

**ГЕНЕЗА И ЕВОЛУЦИЈА УВАЛА  
У ПАЛЕОДОЛИНИ ГАЈИНА МЛАКА НА КУЧАЈУ**

АЛЕКСАНДАР С. ПЕТРОВИЋ<sup>1\*</sup>, РАТОМИР ВЕСЕЛИНОВИЋ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски трг 3/3, 11000 Београд, Србија

**Сажетак:** Еволуција палеодолине Гајина млака од прекрашке до савремене фазе открива сложеност процеса трансформације долина у красу и настанак флувио-крашких увала. Настанак речне мреже и стварање долине Гајина млака везан је за сукцесивно повлачење Понтског мора. Превага крашког процеса над флувијалним доводи до трансформације флувијане морфологије у крашку. Степен трансформације зависи од односа интезитета ова два супростављена процеса. Карстификација захвата све делове долине Гајина млака који су изграђени у кречњацима. Речна корита су готово у потпуности преобликована и дуж њих се формирају вртаче. У деловима долина са значајнијим литолошким разликама, сложенијим тектонским односима и различитом прекрашком флувијалном морфологијом крашким процесом изграђују се већи облици рељефа – увале. Из приказаног начина настанка и еволуције увала проистиче да су оне јасно морфолошки и генетски индивидуалисани крашки облици, чиме се негирају поједина савремена схватања која искључују и термин и облик увале као крашког елемента рељефа.

**Кључне речи:** увала, долине у красу, Кучај

**Увод**

Почетак истраживања увала на Кучају датира још пре више од 120 година и везан је за прве радове у Србији из области карстологије (Цвијић Ј., 1893). Комплексним геоморфолошким истраживањима средином 20-ог века, које су српски географи реализовали кроз проучавање речних сливова, дат је значајан увид у морфолошку еволуцију Кучаја и крашких облика рељефа на њему (Паунковић Ђ., 1953; Марковић Ј., 1953; 1954; Петровић Д., 1954; 1970). Поједини истраживачи су се посебно бавили генезом краса и крашком хидрографијом на овој планини (Петровић Д., 1963; 1964; 1965; 1981; 1989).

Увале су удубљења у красу различита по морфологији и начину постанка од вртача и претежно већих димензија од њих. На Кучају се увале већином јављају у палеодолинама или у долинама још увек активних понорница. У палеодолинама, након преваге крашког процеса над флувијалним, настају нови, крашки, облици рељефа. Поставља се питање да ли је за настанак и морфологију увала преовладавајући фактор тектонски склоп (Ћалић Ј., 2011) или постоји и утицај прекрашког рељефа. Предмет истраживања овог рада јесте дефинисање фактора који утичу на формирање увала унутар долина у красу. Палеодолина Гајина млака је одабрана за истраживани простор јер су у њој представљене све карактеристичне

---

\* E-mali: apetrovic@gef.bg.ac.rs

Рад представља резултате истраживања у оквиру пројекта 177023 који финансира Министарство просвете и науке Републике Србије

одлике долина у красу централног дела Кучаја. Такође, њена еволуција од прекрашке до савремене фазе открива сложеност процеса трансформације долина у красу и настанак флувио-крашких увала.

Последњих година се термин увала, као и генеза облика који он означава, доводи у питање (Gostinčar P., 2009). Генеза увале је првобитно везивана за срстање вртача, односно, сврставана је у прелазни облик између вртача и крашких поља (Цвијић Ј., 1900). Овакво тумачење се дуго задржало у регионалној стручној литератури (Гавриловић Д., 1974). Међутим, питање оправданости генетске повезаности вртача, увала и крашких поља неретко је постављано (Poljak, J., 1951). Након напуштања теорије о међусобној вези између ова три облика крашког рељефа термин увала се у светској литератури све ређе користи (Lowe D.J. & Waltham T., 1995). Као алтернативни термини користе се „karst depressions“ (крашке депресије) и „karst hollows“ (крашка удубљења), али су они превише широког значења и услед тога често долази до нејасноће на које се конкретно удубљење у красу мисли. Недавни покушај рedefинисања појма увала дефинише један њен генетски тип (Талић Ј., 2009) али остали типови увала остају без јасније дефиниције и конкретног термина. Разјашњење настанка и еволуције увала у долинама у красу помогло би јаснијем дефинисању појма увала и њиховој типологији.

### **Положај и карактеристике истраживаног терена**

Планина Кучај припада крајњем јужном делу Карпатског лука. Највећа је планина Карпато-Балканида у Србији са дужином око 34 km и ширином већом од 30 km. Она има карактер висоравни са које се уздижу мањи врхови. Највиши од њих је Велика Треста са 1284 m н.в., који се издиже око 300-500 m изнад висоравни.

На висоравни Кучаја је раније била развијена густа хидрографска мрежа, која је услед каснијих тектонских и крашких процеса сведена на неколико кратких периодски активних понорских токова. Речни систем Гајине Млаке, који је изградио данашње палеодолине, био је део некадашње хидрографске мреже. Састојао се од два већа тока, Гајине млаке као главног, Торовишта као највеће притоке и неколико мањих притока. Долине ових некадашњих токова су данас крашком ерозијом изузетно преиначене. У крајњем узводном делу Гајине млаке још увек постоји активна понорница истоименог назива. Назив Торовишта (у ширем смислу) се у овом раду користи за долину у красу коју је начинила десна притока тока Гајине млаке. У ужем смислу топоним Торовишта је народни назив за увалу насталу у горњем делу некадашњег тока Торовишта.

### **Еволуција палеодолине Гајина млака**

Токови Гајина млака и Торовишта, који су изградили истоимене долине у красу, припадали су у флувијалној фази истом речном систему. Узевши у обзир чињеницу да су ови токови били приближно исте дужине (око 6 km), као и да део долине Гајина млака још увек има хидролошку функцију може се претпоставити да је ток Торовишта представљао притоку току Гајина млака. Долине које су иницијално настале ерозивним радом ових токова прошле су кроз три еволутивне фазе. У даљем тексту ове фазе ће бити представљене хронолошким редом.

#### *Прекрашка флувијална фаза*

Речна мрежа у централном делу Кучаја развијала се по некада јединственој Кучајској површи која се пружала на преко 40 km дужине (Петровић Д., 1989). У

јужном делу Кучајске површи усекао се ток Радованске реке са притокама. Доњу ерозиону базу читаве површи чинио је „ниво једног маринско-језерског стања у средњем делу слива Црног тимока (Сумраковачко-шарбановачки басен)“ (Петровић Д., 1989). За време постојања ове ерозионе базе ниво крашке издани је био веома висок што је омогућило настанак прекрашких нормалних речних токова по Кучајској површи.

