



СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

УТИЦАЈ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

УТИЦАЈ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА
НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

S C I E N T I F I C M E E T I N G S

Book CLXXXVII

DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL STUDIES

Book 17

ENVIRONMENTAL IMPACT OF SMALL HYDROPOWER PLANTS

Accepted at the 6th meeting of the Department of Chemical and Biological Sciences
on September 20, 2019

E d i t o r
Academician

MARKO ANDJELKOVIĆ

BELGRADE 2020

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

НАУЧНИ СКУПОВИ

Књига CLXXXVII

ОДЕЉЕЊЕ ХЕМИЈСКИХ И БИОЛОШКИХ НАУКА

Књига 17

УТИЦАЈ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Примљено на VI скупу Одељења хемијских и биолошких наука, одржаном
20. септембра 2019. године

У р е д н и к

академик

МАРКО АНЂЕЛКОВИЋ

БЕОГРАД 2020

Издаје
Српска академија наука и уметности
Кнеза Михаила 35, Београд

Технички уредник
Никола Стевановић

Лектор и коректор
Весна Шубић

Превод резимеа
Аутори

Тираж: 400 примерака

Штампа
Colorgrafx, Београд

© Српска академија наука и уметности 2020

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР

Академик Марко Анђелковић, председник

Проф. др Александар Јововић

Проф. др Зоран Никић

Др Павле Павловић, научни саветник

Јасмина Јовић, помоћник министра за заштиту природе и климатске промене

Вера Батина, секретар

САДРЖАЈ

Предговор	9
МАРКО АНЂЕЛКОВИЋ Утицај малих хидроелектрана на животну средину	11
Излагање министра заштите животне средине др Горана Тривана	15
ВЕЉКО ДИМИТРИЈЕВИЋ Утицај малих хидроелектрана на режим и водни услови за њихово пројектовање и изградњу	21
VELJKO DIMITRIJEVIĆ The impact of mini hydropower plants on water system, design and construction requirements.....	40
ВЛАДАН КАРАМАРКОВИЋ, РАДЕ КАРАМАРКОВИЋ, МИЛОШ НИКОЛИЋ, НЕНАД СТОЈИЋ Утицај малих хидроелектрана на одрживи развој Републике Србије	43
VŁADAN KARAMARKOVIĆ, RADE KARAMARKOVIĆ, MIŁOŠ NIKOLIĆ, NENAD STOJIC The impact of small hydropower plants on the sustainable development of the Republic of Serbia.....	66
БРАНИСЛАВ В. ЂОРЂЕВИЋ Енергетско, еколошко и развојно вредновање малих хидроелектрана	67
BRANISLAV V. ĐORĐEVIĆ Assessing the energy related, environmental and economic impacts of small-scale hydroelectric power plants	90
ИВАН БОЖИЋ, АЛЕКСАНДАР ПЕТКОВИЋ Утицај појединих техничких решења на остваривање енергетских и еколошких циљева малих хидроелектрана.....	93
IVAN BOŽIĆ, ALEKSANDAR PETKOVIĆ The impact of particular technical solutions on energy related and ecology issues of small hydropower plants	106

РАТКО РИСТИЋ, ИВАН МАЛУШЕВИЋ, СЕНИША ПОЛОВИНА, ВУКАШИН МИЛЧАНОВИЋ, БОРИС РАДИЋ	
Мале хидроелектране деривационог типа: безначајна енергетска корист и немерљива еколошка штета	107
RATKO RISTIĆ, IVAN MALUŠEVIĆ, SINIŠA POLOVINA, VUKAŠIN MILČANOVIĆ, BORIS RADIĆ	
Small derivate hydropower plants: a negligible contribution to power generation and an imparable adverse environmental impact	132
СВЕТЛАНА СТЕВОВИЋ	
Концепт изградње МХЕ у светлу конфликтних интереса и синергијских решења	135
SVETLANA STEVOVIĆ	
SHPP construction concept in terms of conflict of interest and synergic solutions	167
ПРЕДРАГ СИМОНОВИЋ	
Утицај деривационих малих хидроелектрана на заједнице риба и других акватичних организама екосистема планинских река Републике Србије	169
PREDRAG SIMONOVIĆ	
The impact of small derivative hydropower plants on fish species and other aquatic organisms in the mountain river ecosystems of the Republic of Serbia.....	189
ЈЕЛКА ЦРНОБРЊА-ИСАИЛОВИЋ	
Утицај малих хидроелектрана деривационог типа на локалне популације водоземаца и гмизаваца	191
JELKA CRNOBRNJA-ISAILOVIĆ	
The impact of diversion small hydropower plants on local amphibian and reptile populations.....	207
Дискусија.....	209
Закључци Организационог одбора симпозијума.....	223
Неслагање са појединим закључцима Организационог одбора симпозијума „Утицај малих хидроелектрана на животну средину“	226

ПРЕДГОВОР

У завидно дугој традицији постојања и рада Српске академије наука и уметности увек је присутно настојање на активном праћењу и учешћу у актуелним догађањима и проналажењу решења проблема општег цивилизацијског и/или националног значаја. У том смислу је, ценећи иначе врло широку глобалну проблематику природне и животне средине изузетно битном и за наше друштво са политичког, економског и етичког аспекта, а посебно у том оквиру и са аспекта будућности нових генерација, Председништво САНУ основало 1972. године Међудодељењски одбор „Човек и животна средина“, који сада егзистира и ради као Академијски одбор „Човек и животна средина“. Рад Одбора одвијао се и одвија ради праћења актуелне проблематике у области заштите и унапређења животне средине у Републици Србији, у контексту глобалне проблематике тог аспекта, и уз активно учешће у указивању на актуелне проблеме и проналажење одговарајућих прихватљивих и рационалних решења. Сходно томе, чланови Одбора су на неколико састанака Одбора указивали на све присутнију активност у области изградње малих хидроелектрана (МХЕ) и све учесталије реакције *pro et contra*, како у круговима стручњака тако и у широј друштвеној јавности. На основу тих сазнања, Одбор је на својој седници, одржаној 17. децембра 2018. године, донео одлуку да организује симпозијум „Утицај малих хидроелектрана на животну средину“, који је одржан 6. јуна 2019. године у Свечаној сали САНУ.

