

Часопис за уређење бујица и заштиту од ерозије
Journal of erosion and torrent control

ЕРОЗИЈА

Број 47

UDK 626

ISSN 0350-9648



Београд, 2021. година



ЕРОЗИЈА

Научно-стручни часопис за уређење бујица и заштиту од ерозије

Scientific Journal of erosion and torrent control

Главни и одговорни уредник

Проф.др Станимир Костадинов

Уређивачки одбор

Проф.др Станимир Костадинов, проф.др Нада Драговић, проф.др Миодраг Златић, проф.др Снежана Белановић Симић, Универзитет у Београду-Шумарски факултет, Београд
Мр Милутин Стефановић, дипл.инж, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ Београд
Prof. Ivan Blinkov, University of SV. Kiril and Metodij, Faculty of Forestry, Skopje, Macedonia
Prof. Johannes Huebl, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria
Prof. Ivan C. Marinov, Forest Research Institute - BAS, Sofia, Bulgaria
Prof. Panagiotis Stefanidis, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Технички уредници

Милутин Стефановић, дипл. инж. шум.

Иван Миладиновић, арт директор

Издавач

Удружење бујичара Србије и Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд

Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд

Тел: + 381-11-3053-851; + 381-11-3906-461;

Адреса е-поште: bujicari@gmail.com

Интернет презентација: www.udruzenjebujicara.com

Тираж: 250

Штампа

Тукан принт



EPOZIJA

Scientific Journal of erosion and torrent control

Научно-стручни часопис за уређење бујица и заштиту од ерозије

Editor in Chief

Prof. Stanimir Kostadinov

Advisory Board

Prof. Stanimir Kostadinov, Prof. Nada Dragović, Prof. Miodrag Zlatić,
Prof. Snežana Belanović Simić, University of Belgrade – Faculty of Forestry, Belgrade
Mr Milutin Stefanović, B Sc, Institute for water management „Jaroslav Černi“ Belgrade.
Prof. Ivan Blinkov, University of SV. Kiril and Metodij, Faculty of Forestry, Skopje, Macedonia
Prof. Johannes Huebl, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria
Prof. Ivan C. Marinov, Forest Research Institute - BAS, Sofia, Bulgaria
Prof. Panagiotis Stefanidis, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Technical editors

Milutin Stefanović, dipl. ing.
Ivan Miladinović, art director

Publisher

Association of graduate engineers in torrent control of Serbia and University of Belgrade,
Faculty of Forestry, Belgrade, Kneza Visaslava 1, 11030 Belgrade
Phone: +381-11-3053-851; +381-11-3906-461;
E-mail address: bujicari@gmail.com
Web site: www.udruzenjebujicara.com

Circulation: 250 copies

Print

Tukan Print

садржај

contents

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА
WORD OF THE EDITOR

7

I ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ РАДОВИ ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

Немања Анђелковић, Нада Драговић, Тијана Вулевић, Катарина Лазаревић
Организационо пословање у заштити земљишних и водних ресурса у Србији
Organizational business in the protection of soil and water resources in Serbia

9

Милутин Стефановић, Ирина Стефановић, Рената Пузовић
Прозиверозионо уређење непосредног слива акумулације МХЕ „Рековићи“ на реци Лим,
Прибој
Erosion control works on the direct basin of the „Rekovići“ SHPP water reservoir on the Lim river,
Priboj

18

Станимир Костадинов, Наталија Момировић, Томислав Стефановић
Статичко димензионисање преграда за уређење бујичних токова
The static analysis of check dams for torrent control

45

Тијана Вулевић, Нада Драговић, Тихомир Шошкић, Мирјана Тодосијевић
Рационални избор механизације за извођење земљаних радова код уређења бујичних
сливова на примеру Петровачког потока
Rational selection of earthworks mechanization for watershed management on the example of
Petrovački stream

59

Ђорђе Живановић, Стеван Дожић, Наталија Момировић
Заштита водне акумулације од наноса са падине : пример мала акумулација „Селиште“ на
Гочу
The water reservoir protection from sediment from slope: case study of „Selište“ reservoir on Goč
mountain

74

II СТРУЧНИ РАДОВИ PROFESIONAL PAPERS

IN MEMORIAM
Проф. СТЕВАН ДОЖИЋ

85

III УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ INSTRUCTIONS TO AUTHORS OF “EROZIJA”

87

Штампање часописа за уређење бујица и заштиту од ерозије
„Ерозија“ бр. 47 омогућила је:



**ИНЖЕЊЕРСКА
КОМОРА
СРБИЈЕ**

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА

Овај број „Ерозије“ излази уочи Нове Године и Божића, када су сви ужурбани око припрема за њен дочек, али надам се да ће заслужити вашу пажњу, јер садржи интересантне радове који обрађују следеће проблеме : организација противерозионих радова у Србији од почетка до данашњих дана; пример противерозионог уређења непосредног слива једне мале акумулације на Лиму; статичко димензионисање преграда; рационални избор механизације за извођење земљаних радова у бујичарству и један пример примене илофилтра за заштиту мале акумулације од наноса са непосредне падине на Гочу.

У години која пролази остали смо без мог друга са Факултета, проф.Стевана Дожића, који је преминуо на почетку ове академске школске године,01.10.2021. На крају овог броја налази се сећање на њега које је врло лепо написала његова директна наследница на Шумарском факултету проф.Сара Лукић. Овде ћу само да вас подсетим на његов самопрегорни рад прво у Друштву бујичара Југославије, а касније у Удружењу бујичара Србије.

Последње две године услед ове пандемије која и даље влада светом, све наше активности силом прилика су редуковане, надам се да ће у Новој Години бити боља ситуација.

На крају свим бујичарима желим СРЕЋНУ НОВУ 2022 ГОДИНУ И СРЕЋАН БОЖИЋ !

Главни уредник
Др Станимир Костадинов, ред.проф. у пензији

ОРГАНИЗАЦИОНО ПОСЛОВАЊЕ У ЗАШТИТИ ЗЕМЉИШНИХ И ВОДНИХ РЕСУРСА У СРБИЈИ

Немања Анђелковић¹, Нада Драговић², Тијана Вулевић², Катарина Лазаревић²

¹Универзитет у Београду, Шумарски факултет, студент мастер студија
(nemanja.andjelkovic0409@gmail.com)

²Универзитет у Београду, Шумарски факултет

Извод: Радови на заштити земљишта од ерозије и уређењу бујица изводе се у Србије од почетка прошлог века. Њихово организовање и финансирање у току тог дугог периода, било је у оквиру две привредне гране: шумарство и водопривреда. У првој половини прошлог века, и до усвајања Закона о водама 1967. године, финансирање и организовање ових радова било је у шумарству, да би након тога, формирањем Републичког фонда за воде, ова област законски, организационо и финансијски била регулисана у оквиру водопривреде. У раду су дате основе организационог пословања у заштити земљишних и водних ресурса са посебним акцентом на пословање јавних водопривредних предузећа. Према Закону о водама (2018) јавна водопривредна предузећа надлежна, поред осталог, и за организовање и финансирање радова за заштиту земљишта од ерозије и бујичних поплава су: ЈВП Воде Војводине и ЈВП Србијаводе. У раду је анализирана структура, делатност, финансијско пословање и надлежност ова два предузећа у делу који се односи на заштиту од ерозије и уређење бујица за период од 2014-2019. године. У раду се такође даје и упоредна анализа организационог пословања у области заштите од ерозије и уређења бујица пре и после усвајања Закона о водама 2010. године.

Кључне речи: земљишни и водни ресурси, заштита, технички и биолошки радови, финансирање, пословање, јавно водопривредно предузеће

ORGANIZATIONAL BUSINESS IN THE PROTECTION OF SOIL AND WATER RESOURCES IN SERBIA

Abstract: Soil erosion and torrential flood protection works have been carried out in Serbia since the beginning of the last century. Their organization and financing during that long period was within two economic branches: forestry and water management. In the first half of the last century, until the adoption of the Water Law in 1967, the financing and organization of these works was in forestry, and after that, with the formation of the Republic Water Fund, this area was legally, organizationally, and financially regulated within water management. The paper presents the basics of organizational business in the protection of soil and water resources with special emphasis on the business of public water companies. According to the Law on Waters (2018), public water management companies which are responsible, among other things, for organizing and financing works on the soil erosion protection and torrents management are public water management companies “Vode Vojvodine” and “Srbijavode”. The paper analyzes the structure, activity, financial operations and competence of these two companies in the part related to erosion protection and torrent management for the period from 2014-2019. The paper also provides a comparative analysis of organizational operations in the field of erosion protection and torrent management before and after the adoption of the Law on Waters in 2010.

Keywords: soil and water resources, protection, technical and biological works, financing, business, public water management company

УВОД

Организовано извођење радова на заштити земљишта од ерозије и уређењу бујица у Србији почиње 1907. године. Почетком интегралног уређења бујичних сливова сматра се 1928. година када су започети радови (технички, биолошки и биотехнички) на уређењу слива Калиманске реке, на подручју општине Владичин Хан (Jevtić i dr., 1992). Радове на уређењу бујица и заштити земљишта од ерозије у том периоду изводила је служба у оквиру Управе за железнице. Ова служба касније је формирана као Одељење за уређење бујица у оквиру Генералне дирекције за воде при Министарству пољопривреде и вода. 1927. године је Одељење за уређење бујица издвојено из Генералне дирекције за воде и припојено Министарству шума и руда. На основу Закона о заштити од ерозије и уређењу бујица из 1930. године формирана је, у оквиру Министарства, прва привремена служба под називом Шумско-технички одсек за уређење бујица (*Dragović et al., 2007*).

Проблем заштите од ерозије и уређење бујица, непосредно након II светског рата, сматран је уско проблемом шумарства, мада га је, као и данас, требало интердисциплинарно посматрати јер утиче на целокупан привредно-друштвени развој. 1949. год. формирана је Управа за уређење бујица, што чини напредак у осамостаљивању у оквиру шумарства. Након тога долази до оснивања реонских секција за уређење бујица, које се после усвајања Закона о водама 1967. године, трансформишу у друштвена водопривредна предузећа. Предузећа територијално покривају сливове већих речних токова. Поред Управе за уређење бујица, у периоду до 1967. године радове на уређењу бујичних сливова финансирале су и Дирекција за градњу путева и Дирекција железница.

Надлежности у области заштите земљишта од ерозије и уређењу бујица су на републичком нивоу у оквиру Министарства пољопривреде шумарства и водопривреде – Дирекција за воде, а на покрајинском нивоу у оквиру Покрајинског секретаријата за пољопривреду, шумарство и водопривреду.

У важећем Закону о водама (2018) је у поглављу Управљање водним објектима дефинисано да Јавно водопривредно предузеће управља „и водним објектима за заштиту од ерозије и бујица на сливном подручју акумулације“, као и да „водним објектима за уређење водотока и заштиту од поплава на водама II реда и водним објектима за заштиту од ерозије и бујица управља јединица локалне самоуправе на чијој се територији објекти налазе“. Законом о водама је такође утврђено да су послови од општег интереса који се финансирају: изградња, реконструкција, санација, одржавање и управљање водним објектима за заштиту од ерозија и бујица у јавној својини и извођење радова и мера за заштиту од ерозије и бујица. Протеклих деценија мало је улагано у заштиту од вода, у изградњу нових и одржавање постојећих објеката, што је један од разлога да су поплаве које су се десиле 2014. године имале тако катастрофалне последице. Дате ингеренције локалним самоуправама за управљање бујичним сливовима (воде II реда) није у протеклом периоду дало позитивне резултате јер оне углавном располажу са ограниченим стручним и финансијским ресурсима (*Dragović i Ristić, 2013*). Из тих разлога, организовање и финансирање радова за заштиту од ерозије и уређење бујица још увек се спроводи највећим делом на републичком нивоу преко јавних водопривредних предузећа.

Природни ресурси, а посебно земљишни и водни ресурси, представљају темељ за будући, како економски, тако и привредни развој. Одрживо управљање природним ресурсима се намеће као неопходна активност у савременим условима и темељна делатност у функцији одговарајућих државних институција (*Милутиновић, 2020*).

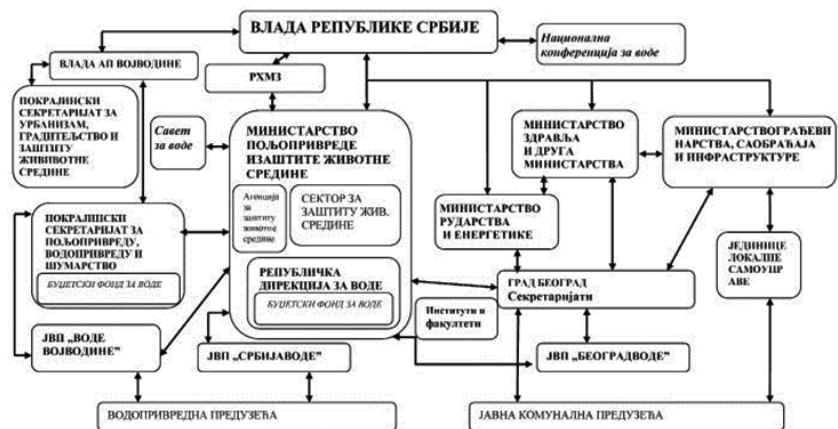
МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Предмет овог рада је анализа пословање јавних водопривредних предузећа (ЈВП) са аспекта организовања и финансирања радова за заштиту земљишта од ерозије и уређења бујица.