Ток Гајина млака са Торoviштем представљао је десну притоку Радованске реке. Он је, заједно са токовима који су текли кроз Гарину падину, Турину падину и Беле воде, изградио денудационо-флувијалну површ Беле воде од 860-970 m н.в. (Петровић Д., 1970). Ова површ се простире на површини од око 130 km<sup>2</sup>.

Са југозападних падина Зеленог врха (956 m н.в.), састављених од конгломерата и пешчара девонске старости (Веселиновић М. и др., 1964), спуштало се неколико кратких токова који су изграђивали изворишну челенку тока Гајина млака. Правац пружања најсевернијег и најјужнијег тока условљен је раседом (карта 1). Непосредно пре спајања ови изворишни токови су улазили у јурске банковите и масивне кречњаке (Веселиновић М. и др., 1964). Након њиховог спајања па до ушћа Торoviшта Гајина млака је примала једну десну и леву притоку. Десна притока се спуштала са источних падина Копривног брда (1068 m н.в.) и њена долина, као и средишњи део долине Гајина млака, предиспонирана је раседом меридијанског правца пружања (карта 1). Леву притоку је претстављао кратак ток у Ломчићу који се спуштао низ јужне падине Просипаног камена (938 m н.в.).

Долина Торoviшта је усечена на контакту између банковитих и масивних кречњака јурске старости (J<sub>3</sub><sup>3</sup>) и масивних и банковитих кречњака кредне старости (K<sub>1</sub><sup>1+2</sup>) (Веселиновић М. и др., 1964). Изворишну челенку Торoviшта изграђивало је неколико кратких, зракасто распоређених токова (карта 1). До ушћа у Гајину млаку некадашњем току је притицао са десне стране ток Бучина.

Ушће Гајине млаке у Радованску реку се у овој фази еволуције долине налазило на око 820 m н.в.

### *Флувио-крашка фаза*

Данашњи изглед Кучајске површи и површи Беле воде, као њеног саставног дела, указује на тектонске процесе епириног издизања и засвођавања. Ови тектонски процеси вршени су дуж „злотног“ раседа све до „луковског“ раседа (Петковић К., 1935). Епирогено засвођавање је највероватније извршено средином сармата (Луковић М., 1938).

Почетак издизања и засвођавања површи Беле воде омогућио је дубље усецање Радованске реке, а тиме и спуштање крашке издани и јачање крашког процеса. Тада наступа флувио-крашка еволутивна фаза и даља изградња долина резултат је борбе између флувијалног и крашког процеса.

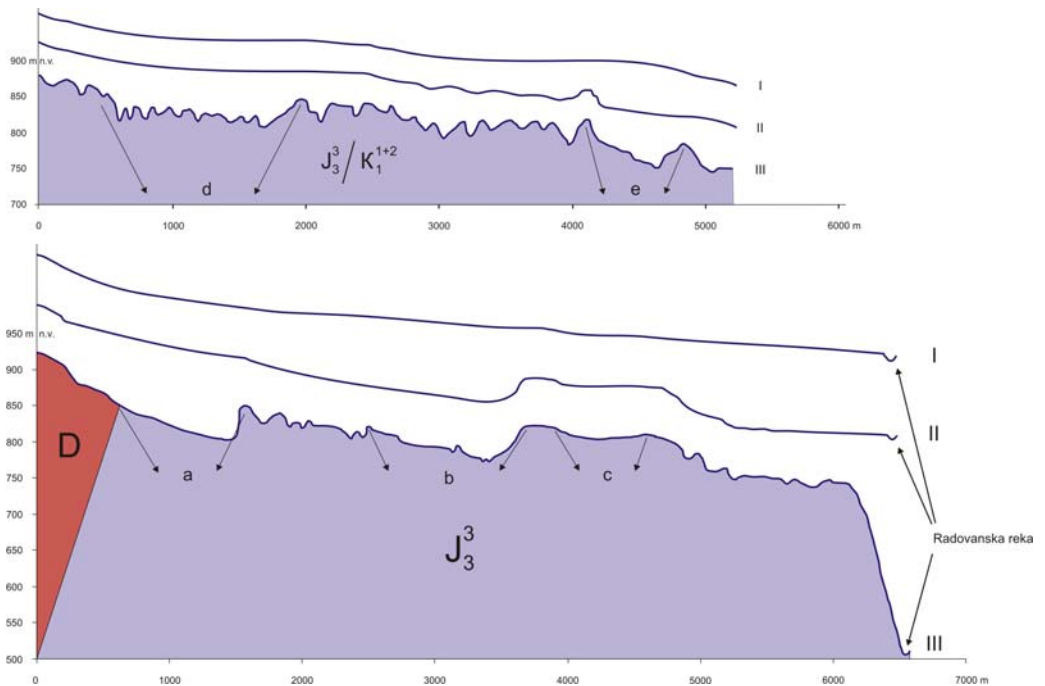
Напредовањем крашке ерозије и проширивањем пукотина у кречњаку омогућено је веће и дубље понирање воде из токова Гајине млаке и Торoviшта. У средњем делу њихових долина појављују се стални понори приближно на 800 m н.в. (ск. 1) Вода која понире кратко путује подземно и поново се појављује у најнизводнијим деловима долине. Место избијања подземног тока у долини Торoviшта предиспонирано је раседом приближно меридијанског правца пружања (карта 1). Усаглашавање пада речних токова врши се према тренутној висини дна Радованске реке која је износила 750 m н.в. Услед тога, до места понора, долине бивају преиначене у следе долине. Низводно од понора остају кратке висеће долине. Најнизводнији делови некадашњих токова, након крашких извора, настављају са усецањем нормалних долина.

С обзиром на то да су Гајине млаке алогени ток, слепа долина коју он изграђује морфолошки је израженија од следе долине Торовишта коју ствара речни ток малог протицаја и чија се вода губи у великом броју пукотина по долином дну. Кратки речни токови који настају након избијања понорница Гајине млаке и Торовишта уливају се у Радованску реку у овој фази еволуције на 750 m н.в.

### Крашка фаза

Даље усецање Радованске реке омогућава брзо понирање воде па долином Торовишта више не тече површински ток. Услед тога она временом поприма облик суве скрашћене долине (ск. 1). Део долине од крашког извора до ушћа у Гајину млаку, губи хидрографску функцију и постаје сува viseћа долина. То је уједно тренутак када у Торовиштима крашка ерозија односи примат над флувијалном, која у потпуности престаје са дејством.

