

УТИЦАЈ ПЛЕИСТОЦЕНСКЕ ГЛАЦИЈАЦИЈЕ НА МОРФОЛОШКУ РАЗНОЛИКОСТ УВАЛА ДУРМИТОРА И ЖИЈОВА

ПРЕДРАГ ЂУРОВИЋ¹, АЛЕКСАНДАР С. ПЕТРОВИЋ¹, САВА СИМИЋ²

¹Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски тр 3/3, Београд, Србија

²Завод за заштиту природе Републике Србије, Др Ивана Рибара 9, Београд, Србија

Сажетак: Као последица честих смена глацијалних и интерглацијалних фаза на планинама Дурмитор и Жијово долази до смена глацијалног и крашког процеса. Премоделирањем глацијалне морфологије (циркови и валови) изграђује се савремени крашки рељеф у коме доминирају увале. Различита величина и облик увала последица је различитости глацијалних облика који су им претходили. Трајање и интензитет крашког процеса, којима су наикадашњи глацијални облици премоделирани у крашке, одредили су степен развијености увала и изградњу три еволутивна типа високопланинских увала: глацијалне, глацијално-крашке и глацијално-флувијалне увале.

Кључне речи: високопланинске увале, крас, глацијација, Дурмитор, Жијово, Црна Гора

Увод

Крашки рељеф високих планина је под директним утицајем савремене високопланинске, алпске климе. Њихова изградња врши се под утицајем ниских температура (Sinjur I., 2006) и снега који умногоме условљава настанак и развој специфичних микрокрашких облика (Knez M., и др., 2010). Зато се крашки рељеф високих планина морфолошки разликује од краса планинског обода и нижих простора. Сем утицај савремених геоморфолошких процеса, на стварање и развој савременог крашког рељефа значајан утицај имали су и процеси који су се одвијали у блиској или даљој геоморфолошкој прошлости. На високим планинама савременом крашком процесу претходио је глацијални. И док је глацијални процес изградио основне контуре површинских облика, које ће касније крашки процес премоделирати и преиначити у савремене крашке облике, спелеогенетски процеси су се одвијали и током глацијалних фаза (Lauritzen S., 2006). Међутим, дуготрајни и интензивани глацијални процес може делимично или потпуно уништити претходну крашку морфологију, како површинску тако и подземну (Klimchouk A., и др., 2006). Пример морфолошке разноликости површинских крашких облика - увала на два географски блиским планинама, а која је последица различитог утицаја прекрашког глацијалног процеса и глацијалне морфологије која је у тој фази изграђена, су планине Дурмитор и Жијово.

Током квартара на планинама Дурмитор и Жијово долазило је до честих смена глацијалних и интерглацијалних фаза. Ове фазе су различито трајале, али увек довољно дуго да би тренутни доминантни геоморфолошки процес могао изменити

морфологију створену у претходној фази и изградити морфологију карактеристичну за дати геоморфолошки процес. Последња глацијана фаза на овим планинама била је под снажним утицајем претходне крашке фазе, што је имало за последицу формирање крашког типа глацијације (Ђуровић П., 2009; Петровић А., 2009). По повлачењу ледника долази до смене геоморфолошких процеса. У зависности од дужине и интензитета трајања крашког процеса и пре моделирања глацијалних облика у крашке, на овим планинама изграђени су полигенетски и полиморфни облици.

Географски положај истраживаног простора

Планине Дурмитор и Жијово налазе се у југозападном делу Балканског полуострва (Ск. 1). Дурмитор је у северном делу, а Жијово у југоисточном делу Црне Горе. Дурмитор припада источном делу планинског система Динарида. У ширем смислу припада сливу реке Дрине, а у ужем представља развође између река Таре и Пиве. Планина Жијово налази се у граничној зони планинског система Проклетија. Представља развође између Јадранског (реке Цијевна и Мала ријека) и Црноморског слива (реке Тара и Лим).



Ск. 1 – Географски положај планина Дурмитор и Жијово

Дурмитор

Планину Дурмитор окружују високе крашке површи (од 1400 до 1600 m н.в.). Морфолошка граница Дурмитора представљена је линијом контакта планине и високе крашке површи. Једино се у северном делу планине граница спушта до 1100 m н.в., до басена Сушичког језера. Највиши делови планине (Боботов кук 2522 m н.в.) виши су

од површи за 900 до 1100 m. Овако дефинисана планина Дурмитор има површину од 123 km² (Džugović P., 2009).

Дурмитор има доста једноставан литолошки састав (Мирковић М., 1983). Најзаступљеније су карбонатне стене различитог састава и старости. Кластичне стене се махом спорадично јављају. Најзаступљеније карбонатне стене су кречњаци, а у мањој мери јављају се и доломити. Кречњаци су најчешће масивни и банковити, тријаске и кредне старости. Посебно место у карбонатном комплексу стена заузимају кредно-палеогени седименти, тзв. дурмиторски флиш. То су слојевити песковити кречњаци, лапоровити кречњаци, лапорци, банковите и слојевите кречњачке брече и пешчари. У дурмиторском флишу преовладавају различите врсте карбоната и битно се не разликују од других стена карбонатног комплекса. Кластичне стене су тријаске старости и представљене су кварцним пешчарима, песковитим кречњацима и сл. На планини Дурмитор су мало распрострањени. Овом комплексу припадају и андезити, средње тријаске старости. Јављају се испод Црвене греде, код Барног језера и Босаче и заузимају мањи простор (Živaljević M., и др., 1989).

На планини Дурмитор издвајају се две тектонске јединице. Кучка тектонска јединица заузима југозападни део планине (Пруташ, Вјетрена брда, Добри до, Седлена греда, Стожина, Ружица, Лојаник, Бољ), док Дурмиторска тектонска јединица заузима остали део планине. Дуж краљушти Ранисаве са североистока дошло је до реверсног кретања Дурмиторске тектонске јединице преко седимената Кучке тектонске јединице (Živaljević M., и др., 1989).

На Дурмитору су уочени трагови две глацијације: старије, јаче и млађе, слабије. За време старије фазе глацијације простор Дурмитора је скоро читав био покривен ледом (Džugović P., 2009). Само поједини гребени и врхови нису били под леденим покривачем. На северној страни Дурмитора простор изнад 1600 m н.в. био је под сталним снежним покривачем. Источни обронци Штуоца су већ од висине од 1700 m н.в. улазили у зону вечитог снега. Око Црног Језера снежна грница је била око 1600 m н.в. Иста висина снежне границе задржава се и на источним падинама Шљемена. На југу се снежна граница знатно спушта. Налази се јужно од Боља и Лојаника, у горњем делу долине Комарнице, на висни од око 1400 m н.в. Западна граница је ниже Шкрка у кањону Сушице, на висни од око 1500 m н.в. Разлика у висни снежне границе на јужној и северној страни планине последица је изложености планине влажним масама. Оне су увек долазиле из јужног и југозападног правца. Влажне масе прелазе преко јужних падина Дурмитора, излучују се, те се северни делови планине налазиле у кишној сенци. Зато добијају релативно мању количину падавина у односу на јужну. То је имало за последицу овако "обрнуту" висину снежне границе (Ђуровић П., 1996а).