Основни циљ скупа било је научно и стручно презентовање објективних чињеница, првенствено из одговарајућих техничких и биолошких области и дисциплина које се односе на изградњу и експлоатацију МХЕ, као и њихов краткорочни и дугорочни утицај на животну средину у ужем и ширем окружењу. У том смислу је, у складу са принципом „предавања по позиву“, пружена прилика једном броју стручњака проверене компетентности из одговарајућих дисциплина из оквира проблематике скупа да саопште своја респектабилна знања и искуства, као и да предложи могуће правце решења актуелних проблема. Скуп је био отворен за јавност, с циљем подизања нивоа обавештености о наведеној проблематици, као и омогућавања изношења индивидуалних мишљења кроз дискусију која је одржана након излагања реферата. Ова монографија садржи текстове осам ауторских радова који су, у нешто сажетијем облику, били изложени током одржавања симпозијума, а који су рецензирани од стране експерата за одговарајуће области, као и говоре др Горана Тривана, министра за заштиту животне средине у Влади Републике Србије и академика Марка Анђелковића, председника Академијског одбора „Човек и животна средина“, који су одржани у оквиру отварања Симпозијума.

У панел-дискусији одржаној након излагања реферата учествовало је једанаест дискутаната. Шест дискутаната се одазвало позиву и у предвиђеном року доставило своје дискусије у писаном облику, према утврђеним пропозицијама, тако да су и оне увршћене у ову монографију. На основу изложених реферата, Организациони одбор симпозијума „Утицај малих хидроелектрана на животну средину“ формулисао је закључке скупа који су публиковани у оквиру ове монографије.

Четири аутора која су одржала три реферата у оквиру наведеног симпозијума, из својих личних разлога, делимично су се оградиле од опште формулисаних закључака, што је такође дато у оквиру ове публикације.

У Београду, 20. новембра 2019. године

Академик Марко Анђелковић

УТИЦАЈ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА ДЕРИВАЦИОНОГ ТИПА НА ЛОКАЛНЕ ПОПУЛАЦИЈЕ ВОДОЗЕМАЦА И ГМИЗАВАЦА

ЈЕЛКА ЦРНОБРЊА-ИСАИЛОВИЋ*

С а ж е т а к. – Мале хидроелектране деривационог типа, због специфичног функционисања (преусмеравање воденог тока односно његово измештање из корита у цеви дуж одређеног дела тока) врше негативан утицај на локалне биљне и животињске заједнице, а тиме и на екосистеме које те заједнице формирају. Измештање воде из речног корита у цеви, чак и дуж само неколико километара њеног тока, мења карактеристике станишта тако да негативно утиче не само на локалне популације врста које цео свој животни циклус проводе у воденој средини, већ и на оне сувоземне организме којима су ова водена станишта неопходна за одржавање репродуктивног успеха. У такве организме спадају и две групе сувоземних кичмењака – водоземци и гмизавци, који због своје позиције у локалним ланцима исхране представљају фактор стабилности екосистема чији су чланови. Уништавање станишта неопходних за развиће њиховог потомства, затим станишта која садрже хранидбене ресурсе и/или прибежишта неминовно доводи до смањења величине локалних популација водоземаца и гмизаваца: оне постају осетљивије на негативне ефекте осцилација срединских фактора и тако подложније изумирању. Скоро све врсте водоземаца које насељавају Србију (86%) строго су заштићене, а преосталих 14% (три врсте) је категорисано као заштићено (Правилник о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива – Службени гласник Републике Србије 5/2010). Такође, 75% врста гмизаваца које насељавају Србију строго су заштићене истим актом, а 8% спадају у заштићене врсте. Правилником је забрањено коришћење, уништавање и предузимање свих активности којима се могу угрозити дивље врсте и њихова станишта, што представља снажан аргумент за заустављање даље изградње и уклањање већ постављених малих хидроелектрана деривационог типа из брдско-планинских подручја Србије.

Кључне речи: мале хидроелектране деривационог типа, негативан утицај, опстанак локалних популација, водоземци, гмизавци

* Природно-математички факултет Универзитета у Нишу, имејл: jelka@pmf.ni.ac.rs
Институт за биолошка истраживања „Др Синиша Станковић“ Универзитета у Београду,
имејл: jelka@ibiss.bg.ac.rs

УВОД

Развојем екологије животиња као биолошке дисциплине и, сходно томе, усвајањем сазнања о повезаности врста у истом станишту путем хранидбених односа (такозвани „ланци исхране“ или „хранидбене мреже“), те појавом конзервационе биологије која је усмерила еколошка истраживања и на традиционално „мање битне“ групе организама због препознавања значаја њихове улоге у функционисању животних заједница, постало је јасно да је праћење динамике локалних популација водоземаца и гмизаваца такође битно у процесу очувања екосистема. Гледано са аспекта хранидбених односа у екосистему, обе ове кичмењачке групе уопштено припадају потрошачима и то у великом броју месоједима (предаторима), а одређени развојни ступњеви једног броја врста водоземаца и гмизаваца спадају у факултативне или облигатне биљоједе [1]. Становиште да је много врста водоземаца и гмизаваца, будући релативно мале величине тела, углавном позиционирано у средини ланца исхране промењено је после детаљнијег увида у комплексност хранидбених односа у екосистемима ([2]), те је сада познато да водоземци и гмизавци могу имати значајну улогу и на вишим ступњевима локалних хранидбених мрежа [3]. Комплексност хранидбених односа унутар екосистема најлакше се може уочити када дође до нестанка неке од присутних врста – чланова ланца исхране, јер промене у једном делу хранидбене мреже доводе до ланчаних („каскадних“) трофичких промена које даље утичу на све чланове екосистема [2].