Након престанка епирогеног издизања и засвођавања Кучајске површи наступа фаза тектонског мировања, када је Радованска река усекала свој под на 540-470 m н.в. (Петровић Д., 1970). Изградња овог флувијалног пода уједно представља почетак треће еволутивне фазе на површи Беле воде, крашке фазе.



Скица 1 - Уздужни профили долина у красу Торовишта (горе) и Гајина млака (доле) у све три (I, II, III) еволутивне фазе

Увале: (а) Гајина млака; (б) Средишња увала; (ц) Ломчић; (д) Торовишта и (е) Мала увала

Крашки процес преузео је доминантну улогу на највећем делу површи Беле воде, осим у североисточном делу, изворишту Гајине млаке. Усецање Радованске реке и даље снижавање крашке издани омогућило је раније понирање воде Гајине млаке, па се отвара нови, узводинаји понор. Део долине између новог и старог понора постаје, сходно издвојеним типовима долина у красу на Кучају (Петровић Д., 1965),

сува слепа долина (ск. 1). Крашки извор у доњем току Гајине млаке остаје без воде тако да престаје даље усецање у овај део долине и она постаје сува. Некадашње ушће Гајине млаке остаје на 745 m н.в. и постаје висеће у односу на новоформирану клисурасту долину Радованске реке.

Периодични ток у Ломчићу који је притицао Гајиној млаки са леве стране опстаје и на месту некадашњег ушћа временом изграђује дубоко флувио-крашко удубљење.

### Увале у палеодолини Гајина млака

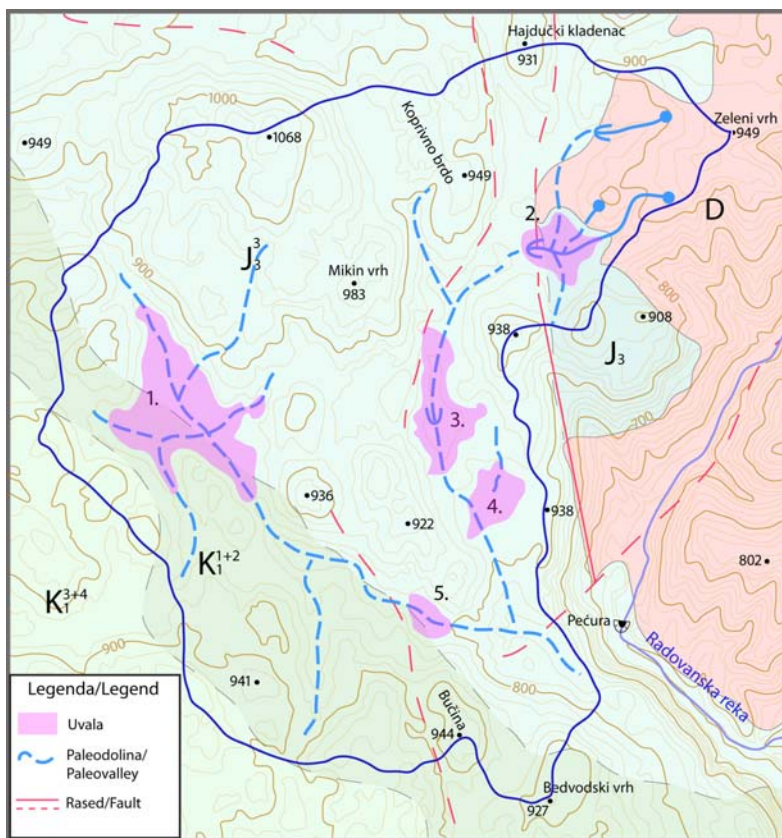
Првобитни изглед долине Гајина млака и долине њене највеће притоке Торовишта знатно је преиначен дејством крашке ерозије. Унутар ових долина изграђена су секундарна удубљења већих и мањих димензија. Мања удубљења су вртаче. Оне су најбројнији површински крашки ерозивни облици у рељефу. Дубоке су у просеку 10-15 m, местимично и до 30 m. Поред појединачних вртача велики број је међусобно сраслих (сложених) вртача у двогубе и трогубе, са ниском пречагом између њих или готово без ње.

Осим вртача у долинама се јављају увале, удубљења знатно веће површине од вртача (карта 1). То су полигенетске увале (Петровић Д., 1970) настале садејством крашког, тектонског и флувијалног процеса.

Површински је највећа увала Торовиште (0,8 km<sup>2</sup>), настала на месту некадашње изворишне челенке истоименог тока (карта 1). Благо је издужена у правцу пружања главне долине, али и у правцу свих долина некадашњих кратких саставница. Њен облик указује на то да, поред структурно-тектонских односа у ували, на њен настанак и изглед утицај има и прекрашка флувијална морфологија. Дно увале је 25 m ниже од некадашњег дна долине (ск. 1) и по њему се налази на десетине појединачних и сложених вртача.

У сувој долини Торовишта налази се још једна увала знатно мањих димензија (0,07 km<sup>2</sup>) на месту некадашње висеће долине између крашког извора и ушћа у Гајину млаку (ск. 1). Расед који пролази западним ободом увале условио је повољне тектонске односе за проширивање и продубљивање овог дела долине (карта 1). Увала је издужена у правцу пружања долине. Дно увале је 25 m ниже од дна суве долине, уравњено је и нагнуто ка истоку.

У долини Гајина млака постоји три увале приближно исте површине (0,2 km<sup>2</sup>). Прва увала је крашким процесом проширена слепа долина алогеног тока Гајине млаке (ск. 1). Увала Гајина млака се пружа како дуж долине главне реке тако и уз делове долина кратких саставница. Због тога је готово кружног облика (карта 1). Ток северне саставнице данас понире на контакту са кречњацима у малој слепој долини, а остатак његове долине има изглед суве висеће долине. Долина јужне саставнице је изграђена у целини у кречњацима па је сува и скрашћена. Дно увале је просечно 30 m ниже од пречаге која је одваја од суве долине и прекривено је акумулативним материјалом. Понор потока Гајине млаке налази се на крајњем западу долине, испод 40 m високог крашког одсека (сл. 1).