Јавна предузећа (ЈП) обављају делатност од општег интереса, као што су: саобраћај, електропривреда, телекомуникације, рударство, шумарство, водопривреда и др. Оснивач ЈП је Република Србија, аутономна покрајина или локална самоуправа (2019). Оснивање и пословање, имовина, улагања, статусне промене јавних предузећа дефинисане су Законом о јавним предузећима (Сл. гласник РС, бр. 15/2016 и 88/2019).

Јавно водопривредно предузеће (ЈВП), основа се за обављање делатности од општег интереса у области вода на одређеној територији, делатности управљања водним објектима за уређење водотока и за заштиту од поплава на водама I реда, водним објектима за заштиту од ерозије и бујица на сливовима акумулација и за обављање осталих делатности дефинисаних Законом о водама (2021в).

Оперативно организовање радова из области заштите земљишта од ерозије и уређења бујица је у надлежности Јавно водопривредно предузеће «Србијаводе» које је основано Законом о изменама и допунама Закона о водама 1996. године и Јавног водопривредног предузећа „Воде Војводине“ које се 2002. године издвојило из састава ЈВП „Србијаводе“ на основу Закона о утврђивању надлежности Аутономне покрајине. (Dragović et al, 2007). Организација интегралног управљања водама приказана је на Слици 1. (2015).



Слика 1. Организација интегралног управљања водама према Стратегији о управљању водама на територији Републике Србије до 2034. године (2015)

Основне делатности ЈВП “Србијаводе” утврђене су Законом о водама (2018), међу којима су: уређење вода и заштита од њиховог штетног дејства у оквиру које спада и изградња, реконструкција, санација, одржавање и управљање водним објектима за заштиту од ерозија и бујица у јавној својини и извођење радова и мера за заштиту од ерозије и бујица, у складу са законом; коришћење и уређење вода; заштита вода од загађења и послови од општег интереса (2021б). Организациона структура ЈВП “Србијаводе” дефинисана је Правилником о унутрашњој организацији и систематизацији послова. Управљање у предузећу организовано је као једнодомно (Одлука о усклађивању пословања Јавног

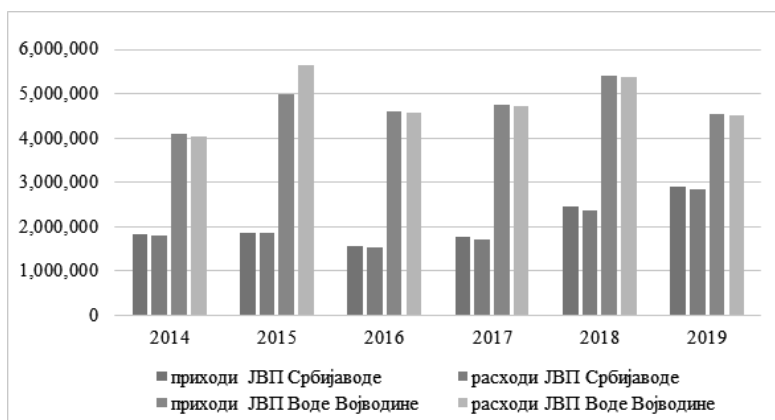
водопривредног предузећа „Србијаводе” са Законом о јавним предузећима, „Службени гласник РС”, бр. 70/13 и 113/13). Органи ЈВП Србијаводе су Надзорни одбор и Директор (Драговић, 2020).

Скупштина АП Војводине је на својој седници одржаној 8. маја 2002. године донела одлуку о оснивању ЈВП “Воде Војводине” за обављање делатности управљања водама на територији АП Војводине. Предузеће је почело са радом 1. марта 2003. године. Један од главних циљева оснивања предузећа је стручно, ефикасно и ефективно управљање водама које ће омогућити како правним, тако и физичким лицима подједнаке услове коришћења воде (2021a). Основне делатности ЈВП “Воде Војводине” су: одбрана од поплава (Укупна дужина одбрамбених насипа у Војводини је 1.460 km), одводњавање и наводњавање (303 система за одводњавање са 1.776.509 ha земљишта, могуће наводњавање око 936.000 ha), пловидба, рибарство, управљање заштићеним природним добрима и међународна сарадња (Анђелковић, 2021).

Истраживања организационог пословања у области заштите земљишта од ерозије и уређења бујица врше се применом метода анализе и синтезе. Метода анализе примењује се за утврђивање финансирања радова у овој области увидом у финансијске извештаје ЈВП “Србијаводе” и ЈВП “Воде Војводине”. После спроведене анализе, применом методе синтезе обрађени су добијени резултати и изведени закључци.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

За анализу пословања ЈВП “Србијаводе” и ЈВП “Воде Војводине” коришћени су финансијски извештаји ових предузећа за период од 2014-2019. године. Финансијски извештаји за 2020. су рађени квартално због проглашеног ванредног стања и опште епидемиолошке ситуације у држави услед пандемије COVID19, тако да ови извештаји нису узети за анализу.

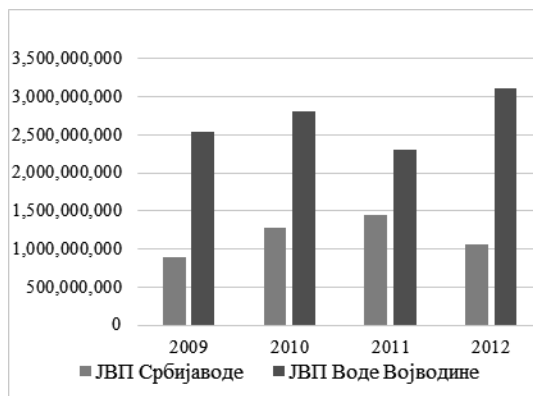


Графикон 1. Укупни приходи и расходи ЈВП “Србијаводе” и ЈВП “Воде Војводине” у периоду од 2014-2019. године према финансијским извештајима (10³ дин)

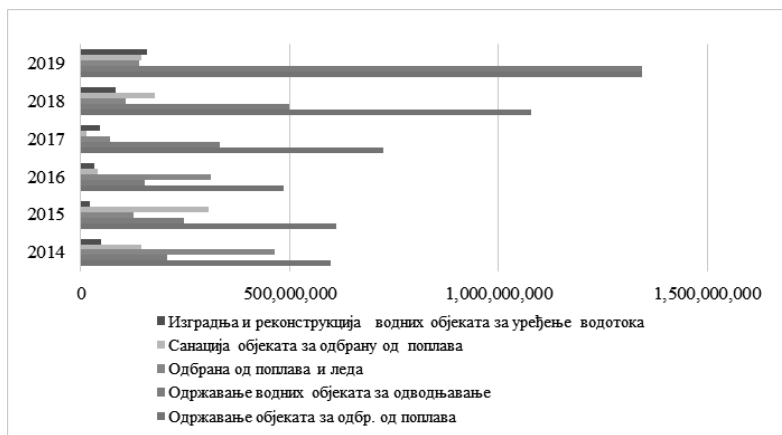
Финансијски извештаји о пословању ЈВП “Србијаводе” показују пораст остварених прихода/расхода у посматраном периоду, док је финансирање радова у оквиру ЈВП “Воде Војводине” у периоду од посматраних шест година било неравномерно. Расходи су углавном пратили приходе и били мањи од њих што говори о успешности пословања посматраних предузећа. Изузетак је негативно пословање ЈВП “Воде Војводине” у

2015. години када су расходи били већи од прихода (Графикон 1). Разлог томе је повећан обим радова за санацију штета насталих поплавама 2014. године.

Посматрајући период од 2006-2012. године може се уочити да је финансирање радова у оквиру делатности ЈВП “Воде Војводине” се повећавало, док финансирање радове које је изводило ЈВП “Србијаводе” је имало пад у 2012. у односу на 2011. годину (Графикон 2). Приходи ЈВП “Србијавода” у наредном периоду (2014-2019) су значајно повећани. Један од разлога је свакако и п неопходност већег издвајања средстава из буџета због санације последица од поплава у 2014. години које су се десиле на територији Србије на којој управљање водама врши ЈВП “Србијаводе”.



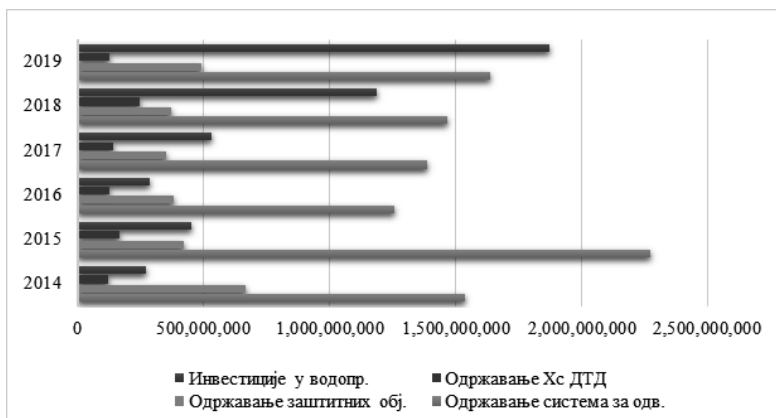
Графикон 2. Финансирање делатности ЈВП “Србијаводе” и ЈВП “Воде Војводине” у периоду од 2009-2012. године (дин)



Графикон 3. Рализовани радови ЈВП “Србијаводе” у периоду 2014-2019. година

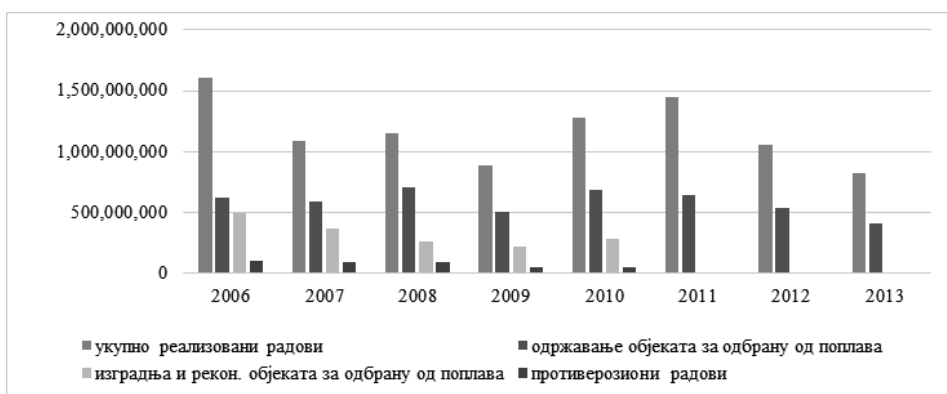
Највише реализованих радова, односно највећа улагања ЈВП “Србијаводе” је у посматраном периоду имало за одржавање објеката за одбрану од поплава (Графикон 3). Приходи/расходи на санацији објеката за одбрану од поплава били су највећи 2015. године, што је последица поплава са катастрофалним последицама 2014. године. Иначе, улагања у санацију објеката за одбрану од поплава су веома мала у односу на финансирање осталих делатности овог предузећа. Оно што такође није повољно за

развој водопривреде и превенцију од поплава су веома мала улагања у изградњу и реконструкцију објеката за уређење водотокова. Она су нешто повећања 2019. године али још увек недовољно за смањење ризика од штетних последица поплава.



Графикон 4. Реализовани радови ЈВП "Воде Војводине" у периоду 2014-2019. година

Анализирајући финансијско пословање ЈВП "Воде Војводине" у периоду од 2014-2019. године према појединим реализованим активностима, уочава се да су највећи расходи били за одржавање система за одводњавање а најмањи за одржавање Хидросистема Дунав-Тиса-Дунав. У пословању овог предузећа посебно треба истаћи значајно повећање инвестиција у водопривреди у 2018 и 2019. години које је последица успешне реализације више међународних пројеката. У величини финансирања за одржавање заштитних објеката нема већих осцилација у посматраном периоду (Графикон 4).

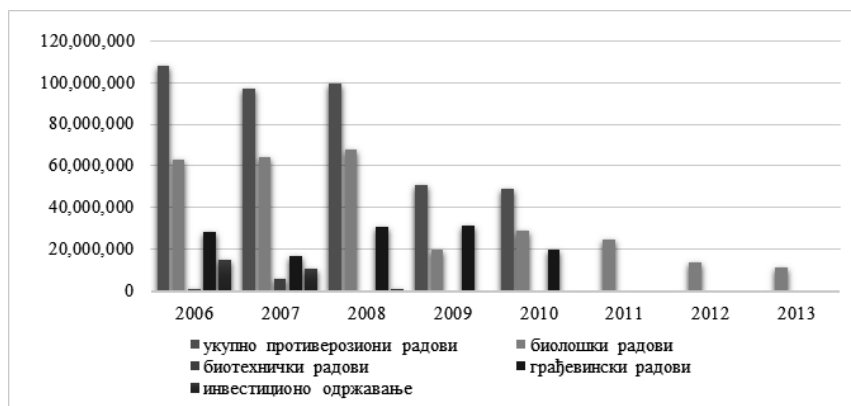


Графикон 5. Финансирање делатности ЈВП "Србијаводе" у периоду 2006-2012. године (дин)

Поређећи посматрани период пословања ЈВП "Србијаводе" и ЈВП "Воде Војводине" са периодом од 2006-2013. године могу се констатовати значајна одступања. Укупно финансирање радова у периоду од 2007 до 2011. године је повећано, да би од 2011. до 2013. године, био забележен пад финансирања радова у ЈВП "Србијаводе" (Графикон 5) (Драговић, 2014). За поједине делатности овог предузећа значајну прекретницу представља 2010. година када је усвојен нови Закон о водама. Овим Законом је

управљање и уређење бујичних токова (водотоци II реда) дато у надлежност локалним самоуправама. Од тада се у финансијским извештајима ЈВП “Србијаводе” не налазе посебно издвојени противерозиони радови него су они обухваћени другим делатностима, као што је нпр. „Одржавање објеката за одбрану од поплава“, с тим да је том називу додато и „ерозије и бујица“. На овај начин не може да се има увид у финансирање појединих противерозионих радова. Задржана је само позиција за биолошке радове, за чије одвијање се издваја занемарљиво мало средстава у односу на потребе.