Снежна граница током млађе фазе глацијације постепено показује тренд повећања висине. Дурмитор се више не налази у оквиру једне континуиране снежне границе, већ се на њој формирају више одвојених целина. У северном делу, око Штуоца, налазио се простор под крио-нивационим утицајем, који је био одвојен од централног дела планине. Снежна граница на Штуоцу налазила се на јужној страни на око 2100 m н.в., северозападној на око 1950 m н.в., на северној се спуштала у кањон Таре, док је на североисточној била на 1800 m н.в. Централни део Дурмитора представљао је највећи простор на коме се одвијао глацијални процес. На северној страни снежна граница је ишла северно од Видрице (2037 m н.в.) и била је на висини од око 1700 m н.в., у Локвицама је била на око 2000 m н.в, док је на источним падинама Шљемена била на 1800 до 1900 m н.в. Јужне падине карактерише доста висока снежна граница која се креће од 2050 m н.в. код Вјетрених брда до 2100 m н.в. испод Пруташа. У Шкркама је износила од 1900 m н.в. (северне стране Пруташа), до

2000 m н.в. (Југозападне стране Сое и Планинице). Јужно од централног дела Дурмитора налазио се простор "вечитог снега" и то на Седленој греди (2050 m н.в. на јужним страна и 1950 m н.в. на северним странама) и на Бољу и Лојанику.

На основу температуре ваздуха и количине падавина може се утврдити утицај савремене климе на крашки процес и крашку морфологију Дурмитора. Суподину планине карактерише хладна планинска клима, јер четири месеца годишње имају негативну средње месечну температуру ваздуха. У том делу планине средња годишња температура ваздуха за период 1958-1993. износи 4,5 °С. За овај простор планине карактеристично је да средња годишња температура ваздуха од почетка 60-тих година показује тренд опадања (у односу на целокупан посматрани период), да би крајем седамдесетих достигла најнижу вредност. Од почетка осамдесетих година започиње тренд изразитог пораста средње годишње температуре ваздуха. У вишим деловима Дурмитора (простор око 2000 m н.в.) број месеци са средње негативном температуром статистички расете, те се њихова број изједначава са месецима који имају позитивне температуре. Само нешто мало изнад највиших врхова планине (око 2700 m н.в.) статистички се очекује негативна средња годишња температура ваздуха. Локални услови, дисецираност рељефа, правац пружања кањонских долина и гребена у односу на правац кретања влажних ваздушних маса одређују количину падавина и његов просторни размештај. Годишња количина падавина креће се од 1400 до 1600 mm у ободним деловима планине, па све до 2600 mm у највишим деловима (статистички). Не постоје изразито влажни, ни изразито суви периоди у години, мада поједини зимски месеци имају и до 50% више падавина него неки летњи. Сем најнижих, ободних, делова у којима се више падавина излучи у месецима са позитивном температуром, на осталим висинама је обрнут случај. На висинама преко 2000 m н.в. само се 1/5 падавина излучи у вегетативном периоду (средње месечна температура ваздуха виша од 7 °С). Годишња количина падавина се у периоду 1958-1993. колебала у распону од +10, до -10% (Ђуровић П., 1996а).

Савремена крашка морфологија Дурмитора

Високопланинске увале (Ск. 2) представљају полигенетске елементе крашког рељефа. У зависности од степена и односа утицаја савремених крио-нивационих, колувијалних и крашких процеса трансформација плеистоценских циркова и делова валова у савремене крашке увале ишла је спорије или брже. Због тога се у рељефу Дурмитора налазе три еволутивно-генетска типа високопланинских увала: глацијалне увале, глацијално-крашке увале и глацијално-флувијалне увале (Таб. 1)

Глацијалне увале налазе се на највећим висинама. Ове увале налазе се у зони највећег утицаја крио-нивационих и колувијалних процеса, а крашки је представљен глобалним процесом хемијског растварања кречњака. Сем одређених микрокрашких облика и дезорганизованог понирања воде у њима, овај тип увала задржао је морфологију из претходне фазе развоја (глацијалне), са карактеристичном већом или мањом отвореношћу у најнижем делу некадашњег цирка. Крашка морфологија је заступљена само са микро облицима и то каменицама које се спорадично налазе на већим блоковима. Шкрапе се јављају само на већим голим кречњачким плочама. Површинских токова нема, а нема ни трагова њиховог постојања.

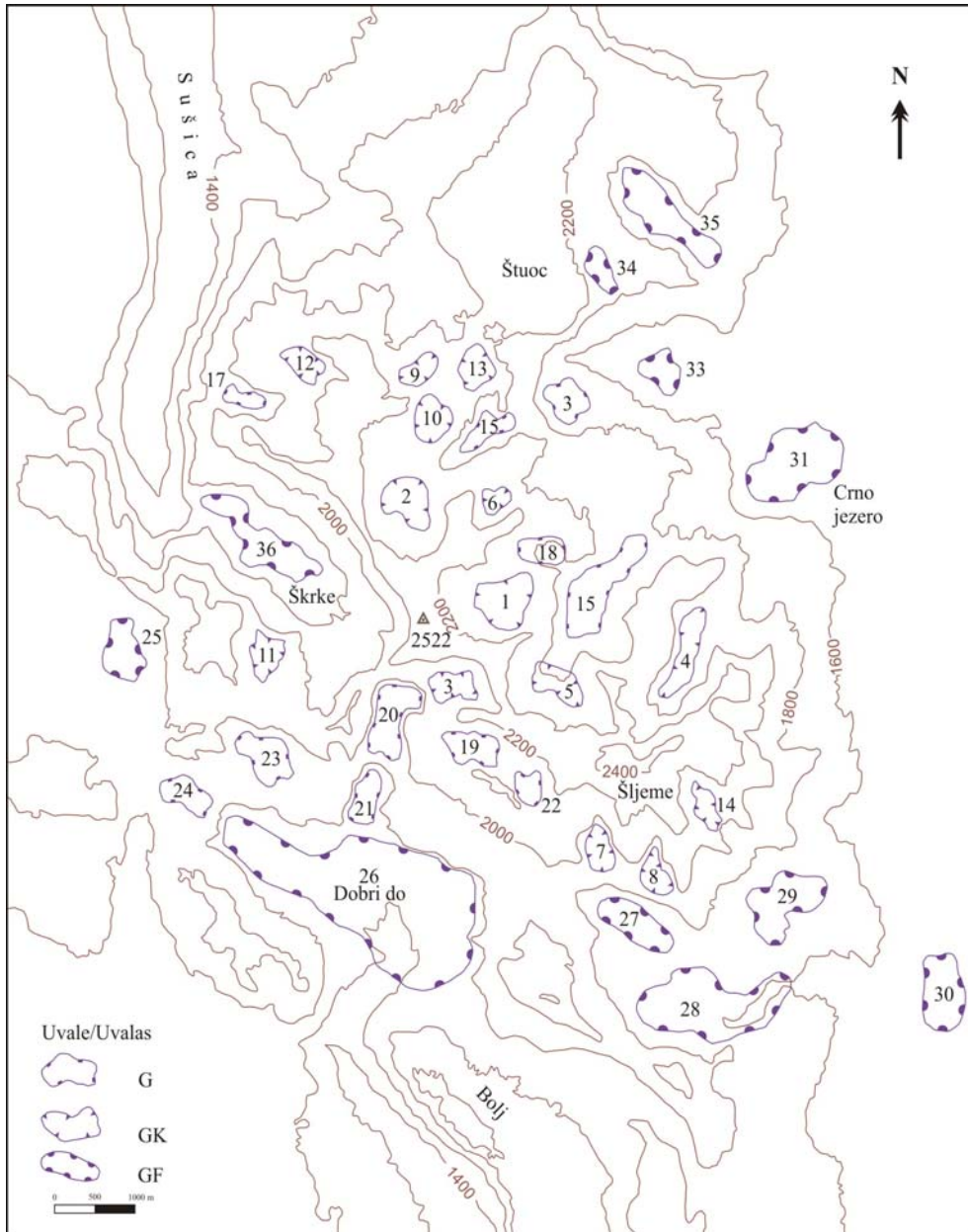
Глацијално-крашке увале (Фот. 1) налазе се на нижим висинама, или на истим висинама као претходне, али на „топлијим“ експозицијама од претходног типа. Крио-нивациони и колувијални процес губе доминантност у односу на крашки. У њима се формирају основни хидролошки и морфолошки елементи краса (вртаче и понори). Због дужег периода деловања крашког процеса по дну ових увала,