Карта 1 – Увале у палеодolini Гајина млака: 1 – Торовишта; 2 – Гајина млака; 3 – Средишња увала; 4 – Ломчић и 5 – Мала увала  
( $J_3^3$  - банковити и масивни кречњаки;  $K_1^{1+2}$  - масивних и банковитих кречњака; D – конгломерати и пешчари)



Слика 1. Увала Гајина млака

Средишња увала је јако издужена у правцу пружања долине (1 km) и настала је на челу суве следе долине (карта 1). Овај део долине гајина млака предиспониран је раседом, па услед тока тектоника игра важну улогу и у изградњи увале. Продубљивањем и проширивањем чела суве следе долине настала је увала чије се дно налази на 773 m н.в., односно, око 50 m ниже од дна првобитне долине. На дну увале постоји неколико вртача и јасно се уочава некадашњи понор.

У низводном делу палеодолине Гајине млаке, на месту ушћа потока Ломчић налази се увала Ломчић изграђена садејством крашке и флувијалне ерозије. Поток Ломчић још увек периодично понире у елувијуму на дну овог удубљења, које је 50 m ниже од некадашњег дна долине (слика 2).



Слика 2. Увала Ломчић

### Дискусија

Истражујући крас Кучаја у периоду од 1889. до 1891. године Ј. Цвијић је примето удубљења у красу већих димензија од вртача и назвао их „утлолеглице“ (Цвијић Ј., 1893). Овај крашки ерозивни облик ће касније дефинисати као „увале“ и сврстаће их у прелазни облик између вртача и крашких поља (Цвијић Ј., 1900; 1960).

Термин *крашка увала* у српској науци дуго остаје под јаким утицајем Цвијићевог мишљења, тако да се она у „Српској крашкој терминологији“ дефинише као „веће затворено удубљење у красу пречника од неколико стотина метара до 1-2 km. Представља прелазни облик између вртаче и крашког поља. За разлику од поља, дно увале није равно. Увале могу настати срастањем вртача, селективном ерозијом водонепропустивих партија у крењачкој маси, скрашћавањем речних долина и тектонским раседањем“ (Гавриловић Д., 1974).

Генетску повезаност између вртача, увала и крашких поља поједини аутори напуштају још средином прошлог века, истичући важност тектонике у генези увала (Рођак Ј., 1951). Током друге половине 20-ог века већина научника се придружује оваквом мишљењу. Услед тога термин „увала“ полако бива запостављен у светској науци. У „Речнику краса и пећина“ (Lowe D. & Waltham T., 1995) увала је дефинисана као „сложена затворена депресија; данас ретко коришћен термин Хрватско, Српско, Бугорског порекла. Термин описује облик који представља други корак у тростепеном процесу образовања крашког поља, у коме се препоставља да вртаче срастају у увале. Овај механизам није више прихваћен и термин увала је престао да се користи“.

Увале су још дефинисане и као „површинске депресије у красу веће од вртача, са неравним дном, које обично нису плављене нити култивисане“ (Gams I., 2004). Многи истраживачи, избегавајући термин увала, користе алтернативне називе за исти облик што доводи до термилошке несагласности. Термин „крашка котана“ (крашко удубљење) се у појединим радовима користи као замена термина увала, што се образлаже тиме да је она „облик у рељефу дефинисан морфолошки али не и генетски“ (Gostinčar P., 2009).

Последњих година извршена су истраживања спроведена у циљу редифинисања значења термина увала (Ђалић Ј., 2009; 2011). Резултати указују на неодољивост генетске везе између вртача, увала и крашких поља услед различитог



порекала и развоја вртача и увала. Док се вртаче образују под дејством јаке вертикалне ерозије у једној тачки (Шуштерчић, 2006), увале настају дуж разбијене зоне, једне од три разломне зоне коју карактерише систем хаотично распоређених раседа који разламају стену на блокове различитих величина (Ћалић, 2011). Такође, развој увала везан је за линеарно и површинско еродовање кречњака, што доводи до настанка различите морфологије од вртача. Увале су „велике (у километарским размерама) затворене депресије у красу неправилног и издуженог површинског облика, настале услед убрзане корозије дуж главних тектонских разбијених зона“ (Ћалић, 2011).

Оваква дефиниција увала, искључиво везана крашка удубљења настала под доминантним утицајем тектонике, оставља без имена остала удубљења у красу која не одговарају у потпуности том начину настанка. Увале настале унутар других ерозионих облика (нпр. долине или циркови) нису издвојене као посебан тип увала, јер их не треба раздвајати по месту настанка (Ћалић, 2009). Међутим, не доводећи у питање важност тектонике у процесу настанку увала, оне се међусобно разликују морфолошки у зависности од ерозивних агенаса који су садејствовали у њиховој изградњи. Морфолошку разноликост увала, као и њихову типологизацију, могуће је пронаћи у радовима већег броја аутора. Увале настале унутар сувих долина или у преобликованим слепим долинама издвојене су у посебан тип флувиокрашких удубљења под називом „долинасте увале“ (Бочић, 2009). У зависности од начина настанка неки аутори издвајају три типа увала: (1) увале настале под утицајем тектонике; (2) увале флувијалног порекла; и (3) увале настале срастањем вртача (Cosean & Petrescu, 1989). У „Енциклопедији пећина“ налазе се такође три типа полигенетских удубљења у красу (која аутор не назива недвосмислено увалама): (1) текто-крашка; (2) флувио-крашка; и (3) глацио-крашка (Сауро, 2012). Последњи тип удубљења у красу, као глацио-крашке увале појављује се и у појединим глациолошким радовима (Ђуровић и др., 2010).

Увале која се појављују у палеодолини Гајине млаке са Торовиштем не одговарају чистим текто-крашким увалама, што се може закључити на основу изнете еволуције рељефа у сливу. Настанак свих ових удубљења инициран је претходном прекрашком флувијалном морфологијом. Саме долине, као и њихов правац прижања, условљене су тектонским (Гајина млада) и структурним (Торовишта) раседом. Дакле, удубљења која су настала унутар долина могу да се дефинишу као флуви-крашке увале. Увале у долини Торовишта настале су преиначавањем суве долине. Увале настале у долини Гајина млада настале су преобликовањем следе долине, уз напомену да је средишња увала настала продубљавањем и проширивањем суве висеће следе долине.

Из претходне дискусије следи да термин увала који се везује искључиво за облике настале под доминантним утицајем тектонике треба проширити и на крашка удубљења настала у садејству тектонике и флувијалног, односно, глацијалног процеса.

### **Закључак**

Услед напуштања цикличног коцепта настанка крупних ерозивних облика у красу термин увала губи на значају и излази из употребе у научним разматрањима краса. Недавни покушаји редефинисања овог термина и везивања настанка увала искључиво за тектонски утицај оставили су изван број удубљења у красу без одговарајућег имена.