Водоземци су претежно предатори малих бескичмењака и кичмењака, а истовремено плен већих месоједа; њихови ларвени стадијуми одликују се сложеном просторно-временском хранидбеном динамиком која има комплексан утицај на ланце исхране у воденим екосистемима које настајују ([4]). На основу анализа исхране одраслих јединки може се закључити да су многе врсте водоземаца месоједи опортунисти пре него специјалисти. Тако је анализом разноврсности плена одраслих јединки обичне крастаче (*Bufo bufo*) у Србији [5] утврђено да ова врста није мирмекофагни специјалиста (врста која се искључиво или претежно храни мравима) као што је раније сматрано [6], већ да релативно велики број врста бескичмењака (углавном зглавкара) представља њен плен те да је, као таква, битна за одржавање fine регулације равнотеже у матичном екосистему.

Гмизавци, зависно од величине, заузимају разноврсне позиције у хранидбеним мрежама: крокодили, алигатори, анаконде су пример предатора на врху ланца исхране у одређеним воденим екосистемима [7]. Гмизавци, у улози сувоземних потрошача, чести су директни или индиректни (кроз исхрану сувоземним инсектима који се хране воденим инсектима или водоземцима који се хране сувоземним инсектима чији су плен водени инсекти)

предатори врста које су чланови слатководних екосистема; забележено је да преко 90% биомасе слатководних врста бива „преузето“ од стране сувоzemних предатора и да свака промена у популационој динамици њиховог плена утиче на бројност, територијалност и, на крају, репродуктивни успех предаторских врста [8].

УГРОЖЕНОСТ ВОДОЗЕМАЦА И ГМИЗАВАЦА ДАНАС И УЗРОЦИ

Међународна унија за заштиту природе (енг. International Union for Nature Conservation – IUCN даље у тексту) проценила је да је 41% врста водоземаца под утицајем неког од фактора ризика који доводе до брзог изумирања [9]. Новије научне студије [10] упозоравају да чак и оне врсте водоземаца које се одликују великим географским распрострањењем и као такве су претежно означене као неугрожене („Least Concern“ или, скраћено, LC) трпе антропогени притисак у многим деловима свог ареала због фрагментације и уништавања природних станишта, повећаног интензитета саобраћаја, намерног убијања или сакупљања у сврху продаје, затим загађења и климатских промена. Додатну опасност представља појава и убрзано ширење патогених микроорганизама који десеткују и популације водоземаца у Европи [11][12], што представља још једну негативну последицу повећаног антропогеног притиска на природу и њене ресурсе.

Велика осетљивост водоземаца, као ектотермних организама, на промене у њиховом окружењу проистиче из немања ефикасних структура и функција које поседују ендотермни кичмењаци, а које би им омогућиле опстанак у условима знатног варирања срединских фактора. Много врста водоземаца има бифазни животни циклус (животни циклус реализују у две средине – воденој и сувоzemној) – те је једна од специфичних одлика њихове репродуктивне биологије неопходност постојања водене (слатководне) средине у коју полажу оплођена јаја или ларве и где се одвија даљи ембрионални развој [1]. Треба напоменути да су се, током еволуционе историје водоземаца, код појединих врста развиле адаптације које делимично премашавају проблем одсуства водених станишта одговарајућег квалитета и омогућавају им да опстају у веома неповољним (сушним) срединским условима [13]. Међутим, већина врста које насељавају европски подконтинент не поседује овакве адаптације [14]. Стога је од значаја опаска Арауха и сарадника [15], у студији која је моделирала будуће распрострањење европских водоземаца и гмизаваца на основу познатих података и пројекције варирања климатских параметара, да је за опстанак водоземаца битан утицај водног режима „јер је смањена доступност воде један од одлучујућих фактора изумирања њихових популација у областима које су већ под хидролошким стресом“.

Гмизавци су еволуирали ка независности од водене средине, али су, свеједно, фактори ризика од изумирања слични као код водоземаца [16]. Гмизавци су такође жртве галопирајућих антропогених измена биосфере, мада у нешто мањем обиму у односу на водоземце. Сматра се да је око 34% врста гмизаваца чији је конзервациони статус одређен угрожено [9]. Потврда да је одговарајућа количина влаге у станишту неопходан параметар опстанка локалних популација гмизаваца у Европи показана је у [15], где је моделовањем утврђено да се пад бројности ових врста очекује у областима које ће задесити знатни пораст температуре ваздуха уз истовремено изразито смањење падавина на годишњем нивоу.

Негативни ефекти антропогених промена животне средине сумирани су у четири главна узрочника савременог изумирања врста. Прва три (деградација, фрагментација и уништавање станишта, прекомерно изловљавање/бесповратно одношење јединки из природних популација и уношење алохтоних врста у екосистеме) доводе до смањења величине локалних популација и, коначно, до изумирања аутохтоних врста. Тиме бива покренут четврти негативни антропогени фактор: ланчано изумирање врста услед поремећаја у ланцима исхране екосистема [17]. Не могу се изоставити ни негативни ефекти савремених климатских промена и изумирање предатора на врху ланаца исхране [7], што додатно угрожава биолошку разноврсност на свим нивоима. Осим тога, у многим деловима света људи имају неосновано негативан став према водоземцима и гмизавцима који се испољава кроз прогањање ових врста, намерно убијање јединки и уништавање њихових станишта [18][19] што представља додатни негативни утицај на њихове популације. Из свега наведеног јасно је да свака додатна човекова активност која смањује стопу раста популација водоземаца и гмизаваца повећава вероватноћу глобалног изумирања тих врста што ће имати значајне последице по стање свеукупног биодиверзитета.