Интегрална заштита од бујичних поплава и ерозије земљишта обухвата низ мера и радова, при чему се под противерозионим мерама подразумевају акције којима се утиче на начин обраде, одржавање и управљање земљиштем, шумама и водама, а под радовима подухвати којима се непосредно врши материјална изградња бујичног слива или ерозионог подручја (технички, биолошки, биотехнички и агротехнички радови) (Костадинов, 1996). *Поплаве које су се десиле 2014. године, и које су имале катастрофалне последице, у највећој мери су настале на бујичним токовима. У циљу превенције од бујичних поплава неопходно је спроводити интегрално уређење бујичних сливова које подразумева реализацију свих предвиђених радова. Недовољно финансирање ових радова имаће и даље за последицу појаву бујичних поплава са несагледивим материјалним штетама (Dragović et al, 2017).*

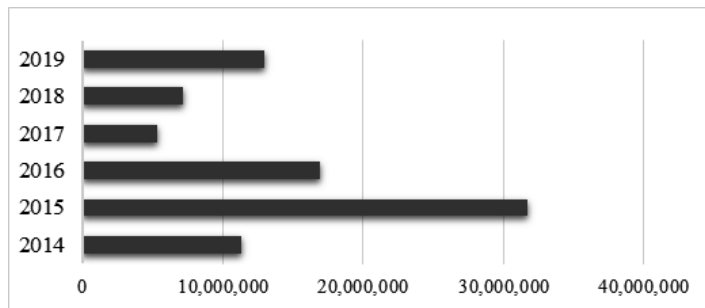


Графикон 6. Финансирање противерозионих радова у периоду од 2006-2013. - ЈВП “Србијаводе” (дин)

У структури финансирања противерозионих радова у периоду до 2010. године налазили су се, поред биолошких радова и грађевински (технички) и биотехнички радови (Графикон 6). Биотехнички радови су нажалост престали да се финансирају још 2008. године. Исте године, након значајног смањена, престало је и издвајање за инвестиционо одржавање. Финансирање техничких радова у периоду до 2010. било је значајно, да би након тога средства за финансирање техничких радова, била знатно умањена, и прикључена укупним средствима за „Санацију објеката за одбрану од поплава“ и „Одржавање објеката за одбрану од поплава“.

Финансирање биолошких радова настављено је са посебном позицијом и након 2010. године, с тим да се величина годишњег финансирања веома разликује у периоду од 2014-2019 године (Графикон 7). Просечно финансирање биолошких радова од 15 мил. динара годишње износи незнатан проценат у односу на друге делатности, нпр. одржавања

објеката за одбрану поплава и директно утиче на повећање еродираних подручја, а тиме и на повећање ризика од бујичних поплава. Значајније финансирање ових радова десило се 2015. године када је и укупно финансирање свих радова било повећано због последица поплава 2014. године.



Графикон 7. Финансирање биолошких радова у периоду од 2014-2019. године – ЈВП “Србијаводе”

ЗАКЉУЧАК

У периоду пре 1967. године радови на заштити од ерозије и бујица финансирали су се у оквиру шумарства. После укидања Закона о заштити земљишта од ерозије и уређењу бујица 1965. и доношењем Закона о водама 1967, заштита земљишта од ерозије и уређење бујичних сливова се организује и финансира у оквиру водопривреде. Носиоци активности у овој области су јавна водопривредна предузећа: ЈВП “Србијаводе” и ЈВП “Воде Војводине”. У раду је анализирана структура, делатност и пословање наведених предузећа са акцентом на финансирање и реализацију радова на заштити од ерозије и бујица. Анализа пословања ЈВП “Србијаводе” и ЈВП “Воде Војводине” вршена је на основу доступних финансијских извештаја у периоду од 2014. до 2019. године. Оба посматрана предузећа су имала позитивно пословање у наведеном периоду. Највећа извајања за санацију објеката за одбрану од поплава, одржавање објеката и биолошке радове била су 2015. године због последица поплава из 2014. године. За анализу организационог пословања у области заштите од ерозије и уређења бујица вршено је поређење пословања ова два предузећа са периодом од 2006 до 2013. године. Усвајањем Закона о водама 2010. године и преношењем надлежности за заштиту од ерозије и уређење бујица са републичког на локални ниво, промењена је и структура финансирања ове области у ЈВП. Планови и извештаји ЈВП “Србијаводе” до 2010. године су садржале извојену позицију за противерозионе радове, док је након тог периода остало извојено само финансирање биолошких радова. Поплаве коју су се дешавале на подручју Србије у протеклом периоду су имале карактер бујичних поплава. Неорганизовање, односно не финансирање превентивних радова повећава ризик од њихове појаве са катастрофалним последицама.

ЛИТЕРАТУРА

(2015): Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године, “Службени гласник РС», бр. 3/2017

(2018): Закон о водама, “Службени гласник РС”, бр. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 и 95/2018 – др. закон)

(2019): Закон о јавним предузећима, „Службени гласник” РС , бр. 15/2016 и 88/2019

(2021a): <https://vodevojvodine.com/>, приступљено 8.12.2021.

(2021b): <http://www.srbijavode.rs/>, приступљено 7.12.2021.

Анђелковић, Н. (2021): Организационо пословање у заштити земљишних и водних ресурса, завршни рад, Универзитет у Београду Шумарски факултет

Драговић, Н. (2020): Организација противерозионих радова, материјал за припрему испита, Универзитет у Београду Шумарски факултет

Костадинов, С. (1996): Бујични токови и ерозија, Универзитетски уџбеник, Шумарски факултет Универзитет у Београду

Милутиновић, С. (2020): Управљање природним ресурсима, универзитетски уџбеник, Универзитет у Нишу Факултет заштите на раду

Dragović, N., Zlatić, M., Petković, S. (2007): Comparative Analysis of Institutional Organization of Erosion and Torrent Control in Serbia and Some EU Countries, Conference Proceedings „Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River Basin Management“- marking 100 years of experience with erosion and torrent control in Serbia, on CD, p.p. 1-10, publisher Faculty of Forestry University of Belgrade, Belgrade, ISBN: 978-86-80439-07-5;

Dragović, N., Ristić, R. (2013): Institutional Organisation and Financing of Works for the Protection of Soil from Erosion and Torrent Control in Serbia: Current Problems and Possible Solutions, Wildbach- und Lawinenverbau, Journal of Torrent, Avalanche, Landslide and Rock Fall Engineering, Juni 2013, Heft Nr, 171, pp. 256- 266, ISBN: 978-3-9503089-5-2

Dragović, N. (2014): Organizovanje i finansiranje radova za zaštitu zemljišta od erozije i uređenja bujica u okviru vodoprivrede, stručni skup „Bujične poplave u Srbiji maja 2014. godine“, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet

Dragović, N., Vulević, T., Todosijević, M., Kostadinov, S. Zlatić, M. (2017): Minimization of direct costs in the construction of torrent control structures. Tehnicki vjesnik-Technical gazette 24 (4), 1123-1128.

Jevtić, Lj., Kostadinov, S, Zlatić, M., Vučićević, D. i Milojević, V. (1992): Uređenje bujica i zaštita od erozije, *Poglavlje u monografiji: Šumarstvo i prerada drveta u Srbiji kroz vekove*, Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta Srbije, Beograd (245-270)

ПРОТИВЕРОЗИОНО УРЕЂЕЊЕ НЕПОСРЕДНОГ СЛИВА АКУМУЛАЦИЈЕ МХЕ „РЕКОВИЋИ“ НА РЕЦИ ЛИМ, ПРИБОЈ

EROSION CONTROL WORKS ON THE DIRECT BASIN OF THE REKOVIĆI SHPP WATER RESERVOIR ON THE LIM RIVER, PRIBOJ

Милутин Стефановић¹, Ирина Стефановић¹, Рената Пузовић¹

Институт за водопривреду „Јарислав Черни“, ул. Јарослава Черног 80, Пиносава,
Београд, Србија

ИЗВОД

Лим је међународна река, која у дужини од 220 km протиче кроз Црну Гору, Србију и Босну и Херцеговину (Република Српска) и улива се у Дрину. Извире из Плавског језера у Црној Гори и улива се у Дрину између Горажда и Вишеграда.

Река Лим има значајан хидроенергетски потенцијал који је делимично искоришћен изградњом хидроелектране ХЕ „Потпећ“ снаге 54 MW.

У циљу искоришћење преосталог расположивог хидро потенцијала реке Лим, планирана је изградња низа хидроелектрана. С обзиром на ограничења која данас постоје дуж целе долине реке Лим, као што су постојећи инфраструктурни објекти (пут, пруга), као и многа насеља, искоришћење енергетског потенцијала планирано је углавном изградњом низа „нижих“ прибранских ХЕ.

Једна од могућих локација за изградњу ХЕ на деоници реке узводно од Прибоја, па до постојеће ХЕ „Потпећ“ јесте и локација МХЕ „Рековићи“.

Локација будуће МХЕ „Рековићи“ налази се на приближно 3,4 km низводно од постојеће ХЕ „Потпећ“, односно непосредно низводно од погона фабрике ФАП, који се налази на десној обали реке.

У оквиру овог рада биће приказана појава ерозионих процеса у сливу, представљена угроженост акумулације од наноса и дата техничка решења објеката за противерозиону заштиту акумулације МХЕ „Рековићи“.

Кључне речи: МХЕ, ерозија, противерозиона заштита

Abstract

Lim is an international river that flows 220 km in length through Montenegro, Serbia and Bosnia and Herzegovina (Republika Srpska) and flows into the Drina. It springs from Lake Plav in Montenegro, and flows into the Drina between Gorazde and Visegrad.

The Lim River has a significant hydropower potential, which was partially used by the construction of the 54 MW HPP Potpeć hydropower plant.

In order to use the remaining available hydro potential of the Lim River, the construction of a number of hydropower plants is planned. Given the restrictions that exist today along the entire Lim River valley, such as existing infrastructure facilities (roads, railways), as well as many settlements, the use of energy potential is planned mainly by building a series of “lower” dam HPPs.

¹ milutin.stefanovic@jcerni.rs

One of the possible locations for the construction of HPPs on the section of the river upstream from Priboj to the existing HPP Potpeć is the location of SHPP “Rekovići”.

The location of the future SHPP “Rekovići” is located approximately 3,4 km downstream from the existing HPP Potpeć, or directly downstream from the FAP plant, which is located on the right bank of the river.

Within this paper, the occurrence of erosion processes in the basin will be presented, the endangerment of the reservoir from sediment will be presented and technical solutions of facilities for erosion control works, of the SHPP “Rekovići” protection, will be given.

Keywords: SHPP, erosion, erosion control works

УВОД

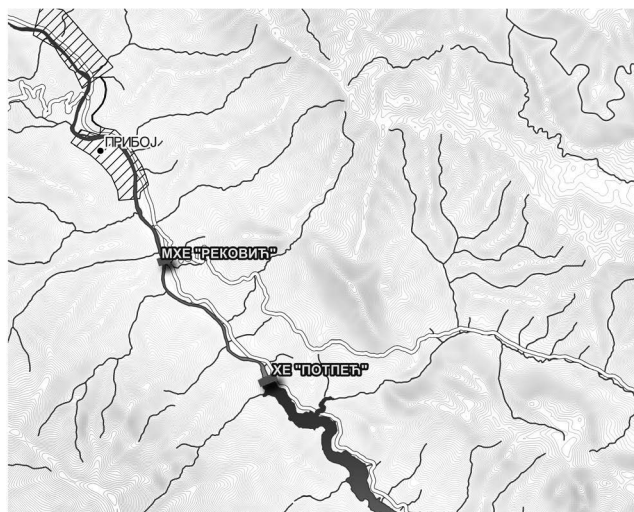
Полимље представља географску целину, која обухвата слив Лима на територији Србије и Црне Горе. На територији Србије припада субрегији Стари Влах и Рашка. Средишњим делом Полимља тече река Лим, по коме је регија добила име. Полимље у Србији обухвата територије четири општине: Нову Варош, Прибој, Пријеполје и Сјеницу.

Након проласка кроз Пријеполје, Лим улази у Потпећко језеро. После ХЕ „Потпећ“, Лим протиче кроз Прибој и Рудо и улива се у Дрину, 2 km низводно од места Међеђа.