Анализом еволуције неких од удубљења у красу Кучаја, која се јављају у долинама Гајине млаке и Торовишта, установљено је да на њихов настанак и изглед



важну улогу има флувио-крашки процес. Ова удубљења се морфолошки разликују од чистих текто-крашких увала па их треба издвојити у засебан, флувио-крашки, тип.

Редефинисањем термина увала јасно је одвојен постанак и развој увала од других крашких ерозионих облика (Ћалић, 2009; 2011). Ако се прихвати проширење коришћења овог термина и на облике који су настали у садејству тектонике и флувијалног и глацијалног процеса, не постоји више препрека да се термин увала не врати у употребу и потисне коришћење различитих алтернативних термина.

## Литература

- Bočić, N. (2009). Geomorfološke značajke prostora Slunjske zaravni. Neobjavljena doktorska teza, *Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet*, Geografski odsjek, 270 p.
- Веселиновић, М., Антонијевић, И., Крстић, Б., Мићић, И., Милошаковић, Р., Ракић, Б. и Банковић, В. (1964). Основна геолошка карта СФРЈ, 1:100.000 – тумач за лист Бољевац, *Савезни геолошки завод*, Београд
- Гавриловић, Д. (1974). Српска крашка терминологија. *Крашка терминологија југословенских народа*, књ. 2, 73.
- Gams, I. (2004). Kras v Sloveniji v prostoru in času. *Založba ZRC*, Ljubljana. 515 p.
- Gostinčar, P. (2009). Geomorfološke značilnosti Kočevskega Roa in Kočevske Male Gore (Geomorphological characteristics of Kočevski Rog and Kočevska Mala Gora). Diploma thesis, University of Ljubljana, Faculty of Philosophy, Department of Geography, 154 p.
- Djurović, P., Petrović, S.A. & Simić, S. (2010). The overall impact of Pleistocene glaciations on morphological diversity of uvalas at Durmitor and Žijovo. *Bulletin of Serbian geographical society*, 90(1), 17-34
- Lowe, D. J., Waltham, T. (1995): A Dictionary of Karst and Caves. Cave Studies Series, Number 6, British Cave Research Association, 40 p.
- Луковић, М.Т. (1938). Постшаријашки покрети у Источној Србији. *Весник Геолошког института*, VI
- Марковић, Ђ. Ј. (1953). Релјеф слива Раванице. *Зборник радова С.А.Н.*, Београд, XXVI бр. 4, 131-173.
- Марковић, Ј. (1954). Релјеф слива Црнице и Грзе. *Зборник радова С.А.Н.*, XXIX, бр. 7, 19-81.
- Паунковић, П. Ђ. (1953). Релјеф слива Ресаве. *Зборник радова С.А.Н.*, CCXI, 5
- Петровић, Д. (1954). Слив Злотске реке. *Зборник радова С.А.Н.*, XXIX, бр. 7, 85-123.
- Петровић, Д. (1963). Брезовица. *Гласник Српског географског друштва*, XLIII, бр.2, 95-109.
- Петровић, Д. (1964). Крашка долина Валка Луце. *Зборник радова Географског завода ПМФ*, XI, 25-33.
- Петровић, Д. (1965). Еволутивни типови крашких долина на Кучају. *Гласник Српског географског друштва*, XLV, бр.2, 115-122.
- Петровић, Д. (1970). Слив Црног Тимока. *Географски институт „Јован Цвијић“*, посебна издања, књ. 22, 1-112.
- Петровић, Д. (1981). Велике пећине источног обода Кучаја. *Осми Југословенски спелеолошки конгрес*, Београд, 39-43.
- Петровић, Д. (1989). Морфогенеза Кучаја. *Зборник радова Географског факултета*, бр. 36, 5-14.
- Петковић, В.К. (1935). Геологија Источне Србије. Посебна издања СКАН, књ. CV, Београд
- Poljak, J. (1951): Je li krška uvala prijelazan oblik između ponikve i krškog polja? *Hrvatski geografski glasnik*, 13, 25-48
- Sauro, U. (2012). Closed depressions. In: Culver, D.C., White, W.B. (Eds): *Encyclopedia of Caves*, Elsevier, 140-155.
- Цвијић, Ј. (1893). Географска испитивања у области Кучаја. *Геолитики анали Балканског полуострва*, V, 5-172.
- Цвијић, Ј. (1895). Карст, географска монографија. Београд, 1-176.
- Цвијић, Ј. (1900). Карсна поља западне Босне и Херцеговине. *Глас Српске краљевске академије*, LIX, 59-182.
- Cvijić, J. (1960): La géographie des terrains calcaires. Académie serbe des sciences et des arts, Monographies tome CCCXXI, Classe de sciences mathématiques et naturelles, No 26, 1-212.
- Coccean, P., Petrescu, M. (1989): Types morphogénétiques d'ouvalas dans le karst des Monts Apuseni. *Travaux de l'Institut de spéologie "Emile Racovitza"*, XVIII, 91-96.
- Čalić, J. (2009). Uvala — contribution to the study of karst depressions (with selected examples from Dinarides and Carpatho-Balkanides). PhD Thesis, University of Nova Gorica, Slovenia, 213 pp.
- Čalić, J. (2011). Karstic uvala revisited: Toward a redefinition of the term. *Geomorphology*, 134, 32–42.
- Šušteršič, F. (2006): A power function model for the basic geometry of solution dolines: considerations from the classical karst of south-central Slovenia. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 293-302.

## THE GENESIS AND EVOLUTION OF UVALAS IN GAJINA MLAKA PALEOVALLEY ON THE KUČAJ MOUNTAINS

ALEKSANDAR S. PETROVIĆ\*, RATOMIR VESELINOVIĆ

*<sup>1</sup>The University in Belgrade – Faculty of Geography, 3/3 Studentski trg Street, 11000 Belgrade*

**Abstract:** The evolution of Gajina mlaka paleovalley from pre-karstic to current phase reveals the complexity of process of transformation of valleys in karst and formation of fluviokarst uvalas. The creation of river network and formation of the valley of Gajina mlaka are related to successive withdrawal of the Pontiac Sea. Predominance of karstic process over fluvial causes the transformation of fluvial morphology into karstic. The degree of transformation depends on relationship of the intensity between these two opposed processes. Karstification covers all parts of Gajina mlaka valley which are built in karst. Riverbeds are almost completely transformed and dolines are formed along them. In the parts of valleys with more significant lithologic differences, more complex tectonic relationships and different pre-karstic fluvial morphology, larger forms of relief are created by karstic process and they are called uvalas. According to the presented method of genesis and evolution of uvalas it can be concluded that they are clearly morphologically and genetically individualized karst landforms, which negates some contemporary opinions that exclude both the term and form uvala as karstic element of relief.