ВОДОЗЕМЦИ И ГМИЗАВЦИ СРБИЈЕ: ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И КОНЗЕРВАЦИОНИ СТАТУС

Србију насељава 21 аутохтона врста водоземаца [20] и 24 врсте гмизаваца [21](табела 1). Врсте водоземаца на територији наше земље не поседују специфичне прилагођености на сушне услове, осим црног даждевњака (*Salamandra atra*) чије ембрионално развиће је директно: женке рађају младунце који дишу плућима и одмах по рођењу су способни за живот у сувоземној средини. Међутим, црни даждевњак насељава одређене високопланинске екосистеме веома малог дела Србије [20]. Свим осталим врстама водоземаца наше земље неопходна су слатководна станишта за па-

ређе, полагање јаја или ларви и успешно развиће потомства до стадијума метаморфозе после које су способни да живе у сувоземним стаништима али уз постојање одговарајућег градијента влаге у ваздуху. Водена станишта за одржавање вијабилних популација водоземаца у Србији претежно су обухватала стајаћице као што су баре, локве, стара корита река, мочваре и језера и мора се истаћи да неке од ових врста могу опстати једино у присуству стајаћица које нису порибљене [22]. Једна врста жабе се скоро искључиво размножава у планинским текућицама – грчка жаба (*Rana graeca*) (слика 1) и она је ендемит Балканског полуострва. Шарени даждевњак (*Salamandra salamandra*) (слика 2) полаже ларве у мирније делове планинских река и потока, а понегде и у стајаћице. Слично томе, обична крастача (*Bufo bufo*) (слика 3) полаже јаја у обалном делу стајаћица, али такође и у приобалним деловима брдско-планинских водотокова. Остале врсте водоземаца које насељавају Србију (шест врста мрмољака и десет врста жаба) до сада су претежно користиле стајаћице за размножавање [14].

Од 24 аутохтоне врсте гмизаваца које насељавају подручје Србије, примарно везане за водену средину су барска корњача (*Emys orbicularis*) и рибарица (*Natrix tessellata*) (слика 4), а у нешто мањој мери и белоушка (*Natrix natrix*). Барска корњача је адаптирана на живот у стајаћицама, док рибарица насељава стајаћице и текућице и претежно се храни рибама [22]. Белоушка се често може видети у слатководним екосистемима, с тиме што је њен спектар исхране разноврснији и обухвата у већем обиму и мале сувоземне кичмењаке. Одређене врсте гмизаваца специфично насељавају влажна станишта (живородни гуштер – *Zootoca vivipara*, шарка – *Vipera berus*), а неке друге врсте често налазимо у близини брдско-планинских водотокова (на пример: шумски гуштер – *Darevskia praticola*, белоушка – *Natrix natrix*). Новије студије су потврдиле да значај градијента влаге у станишту није занемарљив за опстанак гмизаваца, супротно ранијим ставовима да је њихово распрострањење одређено само опсегом повољних температура: влага је још један средински фактор који, у комбинацији са температуром, обезбеђује повољне услове за живот ових врста [23].

Већина врста водоземаца и гмизаваца које насељавају Србију не спадају ни у једну од категорија глобално угрожених врста, али то није тако када се разматра њихов конзервациони статус на националном нивоу (табела 1), при чему треба имати у виду да су многи национални параметри биологије и екологије ових врста практично непознати због недостатка континуираних еколошких истраживања у Србији. Постојећи национални конзервациони статус врста процењен је на основу расположивих података да би била установљена полазна основа за даља истраживања и може се сматрати оптимистичнијим него што заправо јесте. Такође, све врсте водоземаца Србије су строго заштићене или заштићене националним законодавством,

Табела 1. Национална и међународна категоризација конзервационог статуса водо-земаца Србије: Глобална IUCN категоризација[37]/статус у националној Црвеној књизи по ДЕЖИ критеријумима[38][39]/статус по Правилнику [23]

ВОДОЗЕМЦИ		ГМИЗАВЦИ	
Врста	IUCN/ДЕЖИ/ Правилник	Врста	IUCN/ДЕЖИ/ Правилник
<i>Salamandra atra</i>	LC/CR/SZ	<i>Emys orbicularis</i>	NT/LC/SZ
<i>Salamandra salamandra</i>	LC/LC/SZ	<i>Testudo graeca</i>	VU/CR/SZ
<i>Ichthyosaura alpestris</i>	LC/LC/SZ	<i>Testudo hermanni</i>	NT/VU/Z
<i>Lissotriton vulgaris</i>	LC/LC/SZ	<i>Mediodactylus kotschy</i>	LC/EN/SZ
<i>Triturus cristatus</i>	LC/VU/SZ	<i>Anguis fragilis</i>	LC/LC/_
<i>Triturus dobrogicus</i>	NT/VU/SZ	<i>Lacerta agilis</i>	LC/LC/_
<i>Triturus macedonicus</i>	NE/NE/SZ	<i>Lacerta viridis</i>	LC/LC/_
<i>Triturus ivanbureschi</i>	NE/VU/SZ	<i>Algyroides nigropunctatus</i>	LC/CR/SZ
<i>Bufo bufo</i>	LC/LC/SZ	<i>Podarcis erhardii</i>	LC/NT/SZ
<i>Bufotes viridis</i>	LC/LC/SZ	<i>Podarcis muralis</i>	LC/LC/_
<i>Bombina bombina</i>	LC/LC/SZ	<i>Podarcis tauricus</i>	LC/NT/SZ
<i>Bombina variegata</i>	LC/LC/SZ	<i>Zootoca vivipara</i>	LC/EN/SZ
<i>Pelobates fuscus</i>	LC/CR/SZ	<i>Darevskia praticola</i>	NT/EN/SZ
<i>Pelobates syriacus</i>	LC/CR/SZ	<i>Ablepharus kitaibelii</i>	LC/EN/SZ
<i>Hyla arborea</i>	LC/LC/SZ	<i>Coronella austriaca</i>	LC/LC/SZ
<i>Rana dalmatina</i>	LC/LC/SZ	<i>Dolichophis caspius</i>	LC/VU/SZ
<i>Rana graeca</i>	LC/EN/SZ	<i>Elaphe quatuorlineata</i>	NT/VU/SZ
<i>Rana temporaria</i>	LC/LC/SZ	<i>Natrix natrix</i>	LC/LC/SZ
<i>Pelophylax lessonae</i>	LC/VU/SZ	<i>Natrix tessellata</i>	LC/LC/SZ
<i>-Pelophylax kl. esculentus</i>	LC/LC/Z	<i>Platyceps najadum</i>	LC/EN/SZ
<i>Pelophylax ridibundus</i>	LC/LC/Z	<i>Zamenis longissimus</i>	LC/LC/SZ
		<i>Vipera ammodytes</i>	LC/LC/Z
		<i>Vipera berus</i>	LC/VU/SZ
		<i>Vipera ursinii</i>	VU/CR/SZ

LC – врста није угрожена, NT – врста је скоро угрожена, VU – врста је рањива, EN – врста је угрожена, CR – врста је критично угрожена, NE – статус угрожености врсте није одређен, SZ – врста је строго заштићена, Z – врста је заштићена.