Лим је дугачак 220 km. Слив обухвата 5.784 km² (од чега 115 km² у Албанији). Проток Лима на ушћу у Дрину је око 113 m³/s.

Река Лим располаже великим, до сада углавном неискоришћеним хидропотенцијалом.

МХЕ „Рековићи“ је прибранска мала хидроелектрана која је предвиђена на реци Лиму на подручју општине Прибој, 3,4 km низводно од постојеће ХЕ „Потпећ“, око 4 km узводно од града Прибоја, у непосредној близини фабрике ФАП. Положај бране ХЕ „Потпећ“ и бране МХЕ „Рековићи“ је приказан на слици бр.1.



Слика 1 Положај бране ХЕ „Потпећ“ и бране МХЕ „Рековићи“
Figure 1 Position of the dam “HPP” Potpeć “and the dam SHPP” Rekovići “

За израду противерозионе заштите слива акумулације МХЕ „Рековићи“ коришћене су топографске, геодетске, геотехничке, хидролошке и хидрауличке подлоге.

- Топографске подлоге представља прегледна карта подсливова акумулације МХЕ „Рековићи“, приказана на слици 2, размере 1:25.000.
- Геолошка подлога је Основна геолошка карта (лист Пријеполје), размере 1:100.000.
- Педолошке подлоге представљају педолошке карте урађене у Институту за земљиште (Вардиште 3, Вардиште 4) у размери 1:50.000.

Подаци о засипању наносом акумулације Потпећ су преузети из Техничке документације о начину коришћења Лимских ХЕ, Књига 2: ХЕ Потпећ, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“–Завод за бране, хидроенергетику, руднике и саобраћајнице, 2006.

ОБЈЕКТИ ИСТРАЖИВАЊА И МЕТОДА РАДА

Цела методологија противерозионог уређења се базира на интегралном уређењу сливних површина, применом техничких, биотехничких и биолошких радова, као и применом административних мера у сливу.

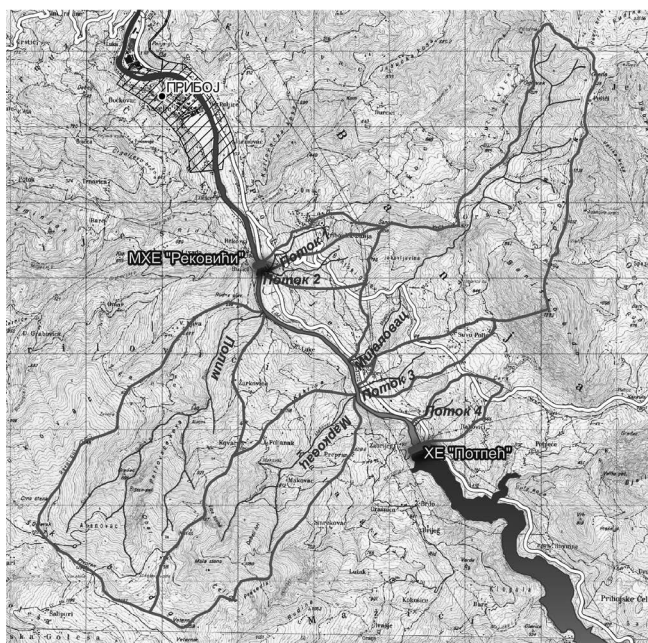
Основни циљ израде пројекта противерозионог уређења слива акумулације МХЕ „Рековићи“ је заштита акумулација од засипања наносом. Концепција решења противерозионе заштите усвојена у овом пројекту комбинује директне радове за уређење бујица и заштиту од ерозије и скуп противерозионих административних мера.

У складу са уоченим природним карактеристикама слива акумулације МХЕ „Рековићи“, анализом израђених подлога, расположиве техничке документације, као и непосредним обиласком терена, детерминисане су основне смернице за противерозионо уређење. Оне садрже следеће сегменте: подизање техничких објеката у кориту притока у циљу заустављања наноса, стабилизације корита и обала (преграда), биотехничких објеката (плетера) и примену административних мера (забране и препоруке).

РЕЗУЛТАТИ СА ДИСКУСИЈОМ

Физичко-географске карактеристике

Сливно подручје акумулације МХЕ „Рековићи“ припада Полимљу и налази се између ХЕ „Потпећ“ и града Прибоја. Обухвата 7 подсливова, притока Лима и сви токови су бујичног карактера. Прегледна карта подсливова је приказана на слици 2.



Слика 2 Прегледна карта подсливова
Figure 2 Overview map of sub-basins

Рељефне карактеристике сливова приказане у табели у наставку су одређене обрадом основне топографске карте.

Табела 1 Геоморфолошке карактеристике сливова
Table 1 Geomorphological characteristics of watersheds

Име тока	Поток 1	Поток 2	Мијајловац	Поток 3	Поток 4	Полим	Маковац
Површина слива (km ²)	0,36	0,67	5,5	0,58	0,75	5,8	3,6
Обим слива (km)	3,77	5,33	5,50	3,34	4,48	10,90	8,50
Дужина тока (km)	1,17	1,22	5,60	0,69	1,06	5,20	3,90
Дужина слива (km)	1,50	1,60	5,30	1,30	2,00	4,30	3,60
Средњи пад слива (%)	23,46	23,82	32,80	24,97	22,78	36,80	39,50
Средњи пад тока (%)	15,16	18,94	12,40	23,30	15,06	17,30	23,30
Уравнати пад тока (%)	14,99	14,99	11,60	20,24	12,42	13,70	19,60
Lc (km)	0,94	1,00	2,80	0,65	1,02	2,90	1,90
Кота ушћа (mnm)	395	395	400	400	400	406	422
Макс. кота тока (mnm)	570	620	1106	550	550	1321	1345
Макс. кота слива (mnm)	858	858	1214	735	780	1321	1345
Средња надморска висина (mnm)	547,00	558,30	845,00	553,70	560,50	892,00	813,00
Средња висинска разлика (mnm)	152,00	163,30	445,00	153,70	160,50	486,00	391,00

Геолошко-педолошко карактеристике

Геолошке карактеристике терена

Геолошка грађа непосредног сливног подручја акумулације има велики утицај на тип и генезу земљишних творевина, као и на ерозионе процесе. Познавање основне геолошке грађе је важно због реалније процене продукције ерозионог материјала на сливу и у кориту, као и могућности транспорта на ниже деонице. Приказ геолошке грађе истражног подручја дат је на основу ОГК 1:100.000, лист Пријепоље, припадајућег Тумача, као и обиласка непосредног слива акумулације МХЕ „Рековићи“. У геолошком саставу терена ширег утицајног подручја предвиђене бране и акумулације, учествују различите литостратиграфске јединице, а које су издвојене као: горње тријаски кречњаци, јурска дијабаз-рожначка формација и квартарне наслаге.

Горњи тријас – слојевити кречњаци (). Појава слојевитих кречњака карнијског ката налази се источно од Прибојске Бање, на око 2,5 до 3,5 km од места бране. То су делом слојевити, органогено детритични, ређе микрокристалсти или оолитични спрудни кречњаци.

Јура – Дијабаз-рожначка формација ($J_{2,3}$) – Творевине дијабаз-рожначке формације имају највеће распрострањење у ширем подручју долине реке Лима на делу између Пријепоља и Прибоја. У непосредном утицајном подручју бране и акумулације према досадашњим знањима терен изграђују искључиво стене дијабаз-рожначке формације и квартара.

Ова формација је хетерогеног литолошког састава, у којој, на ширем подручју преовлађују пешчари, алевролити и глинци са рожнацима, ретки су кречњаци. Од магматских стена заступљени су дијабази, дијабазне брече, спилити и ретко серпентинити.

У дијабаз-рожначкој формацији разматраног утицајног подручја, која је најзаступљенија на левој обали, међу седиментним члановима преовлађују пешчари и глинци уз учешће и рожнаца. Од вулканских стена унутар ове формације на овој долиној страни се налазе дијабазне брече, али са знатно мањим распрострањењем.

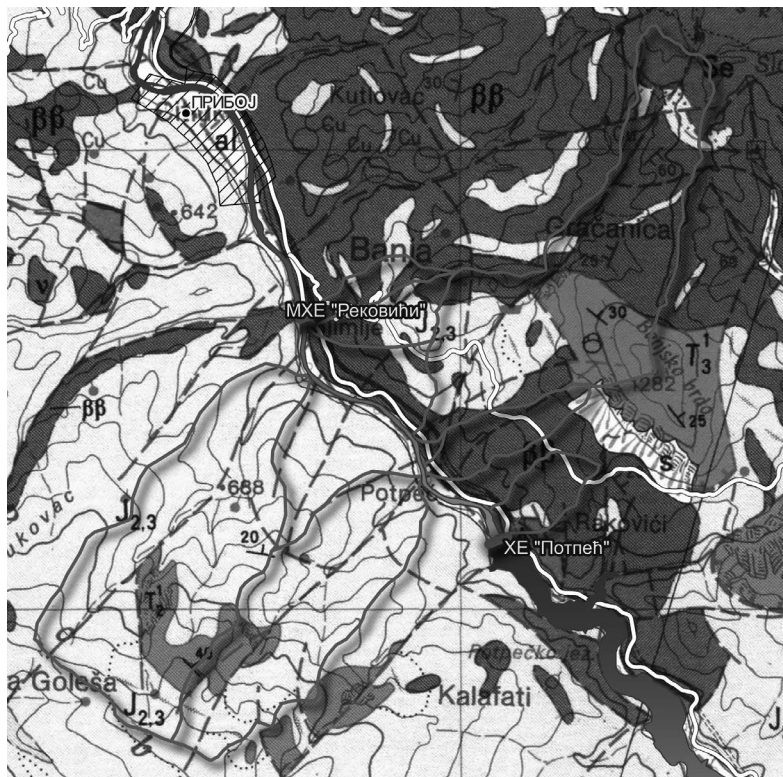
Ове творевине представљају услојене стенске комплексе, који су обично тектонски доста поломљени и убрани. Врло често је изражена „хаотична“ грађа, посебно пешчара кад се јављају са глинцима.







Дијабазне брече, дијабази, ређе спилити граде терен углавном на десној обали Лима, практично на целом потезу од ХЕ „Потпећ“ до МХЕ „Рековићи“ и даље низводно до Прибоја. Ове стене су тамнозелене до љубичасто мрке боје, које се појављују делом у виду „pillow lava“, а делом и као масивне стене.

Као што је већ речено, цела дијабаз-рожначка формација је и на овом делу терена изразито литолошки хетерогена са врло честим вертикалним и латералним смењивањем и променама. Ово представља посебну геолошку и структурну специфичност ове формације на целом подручју бране и акумулације.

Амфиболити и амфиболитски шкриљци (А) – У подручју бране ХЕ „Потпећ“ налазе се ове стене, појављујући се као изоловане стенске масе у дијабаз-рожначкој формацији. Представљају масивне стене тамно зелене боје, са често изразитом тракастом текстуром. Контакти према околним формацијама су углавном тектонски.

Серпентинисани харцбургити (σε) – Налазе се у подручју бране ХЕ „Потпећ“, а представљају делове великог ултрамафитског – перидотитског масива Златибора. Појављују се као масивне стене, зелене до тамнозелене боје зависно од степена серпентинизације.



	Масивни спрудни кречњаци (норички кат)		Алувијум
	Претежно пешчари и глинци		Контактно промењене стене: амфиболити и амфуболитски шкриљци
	Серпетинисани харцбургити и харцбургити		Дијабази и дијабазне брече

Слика 3 Геолошка карта подручја МХЕ „Рековићи“
Figure 3 Geological map of the area of SHPP “Rekovići”

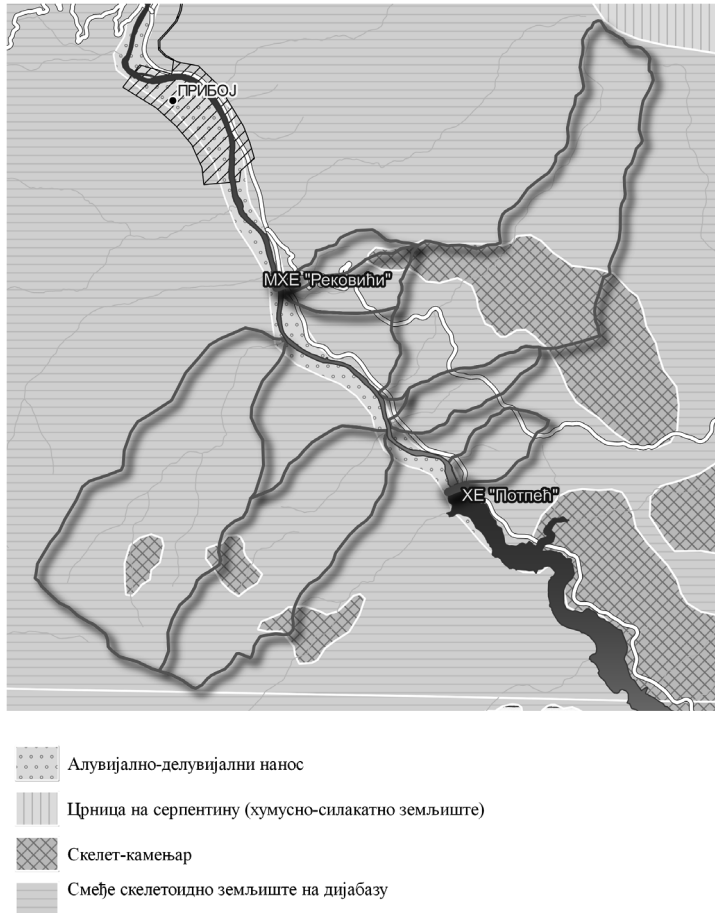
Квартар–алувијалне насlage – Покривају основне стенске масе у виду различитих литогенетских врста и типова наслага.