**Key words:** Uvala, valleys in karst, the Kučaj Mountains

### Introduction

Studying uvalas on the Kučaj Mountains began more than 120 years ago and it was connected to the first papers in Serbia in the field of karstology (Cvijić J., 1893). Complex geomorphologic researches in the middle of 20<sup>th</sup> century, which Serbian geographers realized through studying river basins, gave significant insight into morphologic evolution of the Kučaj Mountains and karst forms of relief on it (Paunković Đ., 1953; Marković J., 1953; 1954; Petrović D., 1954; 1970). Some researchers studied particularly the genesis of karst and karst hydrography on this mountain (Petrović D., 1963; 1964; 1965; 1981; 1989).

Uvalas are depressions in karst of different morphology and genesis from dolines and mostly larger size than dolines. Uvalas on the Kučaj Mountains mainly occur in paleovalleys or in the valleys of still active underground rivers. In paleovalleys, after predominance of karst process over fluvial, new karst forms of relief have been created. Therefore, a question arises whether tectonic framework is the predominant factor in genesis and morphology of uvalas (Čalić J. 2011) or there is also the influence of prekarst relief. The object of research of this paper is defining the factors which influence the formation of uvalas inside the valleys in karst. Paleovalley of Gajina mlaka is selected for the research site because all characteristic features of valleys in karst of central part of the Kučaj Mountains are presented there. Also, its evolution from pre-karstic to the current phase reveals the complexity of process of transformation of valleys in karst and formation of fluviokarst uvalas.

In recent years the term uvala as well as the genesis of the form that it denotes have been questioned (Gostinčar P., 2009). The genesis of uvala was primary connected to coalescence of dolines, that is, it was classified into transient form between doline and karst polje (Cvijić J., 1900). This explanation has remained for a long time in regional technical literature (Gavrilović D., 1974). However, the question of justification of genetic connection between doline, uvala and karst polje has often been made (Poljak, J., 1951). After rejecting the theory about mutual connection between these three karst forms of relief, the term uvala has been less often used in world literature (Lowe D.J. & Waltham T., 1995). As alternative, the terms „karst depressions“ and „karst hollows“ have been used, but their meaning is too general and therefore leads to vague understanding to which karst depression it refers. Recent attempts to redefine the

---

\* E-mail: apetrovic@gef.bg.ac.rs

The paper contains the research results of the project No177023 supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia

term uvala define one of its genetic type (Čalić J., 2009) but other types of uvala remain without clear definition and concrete term. Explanation of the genesis and evolution of uvalas in the valleys in karst would help to more clearly define the notion uvala as well as their typology.

### **Location and characteristics of the researched terrain**

The Kučaj Mountains belong to the south part of the Carpathian arc. They are the highest mountains of Carpatho-Balkanides in Serbia with the length of 34 km and the width larger than 30 km. They have a character of a plateau from which smaller peaks raise. The highest peak of all is Velika Tresta with 1284m of altitude, elevating some 300-500m above the plateau.

Kučaj plateau used to have well developed hydrographic network which, due to the later tectonic and karst processes, has reduced to several short periodically active underground water courses. The river system of Gajina Mlaka, which formed current paleovalleys, used to be a part of former hydrographic network. It consisted of two larger watercourses, the Gajina mlaka as the main watercourse, the Torovište as the largest tributary and several smaller tributaries. The valleys of these former courses are extremely changed today by karst erosion. In the upstream part of the Gajina mlaka there is still active underground river of the same name. The term Torovišta (in a broad sense) is used in this paper for the valley in karst which was formed by right tributary of the Gajina mlaka. In a narrow sense toponym Torovište is a popular name for uvala formed in the upper part of the former watercourse Torovište.

### **Evolution of Gajina mlaka paleovalley**

The watercourses of Gajina mlaka and Torovište, which formed the valleys in karst with the same names, belonged to the same river system in the fluvial phase. Considering the fact that these courses were approximately the same length (around 6 km,) as well as the fact that a part of Gajina mlaka valley still has hydrologic function, it can be assumed that the watercourse of Torovišta was a tributary of Gajina mlaka watercourse. The valleys which were initially formed by erosive process of these watercourses went through three phases of evolution. In the following part of this paper these phases will be represented in chronological order.

#### ***Pre-karst fluvial phase***

The river network in the central part of Kučaj developed along once unique area of Kučaj plateau that expanded over 40km of length (Petrović D., 1989). The river course of the Radovanska River with its tributaries cut into the south part of Kučaj plateau. Lower erosive base of the whole plateau presented “a level of one marine-lake state in the middle part of the Crni Timok basin (Sumrakovačko-šarbanovački basin)” (Petrović D., 1989). At the time of the existence of this erosive base the level of karst aquifer was very high which enabled the formation of pre-karst normal river courses along Kučaj plateau.

The watercourse of Gajina mlaka with Torovište represented the right tributary of the Radovanska River. Together with the watercourses which flew through Garina padina, Turina padina and Bele vode, the watercourse of Gajina mlaka created denudation –fluvial plateau Bele vode at 860-970 m of altitude (Petrović D., 1970). This plateau spreads over the area of about 130 km<sup>2</sup>.

Several short courses descended from south-western slopes of Zeleni vrh (956 m of altitude.), made of conglomerates and sands of Devonian age (Veselinović M. Et al, 1964), and made the source of the Gajina mlaka watercourse. The direction of the extreme north and the extreme south watercourse is conditioned by a fault (map 1). Just before they connected, these two spring courses entered Jurassic bank and massive limestone (Veselinović M. Et al., 1964). From the place of their connection to the mouth of the Torovište, the Gajina mlaka received one right and one left tributary. The right tributary descended from eastern slopes of Koprivno brdo (1068 m of altitude ) and its valley as well as the middle part of Gajina mlaka valley are

predisposed by a fault of meridian direction ( map 1). The left tributary represented a short water course in Lomčić which descended down the south slope of Prosipani kamen (938 m of altitude).

Torovište valley is cut at the contact between bank and massive limestone of Jurassic age ( $J_3^3$ ) and massive and bank limestone of Cretaceous age ( $K_1^{1+2}$ ) (Veselinović M. et al, 1964). The source of the Tovarište watercourse was made by several short, radial watercourses (map1). The Bučina watercourse flew into the previous course from the right side until it emptied in to the Gajina mlaka.

The Gajina mlaka emptied into the Radovanska River at about 820m of altitude in this phase of evolution of valley.