а 75% врста гмизаваца које насељавају Србију су строго заштићене истим актом, док 8% спадају у заштићене врсте, а 17%, односно само четири врсте, нису заштићене [24].

МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ ДЕРИВАЦИОНОГ ТИПА И УТИЦАЈ НА ЛОКАЛНЕ ПОПУЛАЦИЈЕ ВОДОЗЕМАЦА И ГМИЗАВАЦА СРБИЈЕ

Грађевински радови на планинским водотоковима Србије, планирани или започети ради изградње малих хидроелектрана (МХЕ даље у тексту) деривационог типа, због специфичног начина функционисања (преусмеравање воденог тока, односно његово премештање из корита у цеви дуж одређеног дела тока), врше негативан утицај на локалне биљне и животињске заједнице, а тиме и на екосистеме које те заједнице формирају. Планирано преусмеравање воде из речног корита у цеви, чак и када је изведено дуж само неколико километара речног тока, негативно утиче не само на врсте које спроводе цео свој животни циклус у локалној воденој средини, већ и на оне сувоземне организме којима су брдско-планинска проточна водена станишта или близина таквих водених станишта неопходни за размножавање и развој потомства односно за опстанак популације. Тим организмима припадају и водоземци и гмизавци. Због своје позиције у ланцима исхране обе ове кичмењачке групе представљају фактор стабилности односно (ако/када се догоди пад бројности њихових популација), нестабилности екосистема чији су чланови. Уништавање места на којима се одвија развиће њиховог потомства и/или места која представљају њихове изворе хране и/или прибежишта неминовно доводи до смањења величине локалних популација водоземаца и гмизаваца због смањења популационе стопе раста. Услед губитка јединки, популације постају осетљивије на негативне ефекте осцилација срединских фактора (температура, влага, количина падавина, итд.), односно на негативне ефекте демографске, срединске и генетичке случајности, што повећава опасност од додатног пада њихове бројности испод минималне вијабилне величине популације и последичног изумирања [25].

Већ је напоменуто традиционално становиште да релативно мали број врста водоземаца у Србији облигатно користи брдско-планинске текућице за размножавање, развој јувенилних узрасних ступњева, и као склониште. Међутим, последњих неколико деценија сведоци смо збирног негативног утицаја климатских и антропогених промена које резултирају нестајањем многих стајаћица у Србији. Под антропогеним променама овде се подразумевају деградација и уништавање стајаћица на територији целе Србије – од намерног исушивања, нарочито малих водених тела, до њиховог претварања у рибњаке, што директно води изумирању локалних попула-



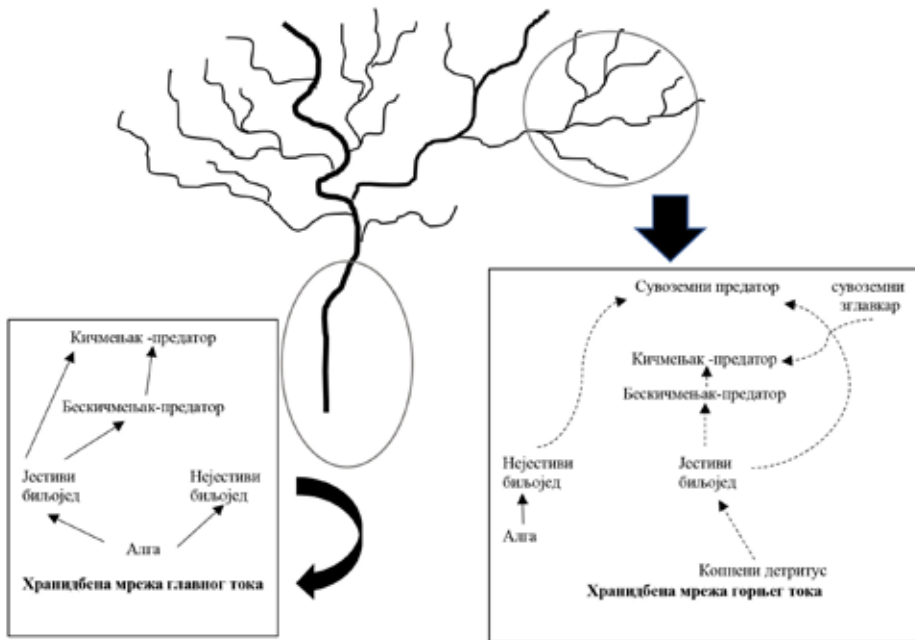
Слика 1. Грчка жаба (Фото: Јелка Црнобрња-Исаиловић)



Слика 2. Шумски даждевњак (Фото: Јелка Црнобрња-Исаиловић)

ција водоземаца због увођења новог предатора (карниворне врсте риба) у станиште [26]. Додатни узрок погоршања стања локалних популација водоземаца је повећана осцилација вредности климатских параметара (температура, влажност ваздуха, количина падавина) (један од примера може се видети у [27]). У последњој деценији, зиме претежно без снега у нижим деловима Србије као и сушна пролећа били су заступљени чешће него пре 30 година, што је резултирало исушивањем многих малих репродуктивних центара водоземаца [28]. Најновији подаци добијени теренским истраживањима у Србији показали су да врсте водоземаца које су претежно полагале јаја у стајаћице, у планинским екосистемима то чине и у деловима планинских река и потока (Црнобрња-Исаиловић и сар., у припреми; слика 5). Забележили смо да, осим грчке жабе, јаја такође полажу у планинске водотокове шумска жаба (*R. dalmatina*), жаба травњача (*R. temporaria*) и жуто-трби мукач (*Bombina variegata*). Током репродуктивне сезоне, одрасле јединке алпског мрмољка (*Ichthyosaura alpestris*) такође су утврђене у појединим брдско-планинским текућицама. Јасно је да ће изградња МХЕ деривационог типа додатно повећати вероватноћу изумирања локалних популација ових врста водоземаца, јер ће измештањем дела воденог тока из корита потока и речица у цеви капацитети за одгајање њихових потомачких генерација бити смањени. Негативан ефекат преусмеравања дела тока брдско-планинских текућица у цеви огледа се и у смањењу њиховог капацитета да буду репродуктивни центри осталих присутних врста водоземаца услед нестајања малих стајаћица изазваних климатским променама и антропогеним активностима. Измештањем речног тока из корита планинских река и потока у Србији и преусмеравањем у цеви у тренутку када опада број стајаћица које су представљале репродуктивне центре водоземаца, бројни инвеститори и огроман планиран број МХЕ деривационог типа на брдско-планинским водотоковима Србије угрозиће локалне популације врста које су веома честе у нашим екосистемима, што ће имати кумулативан ефекат који може довести до еколошке катастрофе и тако се негативно одразити на квалитет живота становника.