некадашњих циркова, долази до стварања вртача, шкрапа, каменица (Ђуровић П., 1996б) и повремених токова са понорима, јамама и пећинама. Основна разлика између овог и претходног типа увала је у хидролошким особинама. По дну увала постоје периодични токови. Ови водотоци настају отпањем снежаника. После неколико десетина метара тока они најчешће пониру у на дну увале, при чему може доћи до краћег ујезеравања. Колувијални и крио-нивациони процеси су знатно слабији него у претходном типу увала.



Фот. 1 - Локвице – глацијално-крашка увала на Дурмитору

Глацијално-флувијалне увале представљају трећи еволутивни стадијум у развоју високопланинских увала. Оне се јављају на знатно мањим висинама у поређењу са претходна два типа. Овде се јавља и значајна разлика у прекрашкој еволуцији. Док су претходна два типа настала трансформацијом плеистоцених циркова, овај тип увала је настао трансформацијом делова некадашњег валова. Повлачењем ледника по дну валова формирају се речни токови који делимично или потпуно односе делувијални и елувијални материјал. Површински токови, када се за то стекну услови, понуру и постепено се формира слепа долина. Како су ово јако плитке долине то се ради о врло младом процесу. Многе глацијално-флувијалне увале, или њихови делови представљају басене савремених језера, односно ове увале су стално плављене. Крио-нивациони процеси имају магриналан значај, а крашки процес је у значајној мери изградио крашку морфологију и специфичну циркулацију воде (бројне вртаче, врела и понори, периодични и стални токови, стална и периодична плављеност).



Ск. 2 – Високопланинске увале на Дурмитору
(G – глацијалне, GK – глацијално-крашке и GF – глацијално-флувијалне)

Таб. 1 - Морфометријске карактеристике увала на Дурмитору (G – глацијалне, GK – глацијално-крашке и GF – глацијално-флувијалне)

Number on map	Назив/ Name	Висина у м .в./ Highs in m a.s.l.	Дужина у м/ Long in m	Ширина у м/ Width in m	Површина у km ² / Area in km ²	Тип увале/
1	Valoviti do (centralni)	2020	750	650	0.30	G
2	Gornja Ališnica	2040	700	450	0.23	G
3	Zeleni vir	2030	600	250	0.14	G
4	Velika Kalica	2050	1050	200	0.11	G
5	Ledeni do	2050	700	300	0.17	G
6	Kobilji do	2070	400	200	0.13	G
7	Mali lomni do	1920	550	300	0.13	G
8	Veliki lomni do	2020	550	400	0.11	G
9	Velika Rutulja	1940	400	400	0.12	G
10	Duboki do	2090	550	300	0.11	G
11	Prutaški do	2000	550	350	0.13	G
12	Valoviti do (severni)	2050	500	300	0.11	G
13	Rape	2040	500	500	0.17	G
14	Velika korita	2080	600	250	0.10	G
15	Lokvice	1700	1500	400	0.48	GK
16	Donja Ališnica	1950	750	250	0.13	GK
17	Međedi do	1900	550	150	0.13	GK
18	Boljegov do	1940	550	300	0.15	GK
19	Surutka	2050	700	300	0.18	GK
20	Mlečni do	1930	900	300	0.28	GK
21	Urdeni do	1730	650	300	0.16	GK
22	Valoviti do (južni)	2100	350	3000	0.08	GK
23	Duško valje	2050	800	450	0.24	GK
24	Vodeni do	1610	650	300	0.17	GK
25	Todorov do	1820	750	500	0.17	GF
26	Dobri do	1650	3350	1500	2.93	GF
27	Uvala Valovitog jezera	1700	1000	350	0.28	GF
28	Pošćenska dolina	1600	1850	750	0.99	GF
29	Mlečni do	1890	1000	500	0.45	GF
30	Uvala pošćenskog jezera	1500	1000	500	0.38	GF
31	Uvala Crnog jezera	1420	1250	750	0.75	GF
32	Crepulj poljana	1700	600	500	0.18	GF
33	Uvala Zminjeg jezera	1500	500	400	0.14	GF
34	Uvala Jablan jezera	1790	550	250	0.12	GF
35	Dolovi	1750	1500	450	0.46	GF
36	Škrke	1700	1700	500	0.26	GF

Жијово

Планина Жијово и површи које је окружују је дубоким кањонима јасно одвојена од околних планина. Висина површи је око 1400 m н.в. Релативна висина између површи и највиших делова планине износи око 700 m, имајући у виду да су највиши врхови планине Сурдуп (2184 m н.в.) и Жијово (2131 m н.в.), док је просечна релативна висина око 500 m. Површина планине је 75 km².