Алувијалне насlage распрострањене су у долини Лима, а изражене су као ниске алувијалне терасе и алувијални нанос речног корита. Ове насlage представљају песковито-шљунковите материјале, често доста заглињене. Прогнозна дебљина наноса

ниске речне терасе, која се налази дуж целе долине у боковима речног корита је углавном у границама од 3 до 4 m. Алувијални нанос речног корита прогнозно је веће дебљине, а која се очекује у границама од 5 до 7 m.

Педолошке карактеристике терена

Оваква геолошка подлога условила је развој следећих типова земљишта: скелетоидне црнице на серпентину заступљене на мањој површини у горњем делу слива и смеђег скелетоидног земљишта на дијабазу на већем делу сливне површине.



Слика 4 Педолошка карта подручја МХЕ "Рековићи"
Figure 4 Pedological map of the area of SHPP "Rekovići"

Камењар је тло претежно састављено од растрошеног скелета. Тло се ствара „in situ“ претежно физичким распадањем и ерозијом финих честица. Педогенеза није узрапредовала због младости тла, јаке ерозије или неповољних климатских услова. Оскудна вегетација акумулира мале количине органских материја, које се врло лако испирају кроз крупне поре каменог детритуса те је акумулација хумуса врло слаба и спорадична.

Смеђе скелетоидно земљиште на дијабазу су тла са моличним или охричним хумусно акумулативним хоризонтом који лежи непосредно изнад камбичног хоризонта. Формирају се на различитим супстратима – карбонати или богати базама.

Алувијално-делувијални нанос настаје као резултат узајамног деловања флувијалних процеса и делувијалног спирања на падинама. Ти процеси су по ободу подножја падина или у јаругама, а услед смењивања акумулације алувијалних наноса за време поводња и делувијума у току обилних атмосферских падавина. Одликује се слабо израженом сортираношћу и заобљеношћу одломака и честим смењивањем фракција према гранулометријском саставу у виду прослојака. У вертикалном профилу долази до смењивања алувијалне акумулације (шљункови) са делувијалном (суглине, супескови и ситан шљунак).

Начин коришћења земљишта

Начин коришћења земљишта значајно утиче на распрострањеност и обим ерозионих процеса. Анализом карте коришћења земљишта и обиласком терена утврђено је да на сливу акумулације доминирају површине под широколисним шумама (61,2%), затим претежно пољопривредно земљиште са већим површинама природне вегетације (16,4%), следе површине под прелазним шумовито-жбунастим пределима (12,2%), мешовите шуме (5,4%), четинарске шуме (2,1%), пашњаци и природне травнате површине (3,2%) и сложени обрасци обраде (1,1%). Табеларно је приказано начин коришћења земљишта по сливовима (Табела 2).

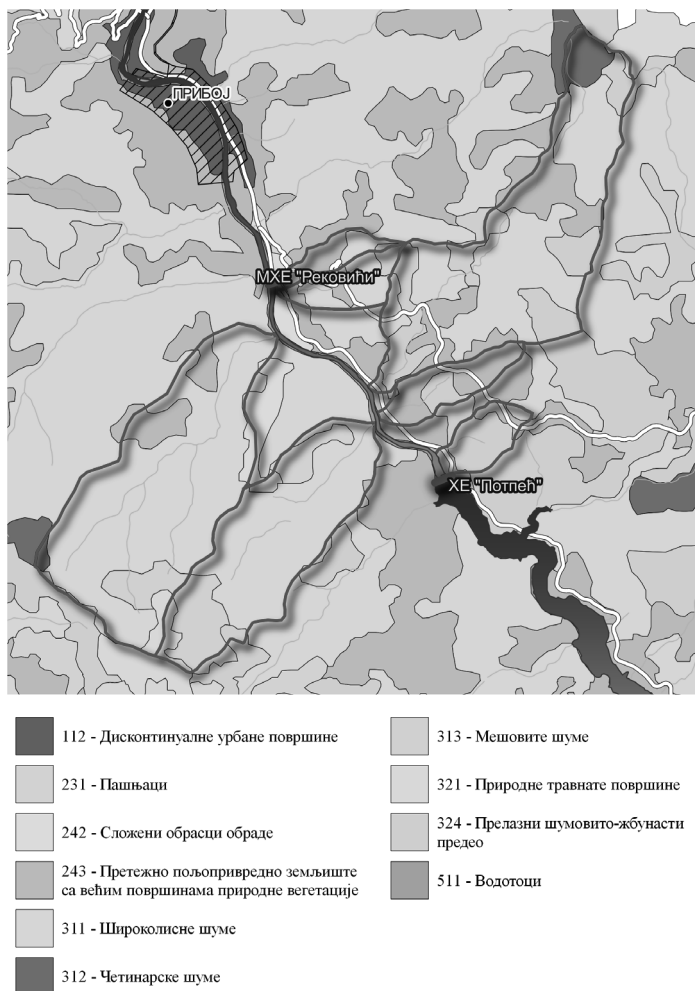
Табела 2 Начин коришћења земљишта
Table 2 Land use

Ток	Површина	231	242	243	311	312	313	321	324	511
	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Мијајловац	373,26	27,93	5,92	1,36	260,92		59,07	12,3	5,57	0,19
Поток 1	41,01		1,13	25,56	12,65				1,67	
Поток 2	67,67		1,4	16,92	41,59				7,76	
Поток 4	61,05			15,49	3,99				41,24	0,33
Поток 3	78,43			61,18	0,56				16,69	
Полим	574,81		10,56	45,58	462,23	5	35,25	12,77	3,38	0,04
Маковац	583,72			121,5	290,43	31,1	0,08	2,48	138,13	

Легенда:

- 231 Пашњаци
- 242 Сложени обрасци обраде
- 243 Претежно пољопривредно земљиште са већим површинама природне вегетације
- 311 Широколисне шуме
- 312 Четинарске шуме
- 313 Мешовите шуме
- 321 Природне травнате површине
- 324 Прелазни шумовито-жбунасти предео
- 511 Водотоци

Квалитетних обрадивих површина је мало, јер су оне углавном искоришћене за градњу кућа, путева и инфраструктурних објеката. На настанак голети утицали су прекомерне сече шума и обрада земљишта низ нагиб, као и природни чиниоци (нагиб терена и геолошко-педолошка подлога). На слици бр.5 приказана је карта начина коришћења земљишта (извор:Corine Land Cover 2018).



Слика 5 Карта начина коришћења земљишта

Figure 5 Map of land use

Климатско-метеоролошке карактеристике

Општину Прибој карактерише изразит климатски геодиверзитет. На релативно малом простору смењују се жупна, умерено-континентална и субалпска клима. Овакав изразит климатски диверзитет последица је велике рашчлањености рељефа (утицај планинских маса, хипсометрије, нагиба терена и експозиције) и регионалних ветрова.

Средња годишња температура у Прибоју износи $9,3^{\circ}\text{C}$, док је она на висоравнима око $7,6^{\circ}\text{C}$. Средња годишња количина падавина за прибојску општину износи 752 mm. На површима и узвишењима она је виша него у долини Лима, и креће се између 850-900 mm. Удео снежних падавина у укупним падавинама је такође различит. У долини Лима он износи 15%, на површима до 30%, док је на планинама преко 40%.

Ерозиони процеси у непосредним сливовима акумулације МХЕ „Рековићи“

Израда карте ерозије

Карта ерозије у сливу акумулације МХЕ „Рековићи“ је израђена Методом потенцијала ерозије, у пракси познатијом као Метода проф. С. Гавриловића. Овом методом се дефинише ерозиони и бујични потенцијал слива и омогућава квалитативно-квантитативно стање ерозије и бујичности токова.

Метода је базирана на утврђивању стања и интеракције ерозије, рељефних карактеристика слива и основних климатских карактеристика. Иако метода захтева теренске истражне радове, неупоредиво је бржа од вишегодишњег осматрања. Специјалистичким истраживањем и прорачунима израђује се квалитативно-квантитативна карта ерозије, која представља основни документ за даље прорачуне продукције ерозионих наноса и доспевања наноса до ушћа или до важног профила на току и дефинисање ерозионо-бујичних карактеристика целог подручја.

Основна величина којом се дефинише интензитет ерозије је коефицијент ерозије Z .

Класификација ерозије у картографском смислу дата је у табели 3 у виду квалитативних категорија. За практичну примену, свака категорија добила је одређену вредност коефицијента ерозије Z .

Табела 3 Квалитативна и квантитативна класификација ерозије
Table 3 Qualitative and quantitative classification of erosion

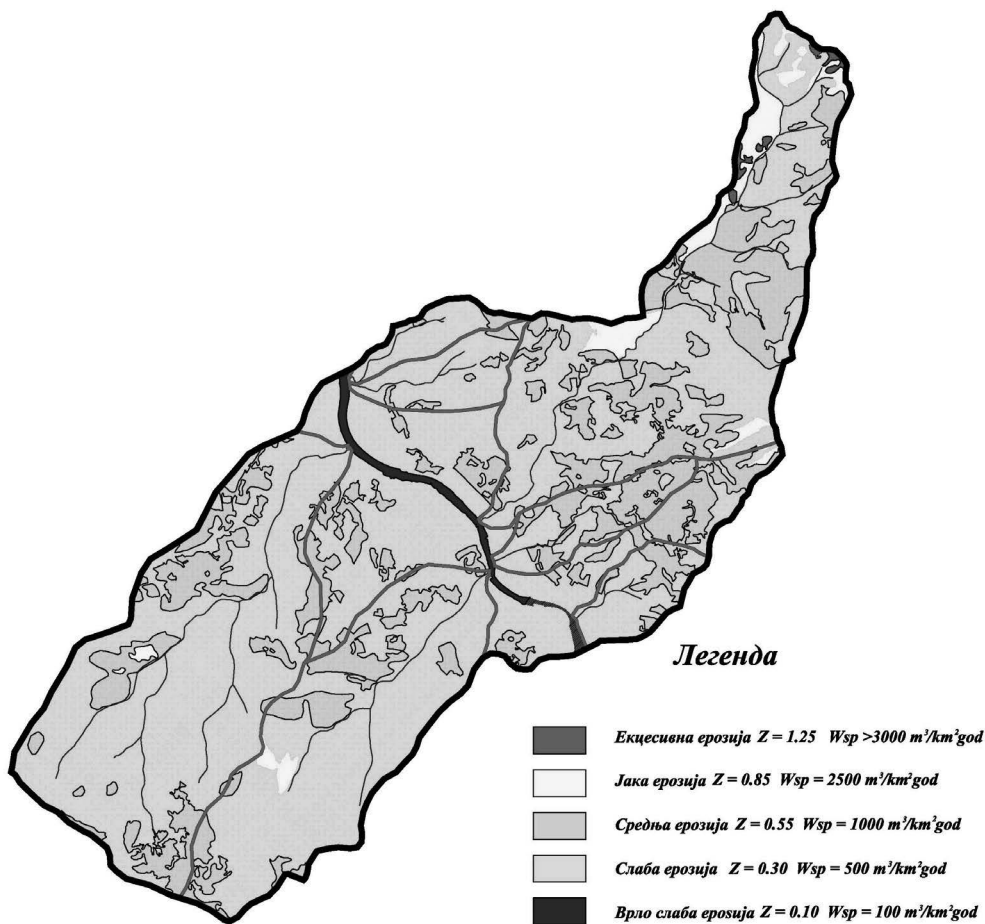
Категорија ерозије	Распон коеф. ерозије Z	Средња вредност Z	Квалитативно име категорије ерозије
I	$Z > 1,0$	$Z = 1,25$	ЕКСЦЕСИВНА
II	$0,71 < Z < 1,0$	$Z = 0,85$	ЈАКА
III	$0,41 < Z < 0,70$	$Z = 0,55$	СРЕДЊА
IV	$0,20 < Z < 0,40$	$Z = 0,30$	СЛАБА
V	$Z < 0,19$	$Z = 0,10$	ВРЛО СЛАБА

За сливно подручје акумулације МХЕ „Рековићи“ израђена је карта ерозије према прописаној процедури, у размери 1: 25.000. Карта ерозије приказана на слици бр.6.

За израду карте ерозије на располагању су биле и следеће подлоге:

- Топографске карте 1:25.000 за слив акумулације Рековићи 1
- Педолошка карта размере 1:50.000
- Геолошка карта размере 1:100.000
- Аерофото снимци
- Карта коришћења земљишта у размери 1:25.000 (израђена је на основу аерофото

снимака и одговара садашњем стању намене површина. Ова карта је израђена у векторској форми због мерљивости површина и за даљу примену).