Треба додати да су и гмизавцима за опстанак такође неопходне неопштећене планинске реке и потоци: осим повезаности са локалним акватичним заједницама путем комплексних хранидбених односа, терестричне заједнице око ових водотокова зависе и од градијента влаге који обезбеђује распршивање текуће воде. Стога локалне популације оних врста гмизаваца које су осетљиве на смањење количине влаге у непосредном окружењу, а у такве се могу убројити претходно поменути живородни гуштер, шумски гуштер и шарка (све три у категоријама угрожених и ретких врста у Србији – табела 1), могу бити веома угрожене агресивном изменом станишта која настаје изградњом и пуштањем у рад МХЕ деривационог типа. Наведене три врсте



Графикон 1. Пример хранидбеног ланца горњег и доњег тока реке.

По: Power и Dietrich (2002) [31]

одликују се фрагментисаним распрострањењем у Србији [21], где насељавају релативно мали број локалитета у оквиру јужног (живородни гуштер, шарка) односно западног (шумски гуштер) периферног дела њихових ареала [29] те су од великог значаја за вредност укупног биодиверзитета Србије. Осим тога, већа комплексност хранидбених ланаца на предеоном нивоу тј. изразита трофичка повезаност речних и приобалних екосистема у горњим деловима водотокова потврђује да измештање делова водотокова у цеви и последично локално угинуће водених организама који представљају плен сувоземних предатора (у које се убрајају и многе врсте водоземаца и гмизаваца), директно негативно утиче на опстанак тих предатора [30] (графикон 1).

ПРАВНИ АСПЕКТ УГРОЖАВАЊА ВОДОЗЕМАЦА И ГМИЗАВАЦА ИЗГРАДЊОМ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА ДЕРИВАЦИОНОГ ТИПА

Изградња и активација МХЕ деривационог типа на начин како је то урађено у Републици Србији у сваком појединачном случају крши националне и међународне правне акте који се односе на очување биолошке разноврсности (биодиверзитета) и њених компоненти. Наиме, кратак осврт



Слика 3. Обична крастача (Фото: Јелка Црнобрња-Исаиловић)



Слика 4. Рибарица (Фото: Јелка Црнобрња-Исаиловић)



Слика 5. Део планинског водотока у западној Србији – репродуктивни центар обичне крастаче, шумске жабе и грчке жабе (Фото: Јелка Црнобрња-Исаиловић)

на садржај Конвенције о биодиверзитету (Convention on Biological Diversity – CBD)[31] коју је Савезна Република Југославија потписала 1992. године у Рио де Жанеиру, а Република Србија преузела као наследник СР Југославије, указује да држава потписница има „суверено право искоришћавања својих ресурса у складу са сопственим законима и ОДГОВОРНОСТ да активности под њеном контролом не узрокују штету животној средини других држава или подручја ван граница националног законодавства“. Биодиверзитет нема административне границе и негативне еколошке промене које би биле изазване изумирањем локалних популација у Србији свакако би имале негативан ефекат и на биодиверзитет околних држава. Такође, чланом 8. исте конвенције детаљно је дефинисан низ активности заштите националне биолошке разноврсности, међу њима и „ц) регулисање или управљање биолошким ресурсима важним за очување биолошке разноврсности било унутар или ван заштићених подручја, са циљем да обезбеди њихово очување и одрживо коришћење“, као и „д) промовисање заштите екосистема, природних станишта и одржавање вијабилних популација врста у природном окружењу“. Дозвољавање градње МХЕ дерива-

ционог типа има потпуно супротан ефекат. Такође, Република Србија је и потписник Бернске конвенције о очувању дивљег биљног и животињског света и природних станишта Европе (све врсте водоземаца и гмизаваца које насељавају Србију налазе се на списку европских заштићених врста при чему заштита подразумева и обавезу очувања њихових станишта) [32], затим Директиве о стаништима [33–35] (изградња МХЕ деривационог типа директно се оглушује о ову директиву), те је нелогично да се на њеној територији дозвољавају грађевински подухвати који директно доводе до уништавања природних станишта.

Национално законодавство је прецизно дефинисало које радње су забрањене на стаништима строго заштићених врста [24] „Заштита строго заштићених дивљих врста спроводи се забраном коришћења, уништавања и предузимања свих активности којима се могу угрозити дивље врсте И ЊИХОВА СТАНИШТА, као и предузимањем мера и активности на управљању популацијама, прописаних овим правилником и посебним законом“. Из свега изложеног постаје јасно да, када би национално законодавство о заштити природе било поштовано, ниједна дозвола за изградњу МХЕ деривационог типа у Србији не би могла бити одобрена!

Недавно уобличен званични документ Европског форума о стаништима (енг. "European Habitat Forum") наводи да је Европска унија (ЕУ) подбацила у испуњавању циља задатог до 2020. да заустави губитак биолошке разноврсности те да је неколико независних процена потврдило континуирано осиромашење биодиверзитета и деградацију услуга екосистема, на територији ЕУ и глобално, што указује на значајну претњу квалитету живота човечанства у непосредној будућности и закључује: „Неопходна је подршка грађанском покрету чији је циљ спречавање колапса система који омогућава наш опстанак и спречавање уништења будућности наше деце и унучади“ [36].