У литолошком саставу планине доминирају кречњаци и доломити мезозојске старости (Ђокић и др., 1968). Седименти горњотријаске старости су већином доломити и доломитични кречњаци. Поједини делови планине су изграђени искључиво од

доломита ове старости. У осталим, млађим, седиментима преовладавају банковити и спрудни кречњаци (Ђокић и др., 1968). Најсеверинији делови планине припадају зони „дурмиторског“ флиша. Он је овде састављен од кречњачке брече. Од најмлађих, квартарних, седимената највеће пространство заузима моренски материјал, чије се акумулације налазе већином на контакту планине са површима.

У тектонском погледу проучавана територија се састоји из три засебне јединице, и то: јединице дурмиторског флиша, кучке краљушти и староцрногорске јединице. Граница између дурмиторског флиша и кучке краљушти није дефинисана јасним раседом, пошто се они у флишу тешко распознају. Након мастрихта дошло је до навлачења кучке краљушти што је проузроковало тангенцијални потисак на флишне терене и стварање набора, претежно полеглих и загнуђених. Кучка краљушт је испресецана многобројним раседима. Тектонска граница староцрногорске јединице и кучке краљушти може се пратити на целој дужини проучаваног терена. У овој јединици, која је заступљена само у јужном делу проучаваног терена, нису запажени значајнији раседи. Изграђена је од творевина горње јуре, доње и горње креде (Ђокић и др., 1968).

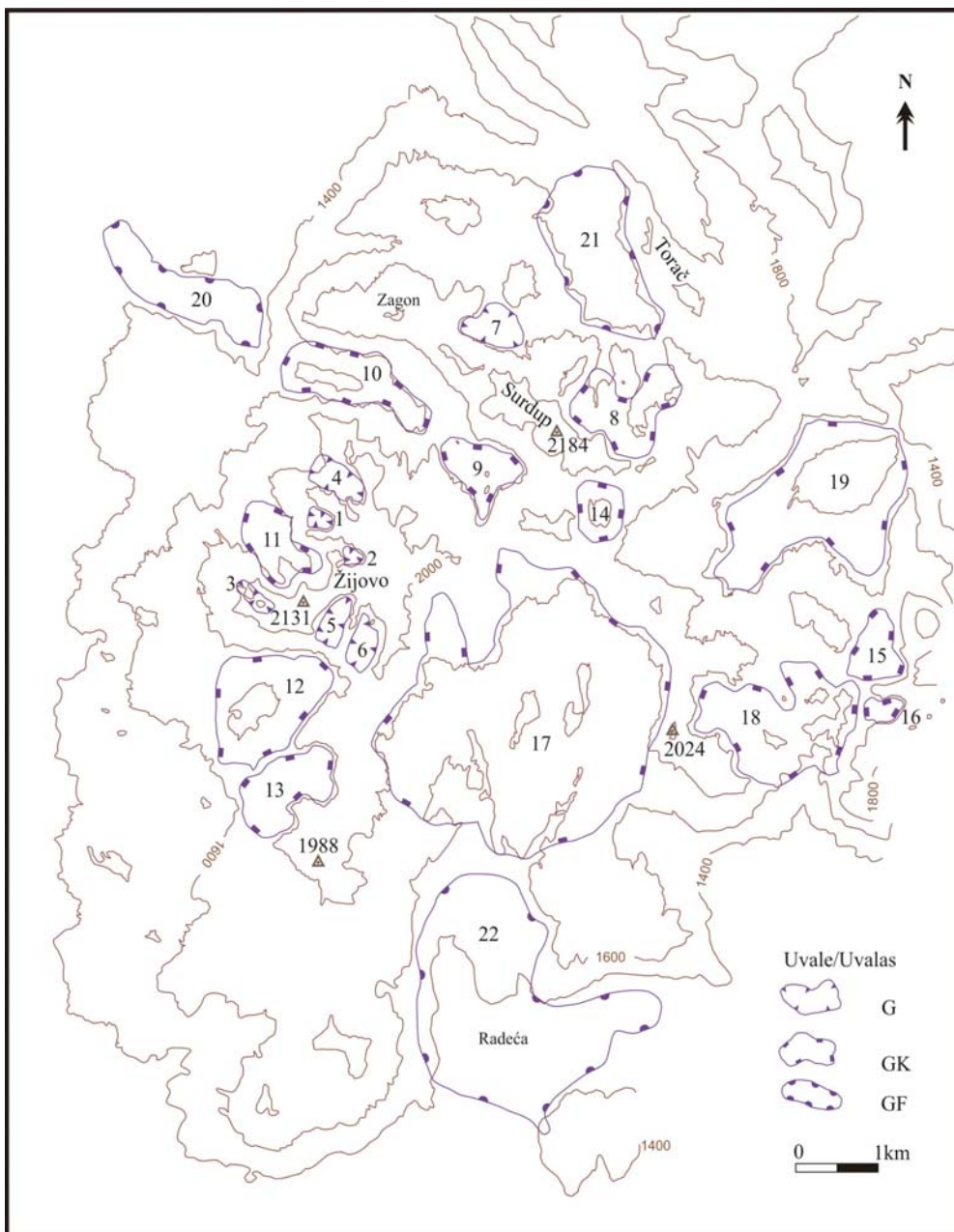
На планини Жијово су установљени трагови две глацијације (Петровић, 2007, 2009). Старија глацијација је била интензивнија и ледници су прекривали готово целу планину, па чак и површ. Само су највиши врхови вирили изнад ледничке масе. У старијој фази глацијације ледници су се спуштали до 1200 m н.в. Висина снежне границе се кретала између 1400 и 1500 m н.в. (Петровић, 2009.). Ледници су прекривали и више делове површи. У млађој фази глацијације ледници се задржавају по дну старијих циркова, на чијим ободима се формирају нови, мали секундарни циркови. Током ове глацијалне фазе ледници са дна старих циркова незнатно су силазили на околне површи.

Савремена крашка морфологија Жијова

У савременом рељефу Жијова разликују се три еволутивна типа високопланинских увала (Ск. 3). Међутим, њихове се морфолошке карактеристике разликују услед специфичности плеистоценог преглацијалног рељефа и типа глацијације који је био заступљен на Жијову (Таб. 2).

Глацијалне увале на Жијову чине некадашњи секундарни циркови формирану током млађе фазе глацијације. Ове увале се налазе по ободу великих циркова који су изграђени током старије фазе глацијације. Сем крашког и колувијални процес има значајну улогу у стварању њиховог савременог изгледа. Од крашких облика заступљене су шкrape изграђене на странама блокова обурвани са околних гребена.

Глацијално-крашке увале су највећи и најбројинији полигенетски елемент крашког рељефа Жијова (Фот. 2). Разлог за ово су широки и плитки циркови формирану током глацијација. Услед мале висинске разлике између циркова и површи ка којој су се кретали, ледници нису превише издубили циркове, него су их више проширили. У постглацијалном периоду по дну некадашњих циркова изграђен је већи број вртача. Такође, овде се налази и велики број мутонираних стена које је у постглацијалном периоду модификовао крашки процес и на њима изградио шкrapаре. У глацијално-крашким увалама на Жијову нема трагова површинских токова. Главна разлика између овог типа увала и претходног је у постојању већег броја крашких облика (вртача, шкrapа, каменица).