### *Fluvio-karst phase*

The current appearance of Kučaj plateau and the plateau of Bela voda as its composing part indicates tectonic processes of epirogenic uplifting and folding. These tectonic processes were performed along “zlotski” fault up to “lukovski” fault (Petković K., 1935). Epeirogenic folding was most probably done in the middle of Sarmat period (Luković M., 1938).

The beginning of uplifting and folding of Bele vode plateau enabled deeper undercutting of the Radovanska River , and therefore descending of karst aquifer and increasing of karst process. Then, proceeds fluvio-karst evolution phase, and further formation of valleys is the result of the battle between fluvial and karst processes.

The progression of karst erosion and widening of fissures in limestone enabled larger and deeper sinking of water from the watercourses of Gajina mlaka and Torovište. In the middle part of their valleys constant ponors (swallow holes) occur at around 800m of altitude (draft 1). The water that sinks flows underground for a short time and appears again in the downstream parts of the valley. The place where the underground watercourse comes out in the valley of Trgovište is predisposed by a fault of approximately meridian direction (map1). Ballancing the fall of river courses is done according to the height of floor of the Radovanska River which was at that time 750 m of altitude. As a result of this, until the place of ponor (swallow hole), valleys have been transformed into blind valleys. Downstream from ponor (swallow hole) remain short hanging valleys. The extreme downstream parts of the previous watercourses, after the karst springs, continue to cut regular valleys.

Considering the fact that the watercourse of Gajina mlaka is an allogenic water course, the blind valley that it makes is morphologically more expressed than the blind valley of Torovište which is formed by a river course of low discharge and with water disappearing into large number of fissures on the bottom of valley. Short river courses, formed after coming out of the underground waters of Gajina mlaka and Torovište, empty into the Radovanska River at 750 m of altitude in this phase of evolution.

### *Karstic phase*

Further undercutting of the Radovanska River enables fast sinking of water so there is no surface watercourse flowing along Tovarište valley. Therefore, in time it changes its form into dry karst valley (figure 1). The part of the valley from karst spring until it empties into the Gajina mlaka loses hydrographic function and it becomes dry hanging doline. At the same time, that is the moment when karst erosion takes predominance over fluvial which completely stops.

After the epirogenic uplifting and folding of Kučaj plateau, there is a phase without tectonic movement when the Radovanska River cuts its floor at 540-470 m of altitude (Petrović D., 1970). The formation of this fluvial floor is simultaneously the beginning of the third phase of evolution at Bele vode plateau, the karst phase.

**Draft 1. Longitudinal profile of valleys in karst Torovište (up) and Gajina mlaka (down) in all thre (I, II, III) phases of evolution**

### **Uvalas: (a) Gajina mlaka; (b) central uvala; (c) Lomčić; (d) Torovište and (e) Mala uvala**

Karst process has taken over a dominant role at the main part of Bele vode plateau, apart from north-eastern part at the spring of the Gajina mlaka. Undercutting of the Radovanska River and further descending of karst aquifer enabled earlier sinking of water of the Gajina mlaka. So new, more upstream ponor (swallow hole) has opened. The part of valley between new and old ponor (swallow hole) becomes, as the singled out types of valley in karst on Kučaj (Petrović D., 1965), a dry blind doline (draft 1). The karst spring in the down watercourse of the Gajina mlaka remains without water so further cutting into this part of the valley finishes and it becomes dry. Former mouth of the Gajina mlaka remains at 745m of altitude and it becomes hanging in comparison to the newly formed gorge-like valley of the Radovanska River.

Periodic course in Lomčić which flew into the Gajina mlaka from the left side has remained and at the place of former mouth has formed, in time, a deep fluvio-karst depression.

#### **Uvalas in paleovalley of Gajina mlaka**

The primary appearance of Gajina mlaka valley and the valley of its largest tributary Torovište have considerably changed under the activity of karst erosion. The secondary depressions of larger and smaller size are formed inside these valleys. Smaller depressions are dolines. They are the most numerous surface karst erosive landforms in relief. They are 10-15m deep, sometimes up to 30m. Apart from single dolines, there are a lot of coalesced (complex) dolines in double-dolines and triple-dolines with low wall between them or almost without it.

Apart from dolines, uvalas also occur in valleys- depressions of considerably larger surface than dolines (map 1). These are polygenetic uvalas (Petrović D., 1970) formed by coactivity of karst, tectonic and fluvial processes.

The largest uvala according to its area is Torovište (0, 8 km<sup>2</sup>), formed at the place of former source of the Torovište watercourse (map1). It is slightly elongated in the direction of the main valley, but also in the direction of all valleys of former short tributaries. Its shape indicates that, beside structural-tectonic relationships in uvala, pre-karst fluvial morphology also has the influence on its genesis and appearance. The bottom of uvala is 25 m lower than the former bottom of valley (draft 1) and there are tens of single and complex dolines.

In dry valley of Torovište there is one more uvala of considerably smaller size (0, 07 km<sup>2</sup>) at the place of former hanging valley, between karst spring and mouth into the Gajina mlaka (draft 1). The fault which goes along west rim of uvala has conditioned favourable tectonic relationships for widening and deepening of this part of valley (map1). The uvala is elongated in the direction of the valley. The bottom of uvala is 25 m lower than the bottom of dry valley; it is smooth and slanted towards east.

#### **Map 1. Uvalas in paleovalley of Gajina mlaka: 1 – Torovišta; 2 – Gajina mlaka; 3 – Central uvala; 4 – Lomčić and 5 – Mala uvala (J<sub>3</sub><sup>3</sup> - bank and massive limestone; K<sub>1</sub><sup>1+2</sup> - massive and bank limestone; D – conglomerate and sandstone)**

There are three uvalas of approximately same size (0,2 km<sup>2</sup>) in Gajina mlaka valley. The first uvala is by karst process extended blind valley of allogenic watercourse of the Gajina mlaka (draft 1). Gajina mlaka uvala stretches along the valley of the main river and along the parts of valleys of short tributaries. For that reason it has almost circular shape (map 1). The watercourse of north tributary today sinks at the contact with limestone in small blind valley, and the rest of its valley looks like dry hanging valley. The valley of south tributary is completely built in limestone so it is dry and karstic. The bottom of uvala is approximately 30 m lower than the wall which divides it from dry valley and it is covered with accumulative material. Ponor (the swallow hole) of the stream Gajina mlaka is located on the west of the valley, under 40m high karst escarpment (figure 1).