Слика 6 Карта ерозије слива акумулације МХЕ „Рековићи“
Figure 6 Map of erosion of the basin of the SHPP “Rekovići”

Анализирајући карту ерозије за слив акумулације МХЕ „Рековићи“, јасно се уочава да доминирају површине захваћене средњом (III) и слабом (IV) ерозијом (нешто више од 80%). Екцесивне ерозије (I) се јавља само у сливу реке Мијајловац, док је јака (II) ерозија присутна на стрмијим теренима (3,5%) реке Мијајловац, Полим и Маковац. Врло слаба ерозија (V) није заступљена на овим теренима. Категорије ерозије приказане су у табели 4.

Средња вредност коефицијента ерозије за непосредни слив акумулације Рековићи 1 износи 0,37.

Табела 4 Ерозиони процеси у сливовима
Table 4 Erosion processes in catchments

Поток	КАТЕГОРИЈА ЕРОЗИЈЕ										Укупна површина	Коеф. ерозије Z
	I		II		III		IV		V			
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	
Поток 1					0,04	9,76	0,32	78,05			0,41	0,33
Поток 2					0,06	8,96	0,61	91,04			0,67	0,33
Мијајловац	0,07	1,27	0,56	10,1	1,92	34,91	2,95	53,64			5,5	0,46
Поток 3					0,16	27,59	0,42	72,41			0,58	0,37
Поток 4					0,41	54,67	0,34	45,33			0,75	0,44
Полим			0,03	0,52	1,16	20,0	4,61	79,48			5,8	0,35
Маковац			0,06	1,67	0,68	18,89	2,86	79,44			3,6	0,36

Прорачун продукције наноса

Категорије ерозије према методу проф. С. Гавриловића за разлику од других методологија, имају поред квалитативне и квантитативну вредност изражену коефицијентом ерозије (Z), што омогућује даље израчунавање продукције ерозионих наноса, према следећем обрасцу:

$$W_{\text{p}} = T \times H \times \pi \times \sqrt{Z^3} \quad \text{m}^3/\text{km}^2 \text{ год}$$

- W_{p} је просечна годишња специфична продукција ерозионих наноса по km^2
- H је средњегодишња сума падавина у mm (милиметара/годишње)
- Z је коефицијент ерозије израчунат према наведеној методологији
- T је температурни коефицијент који се израчунава помоћу обрасца:

$$T = \sqrt{\frac{t}{10}} + 0.1$$

где је:

- t средњегодишња температура ваздуха у степенима целзијуса ($^{\circ}\text{C}$).

Просечна годишња продукција ерозионих наноса за целокупно сливно подручје које се истражује (W_{G}), израчунава се множењем површине слива (F) у km^2 , са средњом специфичном продукцијом наноса (W_{p}).

$$W_{\text{G}} = F \times W_{\text{p}} \quad (\text{m}^3/\text{год})$$

Прорачун проноса наноса

Специфично средњегодишње доспевање ерозионог наноса (G_{p}) је запремина просечног годишњег доспевања наноса са квадратног километра површине слива која дође до конкретног профила, и израчунава се множењем вредности специфичне средњегодишње продукције ерозионог наноса (W_{p}) са коефицијентом ретензије наноса (R_{U}):

$$G_{\text{p}} = W_{\text{p}} \times R_{\text{U}} \quad (\text{m}^3/\text{km}^2 \text{ год})$$

Како је доспевање наноса до профила истовремено и пронос наноса кроз профил, уколико је у питању профил на току, није редак случај да се ови термини користе као синоними иако су у питању два различита процеса. Међутим, када је у питању улазни профил у акумулацију користи се само термин „доспевање“, јер је у случају акумулација то коректнији термин, с обзиром да природног проноса наноса практично нема.

Укупно средњегодишње доспевање ерозионог наноса (G_G) израчунава се множењем укупне средњегодишње продукције ерозионог наноса (W_G) и коефицијента ретензије наноса (R_U).

$$G_G = W_G \times R_U \quad (\text{m}^3/\text{год})$$

Сви резултати извршених прорачуна продукције и доспевања наноса по методу проф. С. Гавриловића за непосредне сливове акумулације Рековићи 1 приказани су у табели 5

Табела 5 Резултати прорачуна продукције и проноса наноса
Table 5 Results of production and sediment transport calculations

Ток	Површина слива km ²	Коеф. ерозије Z	Продукција наноса		Коеф. ретензије Ru	Пронос наноса	
			специфична W _{sp} m ³ /km ² /год	укупна WG m ³ /год		специфични G _{sp} m ³ /km ² /год	укупни GG m ³ /год
Поток 1	0,36	0,33	414,39	149,18	0,27	112,33	40,44
Поток 2	0,67	0,33	412,66	276,49	0,33	137,25	91,96
Мијајловац	5,5	0,46	678,55	3732,02	0,60	410,35	2256,91
Поток 3	0,58	0,37	494,91	287,05	0,27	132,68	76,96
Поток 4	0,75	0,44	637,19	477,89	0,31	195,41	146,56
Полим	5,8	0,35	474,12	2749,88	0,61	287,17	1665,57
Маковац	3,6	0,36	469,82	1691,34	0,52	246,47	887,31

Прорачун угрожености акумулације од засипања наносом од непосредних притока

Прорачун продукције и доспевања наноса до акумулације обављен је поменутом методом, а резултати су приказани у предходним табелама.

У конкретном случају најважнији је податак о укупном средњегодишњем доспевању наноса у акумулацију, у табели означен са G_G (m³/год). Примењена методологија, у оквиру вредности средњегодишњег доспевања, даје сумарну вредност вученог и суспендованог наноса. Сама вредност средњегодишње запремине наноса који доспева у акумулацију не изгледа велика, међутим акумулација је изграђена да траје најмање педесет година, што значи да ће, уколико ерозија на сливу задржи интензитет, у акумулацију dospети педесет пута већа запремина наноса односно:

$$G_{50} = G_G \cdot 50 \text{ год} \quad (\text{m}^3)$$

Да би се сагледао реалан степен угрожености акумулације ерозионим наносима потребно је сагледати везу интензитета засипања акумулације, коефицијента ерозије и запремине акумулације. Запремина наноса који ће dospети у акумулацију током педесет година, само је ерозиони потенцијал који угрожава акумулациони простор.

Ова запремина је константа за конкретни профил и мења се само у складу са променом интензитета ерозије на сливу. Исто тако та запремина не зависи од промена запремине акумулације, већ само од ерозионог потенцијала слива. Запремина наноса одговара утврђеном

коэффициенту ерозије, односно средњем интензитету ерозионих процеса на сливу.

Продукција и пронос наноса су функционално зависни од коефицијента ерозије, и то експоненцијално, са зависношћу која се изражава функцијом:

$$K = (Z^3)^{1/2}$$

Зато је у односу на идеално мали коефицијент ерозије ($Z_1=0,1$), одговарајуће доспевање наноса веће за однос:

$$K = (Z^3)^{1/2} / (0,1)^{1/2} = (Pe)$$

Управо ова вредност је једнака вредности ерозионе угрожености акумулације од засипања ерозионим наносима (Pe). Овај коефицијент је константа слива и не зависи од величине акумулације.

Ерозиони наноси засипају укупну запремину акумулације, па је зато важан коефицијент запреминске угрожености ерозионим наносима (Pzu). Тај коефицијент је однос педесетогошње запремине наноса (G_{50}) и запремине која износи 60% запремине акумулације (Va) (у случају када је 60% запремине акумулације засуто, акумулација губи акумулациону функцију и сматра се потпуно засутом).

$$Pzu = G_{50} / (0,6 * Va)$$

Реална угроженост акумулације ерозионим наносима износи:

$$U = Pzu * Pe$$

Резултати прорачуна су приказани у табели 6.

Табела 6 Прорачун угрожености акумулација од засипања ерозионим наносима у функцији запремине
Table 6 Calculation of the vulnerability of reservoirs from backfilling by erosion deposits as a function of volume

Назив профила	Ток	Површ. слива	Запремина акумулације	Засипање наносом за 50 година	Коефицијент угрожености		Укупна угроженост акумулације од засипања
		F			ерозиони	запремински	
		km ²	Va	G50	Peu	Pzu	U
МХЕ „Рековићи 1“	Непосредне притоке	21,78	510.000	260.000	0,73	0,85	0,62

На основу израчунатих вредности коефицијената угрожености акумулација ерозионим наносима, може се констатовати да је анализирани профил угрожен засипањем ерозионим наносима.

Угроженост засипањем је у оквирима када трошкови заштите од засипања имају рационалне вредности.

Овај прорачун је начињен на бази предвиђања да ће се интензитет засипања ерозионим наносима одржати на истом нивоу, што ће се и догодити уколико се не предузму радови за заштиту слива од ерозије и радови на уређењу бујичних токова.

Разрада противерозионог уређења

На основу анализе израђених подлога и концепта противерозионог уређења слива акумулације МХЕ „Рековићи“, формулисано је идејно решење што је основни циљ израде овог документа. Концепција противерозионог уређења заснована је на следећем:

- подизање техничких објеката у већим притокама;
- подизање биотехничких објеката у мањим притокама;
- примена административних мера.

Технички радови

Технички радови служе за непосредну заштиту од поплавних вода и за задржавање бујичних наноса, као и за спречавање даље ерозије и продубљивање корита бујичних токова. Обухватају изградњу подужних и попречних грађевина за уређење бујичних корита (канала, регулација, кинета, преграда, консолидационих појасева и др.). У ову групу радова спадају и изградња микрорезеција и малих акумулација.

Регулисање бујичних корита и спречавање процеса дубинске ерозије подразумева изградњу попречних објеката са циљем да се стрмо корито претвори у степенасто са ублаженим падом дна. Према висини попречних објеката се разликују следећи типови:

- консолидациони појасеви без корисне висине
- прагови, са корисном висином до 2 m
- преграде, са корисном висином изнад 2 m

Уређење бујичних токова појединачним преградама – примењује се кад је ерозија водотока ограничена на поједине деонице. Улога ових преграда је депонијска и консолидациона. Преграда се гради низводно од угрожене деонице и својим заплавом спречава поткопавање дна и обала, одроне и санира клизишта. Ако дно и обале нису стеновити, мора се предвидети изградња слапишта.

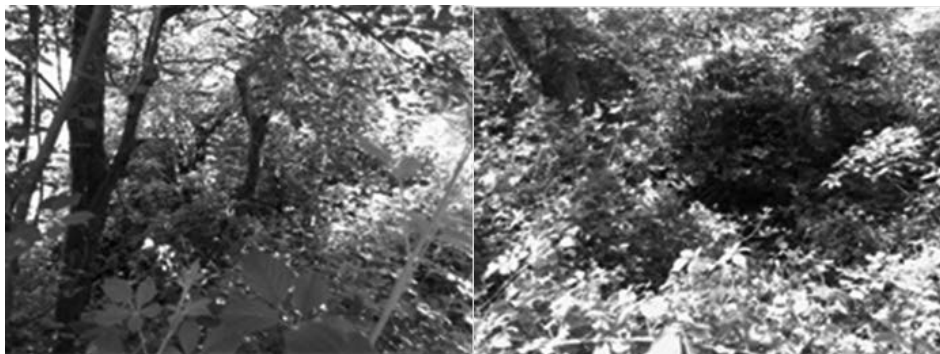
Као што је већ наведено у концепцији решења, у сливу акумулације овим пројектом је предвиђена изградња 3 бујичне преграде, корисне висине 2,5 m, у кориту притока Мијајловац, Полим и Маковац.

Преграда 1 се налази у сливу потока Мијајловац, десној притоци Лима. Предвиђено је да буде изграђена од камена у цементном малтеру, са подслапљем и зубом. Корисна висина преграде је 2,5 m а укупна висина је 3,7 m. Прелив преграде је трапезни, ширине 8,6 m и висине 1,2 m. Дужина подслапља је 6,2 m са зубом преграде од 0,5 m. Низводно од зуба преграде поставља се ризберма на дужини од 4 m. На телу преграде су пројектовани отвори (барбоконе) за оцеђивање воде и редукуцију хидростатичког притиска, димензија 0,30 x 0,40 m. Барбоконе су постављене у 2 реда на растојању од 1,0 m. Хоризонтално растојање између ових отвора износи 4,0 m. Дубина темељења је 1,2 m.



Слика 7 Профил за преградно место 1 на потоку Мијајловац
Figure 7 Profile for barrier 1 on the Mijajlovac stream

Преграда 2 се налази у сливу потока Полим, левој притоци Лима. Предвиђено је да буде изграђена од камена у цементном малтеру, са подслапљем и зубом. Корисна висина преграде је 2,5 m а укупна висина је 3,8 m. Прелив преграде је трапезни, ширине 9,0 m и висине 1,3 m. Дужина подслапља је 6,5 m са зубом преграде од 0,5 m. Низводно од зуба преграде поставља се ризберма на дужини од 4 m. На телу преграде су пројектовани отвори (барбокане) за оцеђивање воде и редуцију хидростатичког притиска, димензија 0,30 x 0,40 m. Барбокане су постављене у 2 реда на растојању од 1,0 m. Дубина темељења је 1,2 m.



Слика 8 Профил за преградно место 2 на потоку Полим
Figure 8 Profile for barrier 2 on the Polim stream

Преграда 3 се налази у сливу потока Маковац, левој притоци Лима. Предвиђено је да буде изграђена од камена у цементном малтеру, са подслапљем и зубом. Корисна висина преграде је 2,5 m а укупна висина је 3,6 m. Прелив преграде је трапезни, ширине 9,0 m и висине 1,1 m. Дужина подслапља је 5,8 m са зубом преграде од 0,5 m. Низводно од зуба преграде поставља се ризберма на дужини од 4 m. На телу преграде су пројектовани отвори (барбокане) за оцеђивање воде и редуцију хидростатичког притиска, димензија 0,30 x 0,40 m. Барбокане су постављене у 2 реда на растојању од 1,0 m. Дубина темељења је 1,2 m.