Ск. 3 – Високопланинске увале на Жијову
(G – глацијалне, GK – глацијално-крашке и GF – глацијално-флувијалне)



Фот. 2 – Глацијално-крашка увала на Жијову

Глацијално-флувијалне увале се на Жијову јављају у некадашњим валовима. Најизразитије су Букумирска, Рикавачка и Радећка увала. У прве две површински токови се завршавају у истоименим језерима, док се по ободу Радећке увале јављају крашки извори, од којих се не формирају речни токови.

Таб. 2 – Морфометријске карактеристике увала на Жијову (G – глацијалне, GK – глацијално-крашке и GF – глацијално-флувијалне)

Number on map	Назив/ Name	Висина м н.в./ Hights in m a.s.l.	Дужина м/ Long m	Ширина м/ Width m	Површина km ² / Area in km ²	Тип увале/
1	Žijovo (I)	1970	450	350	0,09	G
2	Žijovo (II)	1850	350	280	0,05	G
3	Žijovo (III)	1900	850	200	0,16	G
4	Šila	1750	1600	600	0,8	G
5	Dobrodolska (I)	1875	650	450	0,2	G
6	Dobrodolska (II)	1855	650	450	0,21	G
7	Jezerce	1695	850	850	0,6	G
8	Surdup	1765	550	1250	1,2	GK
9	Gladišta	1700	1000	1800	2,07	GK
10	Trepetljikov do	1400	2400	450	1,5	GK
11	Žijovo	1690	1500	100	1,62	GK
12	Dobrodolska	1575	1800	1400	3,2	GK
13	Berovačka	1680	1550	900	2,1	GK
14	Beljeva rupa	1800	400	350	0,3	GK
15	Studenica	1640	900	700	0,5	GK
16	Prijun	1820	800	450	0,33	GK
17	Kunora	1600	5000	3500	14	GK
18	Krisitor	1675	2150	2050	4	GK
19	Rikavac	1313	4300	4500	11	GK
20	Velji do	1050	3000	350	1,3	GF
21	Bukumirska	1400	2800	1000	2,2	GF
22	Radečka	1200	1800	1600	5,8	GF

Дискусија

Дурмитор и Жијово су географски блиске планине. Међутим, постоје извесне разлике које су у прошлости довеле до другачијег развоја глацијалних облика, а што

је имало пресудан утицај на морфолошку разноликост савремених високопланинских увала. Постоји више значајних разлика. Дурмитор има нешто севернији положај и виши је од Жијова за око 300 m. Због тога су температуре на Дурмитору биле ниже и у прошлости, а и данас. Дурмитор се изнад околних површи издиже за 200 до 400 m више него Жијово, што је условило брже кретање ледника на овој планини него на Жијову. С друге стране, близина и већа отвореност ка мору утицала је да Жијово прима већу количину падавина и да се на њему формира моћна ледничка маса.

Смена глацијалних и интерглацијалних фаза је на овим планинама током квартара доводила је до промена доминантних геоморфолошких процеса којима је изграђиван рељеф током тих фаза. Утицаји су били толико снажни да је претходни крашки процес утицао на формирање крашког типа глацијације, као што је и глацијацијални процес утицао на формирање глациокрашких облика – високопланинске увале. Глацијални процес на Дурмитору и Жијову одвијао се у оквиру две фазе. У првој фази готово читав простор планина био је прекривен ледницима. У другој, млађој фази, обим глацијације се смањује и ледници опстају у цирковима и валовима изграђеним у претходној глацијалној фази. Морфолошке разлике код глацијалних облика (циркови и валови) који су настали у последњој фази глацијације на планинама Дурмитор и Жијово, имале су пресудан значај за морфолошку разноврсност увала на овим планинама. Утицај карбонатне подлоге довео је до формирања крашког типа глацијације. Површи које окружују обе планине утицале су на брзину кретања ледника. Због веће висинске разлике између планинских врхова и површи на Дурмиру ледници изграђују дубље циркове и валове, али мањих површина. На Жијову је висинска разлика између највиших делова планине и околних површи мања. Из тог разлога на овој планини ерозија ледника није усмерена ка продубљивању облика, већ ка њиховом проширивању. Због тога се јавља морфолошка разлика код глацијалних облика на овим планинама: на Дурмитору су они мањих димензија, али веће дубине, док су на Жијову већих димензија, али мањих дубина. У савременом периоду развоја крашког рељефа увале настају преמודелирањем глацијалних облика (циркови и валови). Њихови основни морфолошки параметри (дужина, ширина и дубина) већ су одређени у претходној глацијалној фази развоја рељефа. Степен крашке развијености увала одређен је дужином трајања и интензитета крашког процеса који је у великој мери контролисан интензитетом савремених крио-нивационих и колувијалних процеса. На најнижем степену крашког развоја налазе се глацијалне увале, затим глацијално-крашке, док су глацијално-флувијалне увале доживеле највећу трансформацију од плеистоценских глацијалних облика ка савременим крашким увалама.

Закључак

Високопланинске увале на Дурмитору и Жијову настале су преמודелирањем глацијалних облика (циркови и валови) који су изграђени у претходној, глацијалној, фази развоја рељефа. Због различитог интензитета глацијалног процеса на овим планинама су током глацијалне фазе створени циркови и валови које се међусобно битно разликују. На Дурмитору су дубоки и малих површина, док су на Жијову широки, али малих дубина. Ове морфолошке разлике имале су пресудан значај у изградњи савремене крашке морфологије. Димезије увала одредио је претходни глацијални процес, док је степен крашке развијености одређен односом савременог крашког процес, с једне стране и крио-нивационијих и колувијалних процеса, с друге стране. На овим планинама постоје три еволутивна типа увала: глацијалне,

глатијално-крашке и глатијално-флувијалне. Најмањи степен крашке развијености имају глатијалне, а највећи глатијално-крашке увале.