ЗАКЉУЧАК

Поред риба, водоземци и гмизавци су још две групе кичмењака које су директно угрожене изградњом МХЕ деривационог типа на брдско-планинским рекама Србије, јер измештање водотока из корита у цеви, макар и у дужини од неколико километара, мења њихову популациону динамику на, најопштије и најкраће речено, такав начин да ремети хранидбене односе у локалним екосистемима и повећава њихову нестабилност. Ове промене јесу локалне али, дешавајући се на много локалитета, могу имати кумулативни негативни ефекат на биолошку разноврсност Србије. Осим тога, градња МХЕ деривационог типа доводи до уништења станишта врста заштићених

националним законодавством, што је у супротности и са свим међународним конвенцијама из области заштите биодиверзитета које је Република Србија до сада потписала (обавеза очувања станишта тих врста). Будући да се слични подухвати дешавају и у државама у окружењу, што појачава укупни негативни ефекат инсталације МХЕ деривационог типа, постоји опасност да Република Србија у будућности сноси последице за учествовање у нарушавању биодиверзитета у региону.

ЗАХВАЛНИЦА

Желим да изразим захвалност академику Марку Анђелковићу на иницијативи за организацију овог значајног симпозијума и на позиву да учествујем у раду истог. Текст је писан током студијског боравка на Урбана-Шампејн државном универзитету у Илиноису, реализованог средствима Фулбрајт фондације.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Pough, FH, Andrews, RM, Cadle, JE, Crump, ML, Savitzky, AH, Wells, KD, *Herpetology. Third Edition*, Pearson plc.: Publisher Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, S.A, 2015.
- [2] Molles Jr, MC, *Ecology: Concepts and applications, Third Edition*, Mc Graw Hill, New York, NY, 2005.
- [3] Todd, BD, Wilson, JD, Gibbons, JW, The Global Status of Reptiles and the Causes of Their Decline, In: Sparling, DW, Bishop, CA, Krest, S (Eds.), *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles, Second Edition*, CRC Press, Pensacola, FL, USA, 2010, стр. 47–67.
- [4] Hocking, DJ, Babbitt, KJ, Amphibian Contributions to Ecosystem Services, *Herpetological Conservation and Biology*, 2014, 9(1), стр. 1–17.
- [5] Crnobrnja-Isailović, J, Ćurčić, S, Stojadinović, D, Tomašević-Kolarov, N, Aleksić, I, Tomanović, Ž, Diet Composition and Food Preferences in Adult Common Toads (*Bufo bufo*) (Amphibia: Anura: Bufonidae), *Journal of Herpetology*, 2012, 46, стр. 562–567.
- [6] Vences, M, Glaw, F, Böhme, W, Evolutionary correlates of microphagy in alkaloid-containing frogs (Amphibia: Anura), *Zoologischer Anzeiger*, 1998, 236, стр. 217–230.
- [7] Soule, M, Nature's aspirin: a cure for many of nature's ills. *Meeting of regional and national conservation groups, funders, and private conservationists*, Ben Lomond, California, 2009.
- [8] Polis, GA, Anderson, WB, Holt, RD, Toward an integration of landscape and food web ecology: The Dynamics of Spatially Subsidized Food Webs, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1997, 28, стр. 289–316.

- [9] <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics>
- [10] Petrovan, SO, Schmidt, BR, Volunteer conservation action data reveals large-scale and long-term negative population trends of a widespread amphibian, the common toad (*Bufo bufo*). *PLoS ONE*, 2016, 11, стр. E0161943.
- [11] Pereira, PL, Torres, AM, Soares, DF, Hijosa-Valsero, M, Bécares, E, Chytridiomycosis: a global threat to amphibians, *Revue Scientifique et Technique (Paris)*, 2013, 32(3), стр. 857–867.
- [12] Price, SJ, Garner, TW, Nichols, RA, Balloux, F, Ayres, C, de Alba, AM, Bosch, J, Collapse of amphibian communities due to an introduced Ranavirus, *Current Biology*, 2014, 24, стр. 2586–2591.
- [13] Duellman, WE, Trueb, L, *Biology of Amphibians*, John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA, 1994.
- [14] Arnold, EN, Ovenden, DW, *Reptiles and amphibians of Europe*. Princeton University Press, Princeton and Oxford, 2002.
- [15] Araujo, MB, Thuiller, W, Pearson, RG, Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe, *Journal of Biogeography*, 2006, 33, стр. 1712–1728.
- [16] Gibbons, JW, Scott, DE, Ryan, TJ, Buhlmann, KA, Tuberville, TD, Metts, BS, Greene, JL, Mills, T, Leiden, Y, Poppy, S, Winne, CT, The Global Decline of Reptiles, Déjà vu Amphibians, *Bioscience*, 2000, 50(8), стр. 653–666.
- [17] Diamond, JM, Overview of recent extinctions, In: Western, D, Pearl, MC (Eds.), *Conservation of the Twenty-first Century*, Oxford University Press, 1989, стр. 37–41.
- [18] Anthony, B, Arntzen, JW, Baha El Din, S, Böhme, W, Cogalniceanu, D, Crnobrnja-Isailović, J, Crochet, P-A, Corti, C, Griffiths, R, Kaneko, Y, Kuzmin, S, Wai Neng Lau, M, Li, P, Lymberakis, P, Marquez, R, Papenfuss, T, Pleguezuelos, JM, Rastegar, N, Schmidt, B, Slimani, T, Sparreboom, M, Uguertas, I, Werner, Y, Xie, F, *Amphibians of the Palaearctic realm*, In: Stuart, SN, Hoffmann, M, Chanson, JS, Cox, NA, Berridge, RJ, Ramani, P, Young, BE (Eds.), *Threatened Amphibians of the World*, Lynx Edicions, with IUCN – The World Conservation Union, Conservation International and NatureServe, Barcelona, 2008, стр. 106–113.
- [19] Böhm, M., Collen, B., Baillie, J. E. M., Bowles, P., Chanson, J., Cox, N., Hammerson, G., Hoffmann, M., Livingstone, S. R., Ram, M., Rhodin, A. G. J., Stuart, S. N., van Dijk, P. P., Young, B. E., Aftang, L. E., Aghasyan, A., García, A., Aguilar, C., Ajtić, R., Akarsu, F., Alencar, L. R. V., Allison, A., Ananjeva, N., Anderson, S., Andrés, C., Ariano-Sánchez, D., Arredondo, J. C., Auliya, M., Austin, C. C., Avci, A., Baker, P. J., Barreto-Lima, A. F., Barrio-Amorós, C. L., Basu, D., Bates, M. F., Batistella, A., Bauer, A., Bennett, D., Böhme, W., Broadley, D., Brown, R., Burgess, J., Captain, A., Carreira, S., Del Rosario Castañeda, M., Castro, F., Catenazzi, A., Cedeño-Vázquez, J. R., Chapple, D. G., Cheylan, M., Cisneros-Heredia, D. B., Cogalniceanu, D., Cogger, H., Corti, C., Costa, G. C., Couper, P. J., Courtney, T., Crnobrnja-Isailović, J., и сар., The conservation status of the world's reptiles, *Biological Conservation*, 2013, 157, стр. 372–385.

