeuropa, Iszeitalter und Gegenwart 11
13. Kirigin, B. (1967): Klimatske karakteristike Sjevernog Velebita. Zbornik radova povodom proslave 20 godina rada i razvoja Hidrometeorološke službe Jugoslavije 1947–1967, Beograd
14. Malez, M. (1965): O nekim periglacijalnim pojavama u pleistocenu Slavonije, Geološki vjesnik 18/1, Zagreb
15. Mamužić, P. (1973): A. Milan, Tumač osnovne geološke karte 1:100 000, list Rab, Beograd
16. Mamužić, P., A. Milan, B. Korolija, I. Borović, Ž. Majcen, Osnovna geološka karta 1:100 000 list Rab.
17. Milojević, B. Ž. (1922): Beleške o glečerskim tragovima na Raduši, Cincaru, Šatoru, Troglavu i Velebitu, Glasnik SGD, 7–8 Beograd
18. Milojević, B. Ž. (1949): O tektonskim i petrografskim utjecajima na glacijalni reljef naših visokih planina, Glasnik SGD 29/2, Beograd
19. Nikler, L. (1973): Nov prilog ponavanju oledbe Velebita. Geološki vjesnik, Svezak 25, Institut za geološka istraživanja u Zagrebu, Zagreb
20. Poljak, J. (1974): O zaleđenju Velebita, Geološki vjesnik 1, str. 125–148, Zagreb
21. Poljak, Ž. (1986): Planine Hrvatske, Planinarski savez Hrvatske, Zagreb,
22. Poljak, Ž. i suradnici (1969): Velebit, Planinarski savez Hrvatske, Zagreb
23. Prelogović, E. (1989): Neotektonski pokreti u području Sjevernog Velebita i dijela Like, Geološki vjesnik, 42, Zagreb
24. Klein, A., Die Niederschläge in Europa im Maximum der letzten Eiszeit, Petermans Geogra. Mitteilungen V. 97, Gotha, 1953.
25. Schubert, R. (1908): Zur Geologie des Osterreichischen Velebit Jahr. k. k. geol. R. A. 58, Wien
26. Sinicin, W. D. (1980): Vedenije v paleoklimatologiju, Lenjingrad
27. Sokač, B., S. Bahun, J. Velić, J. Galović, (1976): Tumač osnovne geološke karte 1:100 000, list Gospić, Begorad
28. Velić, J., S. Bahun, B. Sokač, J. Galović, Osnovna geološka karta 1:100 000, list Gospić.
29. Zerenski M. (1977): Kriogeni procesi pleistocene periglacijalne klime, Zbornik radova Geološkog instituta »J. Cvijić« 29, Beograd

SUMMARY

Glaciation traces on the North Velebit

by

Andrija Bogнар, Sanja Faivre, Josip Pavelić

The mapping of the North Velebit region provided for the first time evidence of glaciation traces. Three glaciation types have been determined: cirque, valley and plateau glaciation. The glaciation affected the top part of the mountain, above 1 400 meters. Therefore, the glaciation had regional properties. The following morphological forms have been quite positively determined and mapped: exaration forms (glacier valleys, cirques, aretes, striae and polished surfaces) and accumulation of glacial morphological forms. Moraine forms (frontal, terminal, slope and end moraines) undoubtedly indicate that the North Velebit glaciation occurred in two stages. There were three glaciation centres: in the Zavižan basin, Lubenovačko polje and on the Jezero plateau. From the basin Lubenovačko polje ice was flowing toward Alan pass and in three parts toward the Bakovac valley and the Veliki kotao basin. A whole range of stadial, frontal and terminal moraines has been discovered. The longest one was the so-called glacier Lomska duliba (over 10 km) which originated in the Zavižan basin. The terminal moraine was formed in Studena draga. A plateau-like glacier descending with one arm towards the Krasno polje basin and with another arm through the Apatišanska duliba. For both arms, corresponding frontal and terminal moraines have been discovered.

Primljeno: 17. travnja 1991.

Received: April 17, 1991