Литература

- Ђуровић, П. (1996 а). Високопланински крас – геоморфолошка студија. *Докторска дисертација. Географски факултет Универзитета у Београду*
- Ђуровић, П. (1996 б). Специфични облици микрокраса на северним падинама Боља (Дурмитор). *Посебна издања, бр.8. Географски факултет. Београд. 108-114*
- Djurović, P. (2009). Reconstruction of the pleistocene glaciers of mount Durmitor in Montenegro. *Acta Geographica Slovenica – Geografski zbornik, 49 -2, Ljubljana, 263-289*
- Đokić, V., Živaljević, M., Petrović, Z. (1968). Tumač za osnovnu geološku kartu, list Gusinje (1:100000). *Savezni geološki zavod. Beograd*
- Živaljević, M. и dr. (1989). Tumač za osnovnu geološku kartu, list Žabljak (1:100000). *Savezni geološki zavod. Beograd*
- Mirković, M. (1983). Geološki sastav i tektonski sklop Durmitora, Pivske planine i Volujka. *Posebno izdanje Geološkog glasnika Zavoda za geološka istraživanja SR Crne Gore, knj. 5, Titograd*
- Петровић, А. (2007). Плеистоцена глатијација горњег тока Веруше. *Зборник радова LV. Географски факултет Универзитета у Београду. 13-22*
- Петровић, А. (2009). Плеистоцени глатијални рељеф Жијова. *Магистарски рад. Географски факултет Универзитета у Београду*
- Klimchouk A., Bayari S., Nazik L. & TÖrk K. (2006). Glacial destruction of cave systems in high mountains, with a special referenceto the Aladaglar massif, Central Taurus, Turkey, *Acta Carsologica 35/2, , Postojna, 111–121*
- Sinjur I., Ogrim M., Ogrin D. (2006). Extreme temperature minimums – Slovenian alpine dolines, winter 2005-2006, *ECAS, Ljubljana*
- Lauritzen S. (2006). Caves and speleogenesis at Blomstrandsøya, Kongsfjord, W. Spitsbergen, *International Journal of Speleology, 35 (1), 37-58*
- Knez M., Liu H., & Slabe T. (2010). High Mountain Karren In Northwestern Yunnan, China, *Acta Carsologica, 39/1, Postojna, 103–114*

THE OVERALL IMPACT OF PLEISTOCENE GLACIATION ON MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF UVALAS AT DURMITOR AND ŽIJOVO

PREDRAG DJUROVIĆ^{1*}, ALEKSANDAR S. PETROVIĆ¹, SAVA SIMIĆ²

¹ *University of Belgrade - Faculty of Geography, Studentski trg 3/3, Belgrade, Serbia*

² *Institute for nature conservation of Serbia, Dr Ivana Ribara 9, Belgrade, Serbia*

Abstract: The alternation of glacial and karst processes as the consequence of frequent changes of glacial and interglacial phases could be recognized at the mountains Durmitor and Žijovo. Re-modeling of glacial morphology (cirques and trough valleys) carved currently karst topography with domination of uvalas. Their size and shape vary considerably as the consequence of differences within the preexisting glacial forms. Duration and intensity of karstification, which re-modeled former glacial forms into karst landforms, determine the degree of uvalas development and formation of three distinct evolution types of high-mountainous uvalas: glacial, glacial-karst and glaciofluvial.

Key words: high-mountainous uvalas, glaciations, Durmitor, Žijovo, Montenegro

Introduction

Karst relief is at high mountains under the direct influence of currently, high-mountainous climate. Its development is under the influence of low temperatures (Sinjur I., 2006) and snow, which significantly enable the development and evolution of specific micro-karst forms (Knez M., et al., 2010). Therefore, karst relief on high mountains is differing morphologically from karst formed at slopes or at lower altitudes. Additionally, the development and evolution of currently karst topography is significantly affected by events stirred in closer or further geomorphological past, not only by recent geomorphological processes. At high mountains glacial events preceded recent karst processes. While glacial processes shaped the essential contours of surface forms which will be re-modeled through later, karst processes and turned into recent karst forms, speleogenetical processes already took part during glacial phases (Lauritzen S., 2006). However, long-lasting and intensive glacial processes could partly or completely destroy previous karst surface topography as well as subsurface morphology (Klimchouk A., et al., 2006). Almost the classic example of morphologically diverse surface karst forms – uvalas, as the consequence of different influence of preexisting glacial processes and topography, is present at two mountains on similar latitudes, Durmitor and Žijovo.

At these mountains glacial and interglacial phases alternated frequently during Quaternary. Although these phases lasted variably, they always were enough long to permit ephemeral and dominant geomorphological process to change the already formed morphology during previous phase and to shape a new, characteristic one. Last glacial phase on these mountains were under the great influence of previous karst phase and resulted in formation of karst glaciation's type (Ђуровић П., 2009; Петровић А., 2009). Geomorphological processes took part after retreat of glaciers. In response of duration and intensity of karst action and re-modeling of glacial into karst forms, on these mountains were developed polygenetic and polymorphic forms.

*e-mail: godjura@eunet.rs

The paper contains the research results of the project No146010 supported by the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia

Geographic position of the investigated area

Mountains Durmitor and Žijovo are in the south-western part of the Balkan Peninsula (Fig.1). Durmitor is on the north, Žijovo on the south-east of Montenegro. Durmitor is in eastern part of the Dinaridic mountain range. In a broad sense it belongs to drainage system of the Drina River, and in narrower represents the divergence of the Tara and Piva rivers. Žijovo Mt. is in bordering area of mountain range Prokletije. It is on the divergence of Adriatic (rivers Cijevna and Mala rijeka) and Black sea fluvial system (rivers Tara and Lim).

Fig. 1 – Geographic position of the mountains Dumitor and Žijovo

Durmitor

Durmitor is surrounded with highly elevated karst surfaces (from 1400 to 1600 m above sea level). Their contact-line is actually the morphological boundary of the mountain with these karst surfaces. Only on its northern part is border descending to approximately 1100 m above sea level, till Sušičko jezero basin. The highest points of mountain (Bobotov kuk 2522 m) are from 900 to 1100 m above the karst surfaces. Such defined mountain Durmitor is covering the area of 123 km² (Djurović P., 2009).

Durmitor has simple lithological composition in general (Мирковић М., 1983). Calcareous rocks, variable in their age and composition are the most abundant, while clastic rocks occur sporadically. Limestone is the most widespread calcareous rocks, whereas dolomites are subordinated. Limestones are mostly massive and banked, Triassic and Cretaceous in age. Special role in calcareous complex occupy Cretaceous-Paleogene sediments, so-called Durmitor flysch, represented with bedded sandy limestone, marly limestone, marlstone, banked and bedded limestone breccia and sandstone. Various calcareous rocks are prevailing in Durmitor flysch and do not differ essentially from the other calcareous rocks. Clastic rocks are Triassic in age and include quartz sandstone, sandy limestone etc. They are of limited distribution at Durmitor. Andesites of Middle Triassic age are also exposed within this complex, beneath Crvena greda, near Barno jezero and Bosača, commoly occupying smaller area (Živaljević M., и др., 1989).

Two tectonic units could be distinguished on Durmitor. The south-western part of the mountain occupies Kučka unit (Prutaš, Vjetrena brda, Dobri do, Sedlena greda, Stožina, Ružica, Lojanik, Bolj), while the Durmitor tectonic unit occupies the rest of the mountain. Past reverse movement along the Ranisava scale brought the Durmitor tectonic unit over sedimentary rocks in Kučka unit (Živaljević M., et al., 1989).