- [20] Vukov, T., Kalezić, M. L., Tomović, Lj., Krizmanić, I., Jović, D., Labus, N., Džukić, G., Amphibians in Serbia – distribution and diversity patterns, *Bulletin of the Natural History Museum*, Belgrade, 2013, 6, стр. 90–112.
- [21] Tomović, L., Ajtić, R., Ljubisavljević, K., Urošević, A., Jović, D., Krizmanić, I., Labus, N., Đorđević, S., Kalezić, M. L., Vukov, T., Džukić, G., Reptiles in Serbia – Distribution and diversity patterns, *Bulletin of the Natural History Museum*, Belgrade, 2014, 7, стр. 129–158.
- [22] Црнобрња-Исаиловић, Ј., Милојковић, Д., Мацура, Б., *Водоземци и њихови* *Ђердапа/ Amphibians and Reptiles of Đerdap*, ЈП Национални парк „Ђердап“/РС „Djerdap“ National Park, Donji Milanovac, Serbia, 2015.
- [23] Le Galliard, J-F, Massot, M, Baron, J-P, Clobert, J, Ecological effects of climate change on European reptiles, In: Brodie, J., Post, E., Doak, D., (Eds.) *Conserving wildlife populations in a changing climate*, University of Chicago Press, Chicago, USA, 2012, стр. 179–203.
- [24] Правилник о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива – Службени гласник Републике Србије 5/2010.
- [25] Morris, W. F., Doak, D. F., *Quantitative conservation biology: Theory and practice of PVA*, Sinauer, Massachusetts, 2002.
- [26] Crnobrnja-Isailović, J., Aleksić, I., Arntzen, J. W., The Status of Great Crested Newt Breeding Sites in Serbia. *Froglog*, 2005, 67, стр. 2–3.
- [27] Jovanović, B., Crnobrnja-Isailović, J., Fluctuations in population abundance in two anurans from Central Serbia, *Herpetozoa*, 2019, 32, стр. 65–71.
- [28] Crnobrnja-Isailović, J., Paunović, M., Conservation and Decline of European Amphibians: The Republic of Serbia. In: Heathcote, H., Wilkinson, J., (Eds) *Amphibian Biology Vol 11. Part 4. Status of Conservation and Decline of Amphibians: Eastern Hemisphere: Southern Europe and Turkey*, Pelagic Publishing, Exeter, UK, 2010, стр. 45–55.
- [29] Sillero, N., Campos, J., Bonardi, A., Corti, C., Creemers, R., Crochet, P-A, Crnobrnja-Isailović, J., Denoël, M., Ficetola, G. F., Gonçalves, J., Kuzmin, S., Lymberakis, P., de Pous, P., Rodríguez, A., Sindaco, R., Speybroeck, J., Toxopeus, B., Vieites, D. R., Vences, M., Updated distribution and biogeography of amphibians and reptiles of Europe, *Amphibia-Reptilia*, 2014, 35, стр. 1–31.
- [30] Power, M.E., Dietrich, W.E., Food webs in river networks, *Ecological Research*, 2002, 17, стр. 451–457.
- [31] <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- [32] <https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/rms/0900001680078aff>
- [33] <https://rm.coe.int/168078e2ff>
- [34] <https://rm.coe.int/CoERMPublicCommonSearchServices/DisplayDCTMContent?documentId=0900001680304356>
- [35] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992L0043&from=EN>

- [36] European Habitat Forum, The implementation of the EU 2020 Biodiversity Strategy and recommendations for the post 2020 Biodiversity Strategy, Brussels, 2019.
- [37] <https://www.iucnredlist.org/>
- [38] Калезић, М., Томовић, Љ., Џукић, Г., *Црвена књиџа фауне Србије. I. Водоземци*, Универзитет у Београду, Биолошки факултет & ЗЗПС, 2015.
- [39] Томовић, Љ., Калезић, М., Џукић, Г., *Црвена књиџа фауне Србије. II. Гмизавци*, Универзитет у Београду, Биолошки факултет & ЗЗПС, 2015.

Jelka Crnobrnja-Isailović

THE IMPACT OF DIVERSION MINI-HYDROPOWER PLANTS ON LOCAL AMPHIBIAN AND REPTILE POPULATIONS

S u m m a r y

Apart from fishes, amphibians and reptiles are another two vertebrate groups which are directly jeopardized by construction of diversion mini-hydropower plants on mountainous rivers in Serbia: redirection of the waterflow from the riverbed, even if done in just few kilometers, changes their population dynamics in a way that disturbs trophic relations in local ecosystems and increase their instability. These changes are local, but, being done on many localities, would have cumulative negative effect on biodiversity of Serbia. Besides, construction of diversion mini-hydropower plants leads to habitat destruction of the species protected by national law, what is discordant both with national legislation and with all international conventions on biodiversity conservation ratified so far by Republic of Serbia. As similar actions have been occurring also in the surrounding countries (what increases overall negative effect of installation of diversion mini-hydropower plants on the entire Balkan peninsula), the Republic of Serbia may enter the situation of being penalized for participating in destruction of biodiversity in the region.