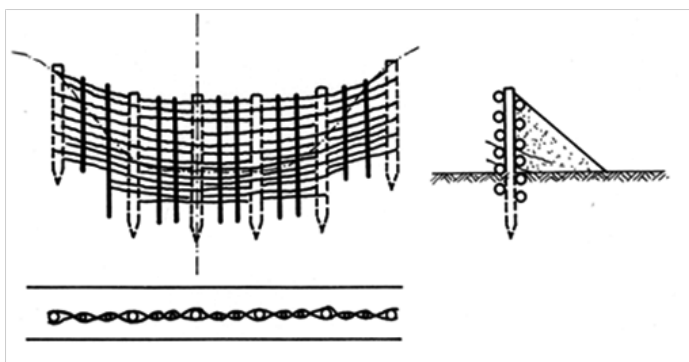


Слика 9 Профил за преградно место 3 на потоку Маковац
Figure 9 Profile for barrier 3 on the Makovac stream

Биотехнички радови

Плетери су грађевине од коља и прућа. Предности плетера су што је изградња релативно брза и једноставна, а оба материјала се могу наћи на лицу места. Трајност ових грађевина је максимум 5 година, што се може сматрати њиховим недостатком.

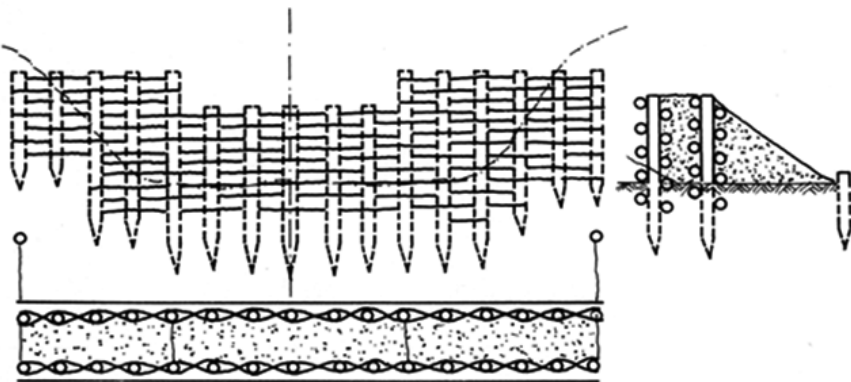
Једноструки плетери се примењују онда када је земљиште толико упропашћено да је немогуће успоставити вегетацију без претходног учвршћивања терена. Израђују се дуж изохипси, на међусобном растојању 5-10 m. Њихова сврха је да, у комбинацији са пошумљавањем, учврсте земљиште и помогну обнављање вегетације на стрмим падинама.



Слика 10 Типски изглед једноструког плетера
Figure 10 Typical appearance of a single braid

За санацију јаруга, где је деловање воде много јаче, неопходни су плетери са већом висином, па се ту примењују двоструки плетери. Раде се до 1 m корисне висине на тај начин што се побије први ред коља, који се исплете прућем. Затим се на одстојању 0,8-1,0 m од првог реда побије други ред коља, који се такође испреплету прућем, а простор

између тих редова испуни крупним шљунком или каменом. Редови плетера вежу се међусобно спојницама које се прикивају ексерима за коље. Са низводне стране израђује се обично подслапље. Плетер треба добро укопати у обале.



Слика 11 Типски изглед двоструког плетера
Figure 11 Typical appearance of double braid

У сливу акумулације Рековићи 1 предвиђа се постављање двоструких плетера на укупној дужини од 50 m. Изглед типског плетера је приказан на слици бр.11.



Слика 12 Профил на коме ће се постављати плетери
Figure 12 Profile on which the braids will be placed

Противероционе мере

Противероционе мере су захвати власника земљишта у циљу да се ослабљено земљиште поправи, а квалитетно земљиште одржи на свом нормалном квалитетном нивоу. У науци и пракси противероциони захвати овог типа називају се конзервација земљишта.

Од планираних мера посебан значај има начин обраде, односно орања при гајењу

ратарских култура (контурно и гребенасто), као и контурно-појасна обрада, а од стриктних забрана, посебно је значајна забрана гајења окопавина на падинама са увећаним нагибом. На нестабилним теренима, приоритетни значај има забрана механичког оштећења тла.

Извршење радова и спровођење предложених мера обављаће се углавном на два начина и то:

- као препорука власницима земљишта за све површине и културе угрожене слабијим ерозионим процесима и
- као обавеза за све власника земљишта и култура које се налазе у склопу издвојеног и проглашеног ерозионог подручја.

Административне мере прописује локална самоуправа према важећим законским прописима. Општина је обавезна да пропише катастарске парцеле на којима ће се оне применити.

Хидрауличко димензионосање преграда

Преграде су димензионисане тако да пропусна моћ прелива преграде буде довољна да пропусти протицај велике воде вероватноће појаве једном у 100 година (Q1%).

Предвиђен је прелив трапезне форме. За прорачун пропусне моћи прелива преграде примењен је образац уобичајен за ту врсту прорачуна (према Wesbach-у), и који је емпиријски прилагођен условима бујичних токова. (Јевтић,Љ., 1978)

Резултати прорачуна

Резултати хидрауличног прорачуна за преграде су приказани у табелама у наставку.

Табела 7 Резултати прорачуна за преграду 1 на потоку Мијајловац
Table 7 Calculation results for barrier 1 on the Mijajlovac stream

укупна висина објекта	корисна висина преграде	висина прелива	брзинска висина	ширина прелива у дну	средња ширина прелива	ширина прелива на врху
H _{uk}	H _k	H	k	b'	bsr	B
m	m	m		m	m	m
3,7	2,5	1,2	0,01	8,55	9,75	10,95
коэф. преливања	површина прелива	протицај на преливу	брзина преливања	долазна брзина	дужина подслапља	дебљина подслапља
m	A	Q	V'	V _{дол}	L	d
	m ²	m ³ /s	m/s	m/m	m	m
0,65	40,0	24,50	4,85	0,61	6,2	0,7

Табела 8 Резултати прорачуна за преграду 2 на потоку Полим
Table 8 Calculation results for dam 2 on the Polim stream

укупна висина објекта	корисна висина преграде	висина прелива	брзинска висина	ширина прелива у дну	средња ширина прелива	ширина прелива на врху
H _{uk}	H _k	H	k	b`	bsr	B
m	m	m		m	m	m
3,8	2,5	1,3	0,014	8,93	10,23	11,53
коэф. преливања	површина прелива	протицај на преливу	брзина преливања	долазна брзина	дужина подслапља	дебљина подслапља
m	A	Q	V`	V _{дол}	L	d
	m ²	m ³ /s	m/s	m/m	m	m
0,65	35,0	29,40	5,05	0,84	6,5	0,7

Табела 9 Резултати прорачуна за преграду 3 на потоку Маковац
Table 9 Calculation results for dam 3 on the Makovac stream

укупна висина објекта	корисна висина преграде	висина прелива	брзинска висина	ширина прелива у дну	средња ширина прелива	ширина прелива на врху
H _{uk}	H _k	H	k	b`	bsr	B
m	m	m		m	m	m
3,6	2,5	1,1	0,001	9,12	10,22	11,32
коэф. преливања	површина прелива	протицај на преливу	брзина преливања	долазна брзина	дужина подслапља	дебљина подслапља
m	A	Q	V`	V _{дол}	L	d
	m ²	m ³ /s	m/s	m/m	m	m
0,65	40,0	22,60	4,65	0,57	5,8	0,7

Статичко димензионасање преграда Метод статичког прорачуна

Прорачун статичке стабилности преграда, извршен је посебно за сваки објекат по методи проф. др Љубише Јевтића. (Костадинов, С., 2008)

Облик зида преграде, садржан је у уобичајеној форми пресека, са предњом страницом у нагибу 5:1 и вертикалном задњом страном зида. Ова форма је више мање прилагођена линији стварних притисака у зиду те као таква задовољава услове рационалности код овакве врсте објеката.

Слободни део зида, као темељна стопа треба да буду изведени од камена у цементном малтеру средње запреминске масе $\rho_3=2,4 \text{ t/m}^3$ ($\rho_3 = 23,54 \text{ kN/m}^3$).

Бујичарске преграде се статички димензионишу узимајући у обзир редуковану шему оптерећења, што значи да се обзир узима само сила хидростатичког притиска на корисну висину зида преграде, а не узимају се сила узгона и неке друге силе, које се нормално узимају када је у питању димензионасање високих брана.

Резултати статичког прорачуна

Табела 10 Резултати статичког прорачуна за преграду 1 на потоку Мијајловац
Table 10 Results of static calculation for barrier 1 on the stream Mijajlovac

Корисна висина преграде	hk=	2,5	m
Дубина темеља преграде	ht=	1,2	m
Висина преливног млаза	hp=	1,2	m
Запреминска тежина зида	gt=	23,54	kN/m
Запреминска тежина воде	gv=	10,79	kN/m
Сила хидростатичког притиска	P=	33,72	kN/m
Крак силе	Y=	0,83	m
Дебљина круне преграде			
рачунска	k=	0,56	m
усвојена	k=	0,6	m
нагиб низводне косине	n=	0,2	m
дебљина при темељу	b=	1,1	m
маса тела преграде	V ₁ =	50,03	kN/m
Контрола напона у осовини пресека I-I			
Напон у осовини пресека I-I износи:	$\sigma = V_1/b \times 1,0$	$\sigma =$	45,48 kN/m ²
Напон у тачки "А" износи:	$\sigma_{\max I-I} = 2,5 \times s$	$\sigma_{\max I-I} =$	113,71 kN/m ²
Напон у тачки "В" износи:	$\sigma_{\min I-I} = -0,5 \times s$	$\sigma_{\min I-I} =$	-22,74 kN/m ²
Испитивање темељне спојнице преграде			
Параметар темељне стопе (А)	A=	7,08	
Параметар темељне стопе (В)	B=	8,8	m
Параметар темељне стопе (С)	C=	8,63	
Дебљина темељне спојнице	S=	1,93	m
Усваја се дебљина темељне спојнице	S=	1,9	m
Укупна маса преграде (преграда и темељ)	V ₂ =	103,71	kN/m
Напони у темељној спојници преграде			
Напон у осовини пресека II-II износи:	$\tau_0 = V_2/S \times 1,0$	$\tau =$	54,58 kN/m ²
Напон у тачки "С" износи:	$\tau_{\max} = 2 \times \tau$	$\tau_{\max} =$	109,17 kN/m ²
Напон у тачки "D" износи:	$\tau_{\min} = 0,5 \times \tau_{\max} - \tau$	$\tau_{\min} =$	0 kN/m ²
Контрола напона у осовини пресека III-III			
s=S-b			0,8
Напон под темељном стопом			
$\sigma_{\max I-I} = \tau_{\max II-II}$		113,71	kN/m ²

Напон у пресеку III-III ОД тежине сколе	$\sigma' = gz \times t$	$\sigma' =$	28,25	kN/m ²
Напон у пресеку III-III	$\sigma_{III-III} = t_{max} III-III \times b/S$	$\sigma_{III-III}$	63,2	kN/m ²
Моменат савијања у пресеку III-III		$M_{III-III}$	20,99	kN/m ²
Отпорни моменат пресека III-III		$W_{III-III}$	0,24	m ²
Напон у пресеку III-III		$\sigma_{III-III}^{min-max}$	87,4599	kN/m ²
Контрола зида на хоризонтално померање	$N_2=V_2$	$N_2=$	103,71	kN/m
	$T_2=P$	$T_2=$	33,72	kN/m
Коефицијент трења		$f=$	0,55	
Коефицијент сигурности против клизања	$k_s=N_2 \times f/T_2$	$k_s=$	1,692	

Табела 11 Резултати статичког прорачуна за преграду 2 на потоку Полим
Table 11 Results of the static calculation for dam 2 on the Polim stream

Корисна висина преграде		hk=	2,5	m
Дубина темеља преграде		ht=	1,2	m
Висина преливног млаза		hp=	1,3	m
Запреминска тежина зида		gt=	23,54	kN/m
Запреминска тежина воде		gv=	10,79	kN/m
Сила хидростатичког притиска		P=	33,72	kN/m
Крак силе		Y=	0,83	m
Дебљина круне преграде				
	рачунска	k=	0,56	m
	усвојена	k=	0,6	m
	нагиб низводне косине	n=	0,2	m
	дебљина при темељу	b=	1,1	m
	маса тела преграде	$V_1=$	50,03	kN/m
Контрола напона у осовини пресека I-I				
Напон у осовини пресека I-I износи:	$\sigma = V_1/b \times 1.0$	$\sigma =$	45,48	kN/m ²
Напон у тачки "А" износи:	$\sigma_{max} I-I = 2.5 \times s$	$\sigma_{max} I-I =$	113,71	kN/m ²
Напон у тачки "В" износи:	$\sigma_{min} I-I = -0.5 \times s$	$\sigma_{min} I-I =$	-22,74	kN/m ²
Испитивање темељне спојнице преграде				
Параметар темељне стопе (А)		A=	7,08	