Signs of two glacial actions were noted on Durmitor: older, stronger and younger, weaker. During the older phase, almost the whole area of Durmitor was covered with ice remaining only distinct ridges and peaks free of ice (Djurović P., 2009). The north Durmitor side, i.e. the area over 1600 m above sea level, was permanently covered with snow. Eastern slopes of Štuocce were yet from around 1700 m in the zone of eternal snow. The snow boundary was at height of about 1600 m around Crno jezero as well as on the eastern slopes of Šljemen. In turn, the snow boundary on south greatly descended southern of Bolj and Lojanik including the upper parts of Komarnica valley, approaching approximately at an elevation of about 1400 m. Western boundary below Škrk in Sušica canyon is at elevation of about 1500 m. Pronounced differences in elevation of snow boundary on the eastern and western mountainsides is the consequence of mountain subjection to masses of moist air coming without interruption from south and southwest. As moisture masses cross over southern slopes of Durmitor they precipitate, leaving the northern mountainous parts in rain

shadow. These areas receive relatively lesser amount of precipitation than do southern, causing the "inverse" elevation of the snow boundary (Ђуровић П., 1996a).

In younger glacial phase, the snow boundary tended to rise upward gradually. Durmitor is not within the one, continual snow boundary any more, hence a few, clearly distinguished units could be developed. The area in its northern part, around Štuoce, was under the influence of cryogenic-nivation processes and divided from the central mountainous part. The snow boundary was in Štuoce, on the south, at about 2100 m, on the north-west at about 1950 m, on the north it descended into the Tara canyon, while on southeast it was at about 1800 m. Central part of the Durmitor mountain represented the broadest area where glacial processes took part. The snow boundary on its northern side was trailed north from Vidrica (2037 m) at height of about 1700 m, at 2000 m in Lokvice and between 1800 to 1900 m on the eastern slopes of Šljemen. On the southern slopes is characteristic relatively high-elevated snow boundary, ranging from 2050 m at Vjetrena brda to 2100 m below Prutaš. In Škrke it was positioned from 1900 m (northern sides of Prutaš), to 2000 m (southwestern parts of Soa and Planinica). Southward from the central part of Durmitor, on Sedlena greda (2050 m at southern slopes and at 1950 m at northern), Bolj and Lojanik was the area of "eternal snow".

The influence of recent climate on karst processes and on karst topography at Durmitor could be deduced according to the air temperature and the amount of precipitation. As the mountain base is subjected to cold, mountainous climate approximately four months annually, the average monthly air temperature is negative. The average annual air temperature, measured in period 1958-1993 is about 4,5°C in this part of the mountain. It should be underlined that the average annual air temperature in this area since earliest 60s tends to decrease (in respect to completely observed period), reaching minimum at the end of 70s. Since the beginning of 80's, the average annual air temperature tends to increase rapidly. In higher parts of Durmitor (at height of about 2000 m above sea level) number of months with average negative temperatures statistically increase, approaching almost equal value with the number of months with positive temperatures. Negative annual average air temperatures could be statistically expected only above the highest mountain peaks (at about 2700 m). Local conditions, dissected relief, the extension of canyon valleys and ridges related to course of moist air masses, determine the amount of precipitation and its aerial redistribution. The annual amount of precipitation is ranging from 1400 to 1600 mm at the mountain edges to 2600 mm at the highest elevations (statistically). There are no yearly neither extremely wet, nor extremely dry months, although some winter months receive almost 50% more precipitation than some summer months. Excluding the lowest, bordering parts that receive more precipitation during months with positive temperature, at other elevation is situation opposite. At heights above 2000 m above sea level, only 1/5 of precipitation falls down during vegetation period (average monthly temperature of the air rises for 7 °C). The annual amount of precipitation fluctuated during the period 1958-1993 is ranging from +10, to -10% (Ђуровић П., 1996a).

Recent karst topography on the Durmitor Mt.

High-mountainous uvalas represent polygenetic elements of karst topography (Fig. 2). The transformation velocity of the Pleistocene cirques and part of uvalas into recent karst uvalas depended from the rate and ratio between recent cryo-nivation, coluvial and karst processes. Therefore, on Durmitor the three evolution-genetically types of high-mountainous uvalas are exposed: glacial, glacial-karst and glaciofluvial (Table1)

Glacial uvalas are exposed at the highest elevations, in the zone with the greatest influence of cryogenic-nivation and coluvial processes, while the karst action is represented with global chemical dissolution of limestones. Excluding distinct micro-karst forms and

irregular sinking of water within them, this type of uvalas preserve morphology attained in previous evolution (glacial) phase, which are typically more or less opened in the lowest level of the former cirque. Karst topography is only represented with micro-forms, i.e. with kamenice (solution pans) that sporadically occur at larger blocks. Karrens were developed only at larger, bare limestone exposures. Surface waters are missing along with signs of their existence.

Glacial-karst uvalas (Photo 1) develop at lower altitudes or at the same heights as the above described, but on "warmer" places. Cryo-nivation and coluvial processes are less important in response to karst processes. Among them, the main hydrologic and morphological karst elements (sinkholes and ponors) used to develop. Enduring influence of karst process at uvalas floor, i.e. former cirques floors, enable development of sinkholes, karrens, kamenice (Ђуровић П., 1996б) and ephemeral river flows with ponors, karst shafts and caves. The essential difference between this and previous type of uvalas is in their hydrologic features. Temporary river flows, derived through melting of snowpatch, occur at uvalas floors. These flows commonly sink after few tens of meters at the floor, causing the development of short-lived lakes. Coluvial and cryo-nivation processes are of noticeably less intensity than within glacial uvalas.

Photo 1. Lokvice – glacial-karst uvala on Durmitor

Glaciofluvial uvalas represent the third evolution type of high-mountainous uvalas. They are exposed at profoundly lower elevations compared with the previous two. Pronounced difference in prior-karst evolution is also notable. Actually, previous two types derived through transformation of Pleistocene cirques or parts of former valleys. During glacier retreat along the valley bottom, occur river flows which partly or completely remove deluvial or eluvial material. Attaining proper conditions, surface flows sink and gradually form blind valleys. As these valleys are very shallow, this process is referred as very young. Many glaciofluvial uvalas or their parts, represent basins of recent lakes, actually these valleys are continuously flooded. Cryo-nivation processes are of insignificant importance, while karst action built significantly karst morphology and specific water circulation (numerous sinkholes, emergances and ponors, periodical and permanent flows, continual and sporadically flooding).

Fig. 2 – High-mountainous uvalas on Durmitor

Tab. 1 – Morpho-metric features of uvalas on Durmitor

Žijovo

Mountain Žijovo including surrounding till plains is clearly separated with deep canyons from the adjacent mountains. The elevation of the plain is about 1400 m above sea level. Relative height difference between the plain and the highest peaks on the mountain is about 700 m, taking into consideration that the highest peaks are Surdup (2184 m) and Žijovo (2131 m), while the average relative height is about 500 m. Mountain covers about 75 km².