### Figure 1. Uvala of Gajina mlaka

The central uvala is extremely elongated in the direction of the valley (1km) and it was formed at the head of dry blind valley (map 1). This part of the valley of Gajina mlaka is predisposed by fault, so tectonics has important role in the formation of uvala as well. Deepening and widening of the head of dry blind valley formed an uvala with the bottom at 773m of altitude or, about 50 m lower than the bottom of the former valley. There are several dolines at the bottom of uvala and former ponor (swallow hole) is clearly visible.

In the downstream part of Gajina mlaka paleovalley, at the place of mouth of the Lomčić stream, there is an uvala Lomčić formed by coactivity of karst and fluvial erosion. The Lomčić stream still goes periodically underground in alluvium at the bottom of this depression which is 50 m lower than former valley bottom (figure 2).

### Figure 2. Lomčić uvala

#### Discussion

Studying karst of Kučaj mountain in the period 1889-1891, J. Cvijić noticed some depressions in karst of larger size than dolines and called them “utloeglice” ( Cvijić J., 1893). This karst erosive form would be later defined as “ uvalas” and classifies as a transient form between dolines and karst poljes( Cvijić J., 1900;1960).

The term **karst uvala** in Serbian science has remained for a long time under the strong influence of the opinion of Cvijić, so it is defined in “Serbian karst terminology” as “larger closed depression in karst of several hundred meters up to 1-2 km in diameter. It represents transient form between uvala and karst polje. Contrary to polje, the floor of uvala is not smooth. Uvalas can be formed by coalescence of dolines, selective erosion of impermeable sections in limestone mass, karstification of river valleys and tectonic faulting”. ( Gavrilović D., 1974).

Some authors rejected the genetic connection between dolines, uvalas and karst poljes even in the middle of the previous century, emphasizing the importance of tectonic processes in the genesis of uvalas (Poljak J., 1951). During the second half of the 20<sup>th</sup> century the majority of scientists accepted this opinion. Therefore, the term “uvala” has gradually become neglected in world science. In “A Dictionary of Karst and Caves” (Lowe D. & Waltham T., 1995) uvala is defined as “complex closed depression; today rarely used term of Croatian, Serbian, Bulgarian origin. The term describes a form which represents the second step in three-step- process of formation of karst polje, in which it is assumed that dolines coalesce into uvalas. This mechanism is no longer accepted and the term uvala is not used anymore.”

Uvalas are also defined as “surface depressions in karst, larger than dolines with uneven floor which are not usually flooded nor cultivated (Gams I., 2004). Lot of researchers, avoiding the term uvala, use alternative names for the same form, which results in terminological disagreement. The term “karst depression” is used in some papers as a replacement for the term uvala, which is explained by the fact that it is “a form in relief defined morphologically but not genetically” (Gostinčar P., 2009).

In recent years some studies have been carried out with the aim of redefining the meaning of the term uvala (Čalić J., 2009; 2011). The results indicate that genetic connection between dolines, uvalas and karst poljes cannot be accepted because of different origin and development of dolines and uvalas. While dolines are formed by the action of strong vertical erosion in one point (Šušterčić, 2006), uvalas are formed along broken zone, one of three types of fractured zones characterized by a system of chaotically organized faults which break a rock on blocks of different sizes (Čalić, 2011). Also, the development of uvalas is connected to linear and surface eroding of limestone which causes different morphology than the one of dolines. Uvalas are “large (in kilometer sizes) closed depressions in karst of irregular and elongated surface form, created by accelerated corrosion along the main tectonic broken zones” ( Čalić, 2011).

This definition of uvalas, exclusively connected to karst depressions formed by dominant influence of tectonics, leaves other karst depressions which do not completely correspond to this type of formation without name. Uvalas created inside other erosive forms

(e.g. valleys and cirques) are not singled out as special type of uvalas because they should not be divided according to the place of formation (Čalić, 2009). However, without questioning the role of tectonics in the process of formation of uvalas, they morphologically differ among themselves depending on erosive agents that cooperated in their formation. Morphological diversity among uvalas as well as their typologization is possible to find in the papers of numerous authors. The uvalas created inside dry valleys or in transformed blind valleys are singled out into special type of fluviokarst depressions under the name "valley –like dolines" (Bočić, 2009). Depending on the genesis, some authors single out three types of uvalas: (1) uvalas formed under the influence of tectonics; (2) uvalas of fluvial origin; and (3) uvalas formed by coalescing of dolines (Coccean & Petrescu, 1989). In the "Encyclopedia of Caves" there are also three types of polygenic depressions in karst (which the author does not explicitly name uvalas) : (1) tectonic-karst; (2) fluviokarst; and (3) glaciokarst (Sauro, 2012). The last type of karst depressions such as glaciokarst uvalas also appear in some papers on glaciology (Đurović et al., 2010).

Uvalas that occur in Gajina mlaka paleovalley with Torovište are not clear tectonic-karst uvalas, which can be concluded on the basis of the given relief evolution in the basin. The formation of all of these depressions was initiated with the previous pre-karst fluvial morphology. The valleys themselves, as well as their direction are conditioned with tectonic (Gajina mlaka) and structural (Torovište) fault. Hence, the depressions that were created inside the valleys can be defined as fluvial-karst uvalas. Uvalas in the valley of Torovište were formed by transformation of dry valley. Uvalas in the valley of Gajina mlaka were formed by transformation of dry valley, except for the uvala in the central part which was formed by deepening and widening of dry, blind hanging valley.

From the aforementioned discussion it can be concluded that the term uvala, which is only connected to the forms created under the dominant influence of tectonics, should also be used for karst depressions formed in coactivity of tectonics and fluvial, that is, glacial process.

### **Conclusion**

Rejecting the cyclic concept of formation of large erosive landforms in karst, the term uvala has lost its significance and is no longer used in scientific discussions on karst. Recent attempts of redefining this term and connecting the genesis of uvalas exclusively to tectonic influence have left a number of karst depressions without appropriate name.

Analyzing the evolution of some of the depressions in karst on Kučaj, that occur in the valleys of Gajina mlaka and Torovište, it has been determined that fluvio-karst process has important role in their genesis and appearance. These depressions morphologically differ from clear tectonic-karst uvalas so they should be singled out in separate, fluvio-karst type.

Redefining the term uvala, the genesis and development of uvalas have been clearly separated from other karst erosive forms (Čalić, 2009; 2011). If expanding the use of this term to the forms created in coactivity of tectonics, fluvial and glacial processes is accepted, there will be no obstacles to return the term uvala in use and abandon the use of different alternative terms.

### **Reference**

See References on page 98