Concerning lithology the most abundant are Mesozoic limestones and dolomites (Ђokić et al., 1968). Upper Triassic sediments mostly correspond to dolomites and dolomitic limestone. Distinct parts of the mountain are exclusively built of dolomites of this age. In other parts of the mountain, within the younger sediments, banked and reef limestone prevails (Ђokić et al., 1968). Northernmost parts of the mountain consider to the "Durmitor" flysch zone and are represented with limestone breccias. The most widespread younger, Quaternary sediments is moraine material, whose accumulation mostly occurs at the entire contact of the plain and the mountain.

Investigated area concerning tectonic comprises three distinct units: the Durmitor flysch unit, Kučka scale and Starocrnogorska unit. The boundary between the first two is not

defined with remarkable fault, as faults are hardly recognizable within the flysch. Kučka scale was after Maastrichtian thrusting causing tangential forces on flysch terrains and folding, mostly recumbent and tilted. Kučka scale is intersected with numerous faults. Tectonic boundary between the Starocrnogorska unit and the Kučka scale could be followed along its whole length in the investigated area. In this unit, which is exposed only in the southern part of the investigated area, noteworthy faults were not observed. This unit comprises Upper Jurassic and Lower and Upper Cretaceous products (Ђокић et al., 1968).

At the mountain Žijovo were identified signs of two glacial actions (Петровић, 2007, 2009). The older was more intensive enabling glaciers to cover almost the whole mountain, even the plain remaining only the highest peaks free of ice. During this, older phase, glaciers used to descend even to 1200 m altitude. The height of snow boundary was between 1400 and 1500 m (Петровић, 2009.). The glaciers used to cover even the upper parts of the plains. During younger phase, glaciers were kept at bottoms of older cirques, allowing creation of new, secondary cirques along their fringes. In this glacial phase the glaciers were slightly advanced down from the old cirque bottoms on the adjacent plains.

Recent karst topography on the Žijovo Mt.

In recent relief of Žijovo the three evolution types of high-mountainous uvalas could be distinguished (Fig. 3). However, their morphological characteristics may vary enormously due to specific features of Pleistocene prior-glacial relief and due to the type of glaciation that took part on this mountain (table 2).

Glacial uvalas on Žijovo are represented with former secondary cirques formed during younger glacial phase. Uvalas are exposed at the edges of large cirques derived in older glaciation's phase. Significant role in their recent shape creation had the both, karst processes and the coluvial. Among the karst forms occur karrens formed on sides of blocks avalanched from the surrounding hills.

Glacial-karst uvalas are the largest and the most abundant polygenetic elements in karst relief of Žijovo (Photo 2). The reason for this is the existence of wide and shallow cirques formed during glaciations. As the consequence of negligible height differences between cirques and plains over which the glaciers used to move, the glaciers did not carve deep cirques, just widened them. Numerous sinkholes were created at bottoms of former cirques in postglacial period including that the abundance Roche moutonnée, derived during karst processes were turned into karrenfields. In glacial-karst uvalas on Žijovo signs of surface flows are missing. The main difference between this type of uvalas and the previous, glacial uvalas is in abundance of various karst forms (sinkholes, karrens, kamenice).

Fig. 3 – High-mountainous uvalas on Žijovo

Photo 2 – Dobri do - glacial-karst uvala on Žijovo

Glaciofluvial uvalas on Žijovo occur inside the former valleys. The most remarkable are Bukumirska, Rikavačka and Radečka valley. Within the first two, surface waters are ending in the same-named lakes, while along fringes of the Radečka valley occur karst wells (emergences) unable to evolve into river flows.

Tab. 2 – Morpho-metric features of uvalas on Žijovo

Discussion

Durmitor and Žijovo are geographically close mountains. However, the existence of distinct differences in the development degree of different glacial forms in the past is of outstanding importance for morphological diversity in recent high-mountainous uvalas. There are few chief differences. Durmitor is northern and higher mountain than Žijovo

almost for 300 m. Therefore, the temperatures on Durmitor were lower in the past, as well as are today. Durmitor is rising above the adjacent plains from 200 to 400 m more than Žijovo does, what resulted in faster motion of glaciers than on Žijovo. On the other side, as closer and more opened to the sea the mountain Žijovo has experienced heavier precipitation enabling the thick glaciers mass formation.

The alternation of glacial and interglacial phases on these mountains during Quaternary brought to change in dominant geomorphological processes that sculptured their relief during these phases. Their influence was so powerful that the preexisting karst process enormously had controlled the formation of karst glaciation's type. On the same way the glacial processes had strong impact on formation of glacial-karst forms – high mountainous uvalas. Underwent glacial action on Durmitor and Žijovo comprised two phases. During the first one, almost the whole mountains were covered with ice. During the second, younger phase, the extent of glaciations decreased and the glaciers remained in cirques and valleys created in previous glacial phase. Morphological differences between glacial forms (cirques and valleys) derived during the last phase on Durmitor and Žijovo were of crucial importance for morphological diversity of uvalas on them. The role of calcareous bedrock leads to a birth of karst glaciations type. Plains that surrounded both mountains were responsible for velocity of the glaciers motion. Due to pronounced elevation differences between mountain peaks and plains on Durmitor with respect to that value on Žijovo, glaciers used to carve deeper cirques and valleys, but in lesser extent. On Žijovo is the height difference between the highest peaks and surrounding plains lesser. As the consequence, on this mountain glacial erosion rather led to deepening than to enlargement. Therefore, different morphology within the glacial forms occurs on these mountains: glacial forms on Durmitor are of smaller dimensions but deeper, while on Žijovo are broader, but not so deep. Recently, the karst relief develops through re-modeling of glacial forms (cirques and trough valleys). Their main morphological parameters (length, width and depth) were already determined during the preexisting glacial phase. The degree of karst development of uvalas and their perfection of shape was dominated with the lasting time and intensity of karst process which in turn, was greatly controlled by intensity of recent coluvial and cryo-nivation processes. The lowest degree of development display glacial uvalas, followed with glacial-karst, whereas glaciofluvial uvalas underwent the biggest transformation from the Pleistocene glacial forms into the recent karst uvalas.

Conclusion

The high-mountainous uvalas on Durmitor and Žijovo derived through re-modeling of glacial forms (cirques and trough valleys) that have been developed during the previous, glacial phase of landform creation. As the consequence of significant differences in the intensity of glacial processes, on these mountains were formed noticeably different cirques and trough valleys. These forms are deep and of less extension on the mountain Durmitor, while on Žijovo are wider and shallower. These morphological differences had the crucial role in creation of recent karst morphology. Dimensions of uvalas were determined with the preexisting glacial process, while the degree of karst development was controlled with the rate of recent karst processes at one side, cryo-nivation and coluvial processes on the other. The three evolution stages (types) of uvalas could be distinguished on these mountains: glacial, glacial-karst and glaciofluvial. Glacial uvalas display the lowest degree of karst development, whereas glacial-karst uvalas are of the highest degree.

References

See References on page 28