Параметар темељне стопе (B)	B=	8,8	m
Параметар темељне стопе (C)	C=	8,63	
Дебљина темељне спојнице	S=	1,93	m
Усваја се дебљина темељне спојнице	S=	1,9	m
Укупна маса преграде (преграда и темељ)	$V_2=$	103,71	kN/m
Напони у темељној спојници преграде			
Напон у осовини пресека II-II износи:	$t_0=V_2/S \times 1.0$	$\tau =$	54,58 kN/m ²
Напон у тачки "C" износи:	$t_{max} = 2 \times \tau$	$t_{max} =$	109,17 kN/m ²
Напон у тачки "D" износи:	$t_{min} = 0.5 \times t_{max} - \tau$	$t_{min} =$	0 kN/m ²
Контрола напона у осовини пресека III-III			
$s=S-b$			0,8
Напон под темељном стопом			
$s_{max} I-I = t_{max} II-II$			113,71 kN/m ²
Напон у пресеку III-III Од тежине сколе	$\sigma' = gz \times t$	$\sigma' =$	28,25 kN/m ²
Напон у пресеку III-III	$\sigma_{III-III} = t_{max} III-III \times b/S$	$\sigma_{III-III}$	63,2 kN/m ²
Моменат савијања у пресеку III-III		$M_{III-III} =$	20,99 kN/m ²
Отпорни моменат пресека III-III		$W_{III} =$	0,24 m ²
Напон у пресеку III-III		$\sigma_{min}^{max} III$	87,4599 kN/m ²
Контрола зида на хоризонтално померање			
	$N_2=V_2$	$N_2 =$	103,71 kN/m
	$T_2=P$	$T_2 =$	33,72 kN/m
Коефицијент трења		$f =$	0,55
Коефицијент сигурности против клизања	$k_s = N_2 \times f / T_2$	$k_s =$	1,692

Табела 12 Резултати статичког прорачуна за преграду 3 на потоку Маковац
Table 12 Results of static calculation for dam 3 on the Makovac stream

Корисна висина преграде	hk=	2,5	m
Дубина темеља преграде	ht=	1,2	m
Висина преливног млаза	hp=	1,1	m
Запреминска тежина зида	gt=	23,54	kN/m
Запреминска тежина воде	gv=	10,79	kN/m
Сила хидростатичког притиска	P=	33,72	kN/m

Крак силе		Y=	0,83	m
Дебљина круне преграде				
рачунска		k=	0,56	m
усвојена		k=	0,6	m
нагиб низводне косине		n=	0,2	m
дебљина при темељу		b=	1,1	m
маса тела преграде		V ₁ =	50,03	kN/m

Контрола напона у осовини пресека I-I

Напон у осовини пресека I-I износи:	$\sigma = V_1/b \times 1.0$	$\sigma =$	45,48	kN/m ²
Напон у тачки "А" износи:	$s_{max} \text{ I-I} = 2.5 \times s$	$s_{max} \text{ I-I} =$	113,71	kN/m ²
Напон у тачки "В" износи:	$s_{min} \text{ I-I} = -0.5 \times s$	$s_{min} \text{ I-I} =$	-22,74	kN/m ²

Испитивање темељне спојнице преграде

Параметар темељне стопе (А)		A=	7,08	
Параметар темељне стопе (В)		B=	8,8	m
Параметар темељне стопе (С)		C=	8,63	
Дебљина темељне спојнице		S=	1,93	m
Усваја се дебљина темељне спојнице		S=	1,9	m
Укупна маса преграде (преграда и темељ)		V ₂ =	103,71	kN/m

Напони у темељној спојници преграде

Напон у осовини пресека II-II износи:	$t_0 = V_2/S \times 1.0$	$\tau =$	54,58	kN/m ²
Напон у тачки "С" износи:	$t_{max} = 2 \times \tau$	$t_{max} =$	109,17	kN/m ²
Напон у тачки "D" износи:	$t_{min} = 0.5 \times t_{max} - \tau$	$t_{min} =$	0	kN/m ²

Контрола напона у осовини пресека III-III

s=S-b			0,8	
Напон под темељном стопом				

smax I-I = t max II-II			113,71	kN/m ²
Напон у пресеку III-III ОД тежине сколе	$\sigma' = gz \times t$	$\sigma' =$	28,25	kN/m ²
Напон у пресеку III-III	$\sigma_{III-III} = t_{max III-III} \times b/S$	$\sigma_{III-III}$	63,2	kN/m ²
Моменат савијања у пресеку III-III		$M_{III} =$	20,99	kN/m ²
Отпорни моменат пресека III-III		$W_{III} =$	0,24	m ²
Напон у пресеку III-III		$\sigma_{III}^{min,max}$	87,4599	kN/m ²
Контрола зида на хоризонтално померање	$N_2 = V_2$	$N_2 =$	103,71	kN/m
	$T_2 = P$	$T_2 =$	33,72	kN/m
Коефицијент трења		$f =$	0,55	
Коефицијент сигурности против клизања	$k_s = \frac{N_2 \times f}{T_2}$	$ks =$	1,692	

ЗАКЉУЧЦИ

На основу анализе постојећег стања, анализе постојећих подлога, хидролошке анализе и детаљне перспекције терена извршено је пројектовање противерозионих радова у непосредном сливу МХЕ „Рековићи“ и дат је предлог мера за унапређење противерозионих мера заштите, односно, смањења засипања акумулације наносом из слива. На основу тога може се констатовати следеће:

- Анализирајући карту ерозије јасно се уочава да доминирају површине захваћене средњом (III) и слабом (IV) ерозијом (нешто више од 80%). Експесивне ерозије (I) се јавља само у сливу реке Мијајловац, док је јака (II) ерозија присутна на стрмијим теренима (3,5%) реке Мијајловац, Полим и Маковац. Врло слаба ерозија (V) није заступљена на овим теренима.
- Средња вредност коефицијента ерозије за непосредни слив акумулације МХЕ „Рековићи“ износи 0,37;
- Река Лим проноси врло велике количине наноса, тако да акумулација „Потпећ“ спада у категорију акумулација веома угрожених засипањем наносом. Имајући у виду да је почетна запремина акумулације износила око $43 \times 10^6 \text{ m}^3$, процењен годишњи транспорт наноса од $1,67 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{год}$ је морао представљати сигнал упозорења о озбиљности проблема засипања акумулације. Наравно, у акумулацији се не задржава сав нанос, већ само један део, али и проценат задржавања наноса од 40 - 50% представља озбиљан проблем;
- Смањење количине наноса који се задржава у акумулацији се односи на суспендовани нанос, који се може евакуисати преко прелива, кроз темељне испусте и кроз турбине. Вучени нанос, који се креће по дну акумулације, не може се евакуисати и потпуно се задржава узводно од бране. Према томе, количина наноса који се задржава у акумулацији не може се смањити испод вредности која одговара годишњем транспорту вученог наноса. У конкретном случају, доња граница масе наноса који се задржава у акумулацији „Потпећ“ износи око $150.000 \text{ m}^3/\text{год}$;
- Према рачуници, срачунате вредности просечног годишњег засипања акумулације МХЕ „Рековићи“ нису велике, па зато изгледа су радови на уређењу бујичних токова и заштити од ерозије непотребни, јер и без њих акумулација може имати дуг век. На први поглед такво мишљење је рационално, међутим запремина акумулације је коначна и једног дана ће се засути наносима.
- У случају предузимања радова за заштиту од засипања, поред смањења укупне запремине наноса која доспева у акумулациони простор, догађа се још једна веома важна функција система заштите, а то је значајна промена гранулометријске криве наноса према ситнијим фракцијама које се лакше испирају из акумулације.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Јевтић, Љ. (1978). Инжењерски приручник за решавање проблема из области бујичних токова. Београд. Издавачки центар студената.
- [2] Гавриловић, С. (1972). Инжењеринг о бујичним токовима и ерозији. Београд. Часопис „Изградња“.
- [3] Костадинов, С. (2008). Бујични токови и ерозија. Београд. Шумарски факултет.
- [4] Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ АД (). Хидролошка студија – Књига 2 - Идејни пројекат МХЕ „Рековићи“
- [5] Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ – Завод за бране, хидроенергетику, руднике и саобраћајнице (2006). Техничка документације о начину коришћења Лимских ХЕ, Књига 2: ХЕ „Потпећ“

СТАТИЧКО ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ПРЕГРАДА ЗА УРЕЂЕЊЕ БУЈИЧНИХ ТОКОВА

Станислав Костадинов¹, Наталија Момировић², Томислав Стефановић³,

¹Редовни професор Универзитета у Београду, у пензији

²Маст. инж. шум., истраживач сарадник, Институт за шумарство, Београд

³Научни сарадник, Институт за шумарство, Београд

Извод: Уређење корита бујичних токова се врши изградњом попречних објеката, најчешће преграда, са циљем да се спречи дубинска ерозија и задржи вучени нанос. Организован рад, базиран на стручним и научним принципима на уређењу бујичних токова започео је средином XIX века у Француској док је у Србији започео 1907. године.

Током рада се постављало питање статичког димензионисања преграда имајући дилему у погледу који систем применити:

1. Узимајући у обзир тоталну шему оптерећења, као код високих брана или
2. Узимајући у обзир редуковану шему оптерећења, којом се добијају рационалније димензије.

Усвојено је да се примењује други принцип где се од многобројних формула највише користиле формуле Тiery-а. Формулом Тiery 1 добијале су се врло велике димензије, затим се прешло на Тiery 2, и на крају Тiery 3 формула, која даје најрационалније димензије од њих три. Ове формуле су се најчешће примењивале у Србији до средине 70-тих година прошлог века.

На основу вишегодишњих истраживања проф. Љ. Јевтић, средином 70-тих година прошлог века, предложио је своју методу за статичко димензионисање преграда, која даје најрационалније димензије, али уједно и највећи степен сигурности и отпорност на деловање спољних сила. Кроз истраживања на Катедри за бујице и ерозију доказано је да за димензионисање преграда нема потреба да се узима тотална шема оптерећења, већ је довољно статички димензионисати преграде узимајући у обзир редуковану шему оптерећења.

У раду је извршено поређење методе Љ. Јевтића са методом Тiery 3, у погледу оптималних димензија преграде.

Кључне речи: уређење бујица, преграде, статичко димензионисање, хидростатички притисак

THE STATIC ANALYSIS OF CHECK DAMS FOR TORRENT CONTROL

Abstract: The arrangement of the bed of torrents is done by building transverse structures, most often check dams, with the aim of preventing channel degradation and retaining the bedload. A systematic approach, based on professional and scientific principles on the torrents control, began in the middle of the 19th century in France while it had began in 1907 in Serbia.

The main dilemma regarding the static analysis was which system to apply:

1. Taking into account the total scheme of load, as with high dams or
2. Taking into account the reduced scheme of load, which gave more rational dimensions.

It was adopted to apply the second principle, where beside of the many equations Tiery equations were used the most. The Tiery 1 equations gave very large dimensions, later Tiery 2 were used, and Tiery 3 equations, which gave the most rational dimensions of all the three were finally used. These equations were the most often used until the mid-1970s in Serbia.

Based on long term research of prof. Lj. Jevitc in the mid-1970s, he proposed his method for static analysis of check dams, which gave the most rational dimensions, but also the highest degree of security and resistance to external forces. Based on research at the Chair of Torrents and Erosion, it has been proven that there is no need to take a total scheme of load for dimensioning check dams, the reduced scheme of load is adequate for the static analysis.

The paper compares the method of Lj. Jevtić with the Tiery 3 method, in terms of optimal design of check dam.

Keywords: torrent control, check dams, static analysis, hydrostatic pressure.

1. УВОД

Главни циљ код уређења корита бујичних токова је превенција дубинске ерозије изградњом различитих типова попречних објеката (преграда) дуж тока (дуж деонице која се уређује. На тај начин, корито тока, које је најчешће са великим падом, преградама трансформишемо у степенасто корито са блажим падом. У таквом кориту смањују се брзина течења воде а самим тим се смањују разорна моћ и транспортна способност тока за пронос наноса. (Kostadinov, 1996).

Попречни објекти се углавном разликују по висини (Гавриловић, 1972; Костадинов, 2008).

- а) консолидациони појасеви**, без корисне висине, који се постављају у нивоу дна корита и имају улогу његове стабилизације или стабилизације одређене деонице уздужног профила;
- б) прагови**, са корисном висином до 2,0 m, који се постављају ради фиксирања попречног профила корита или деонице тока у уздужном смислу и као објекти неке друге или посебне намене;
- в) преграде**, са корисном висином изнад 2,0 m, који задржавају нанос и стабилизују корито и долиנסке стране (обале).

Корисна дејства и улога попречних објеката, пре свега прагова и преграда се огледају у следећем (Костадинов, 2008):

- осигуравају попречне профиле корита бујичног тока од даљег дејства процеса дубинске ерозије, што је и најзначајнија улога консолидационих појасева;
- задржавају вучени нанос у заплаву, што се и најпре уочава и траје до потпуног засипања преграде или прага (запуњење акумулационог простора преграде или прага наносом), при чему се доприноси консолидацији нестабилних падина узводно од преграде;
- попречни објекти представљају препреку даљем снижавању дна корита, услед постојања низа стабилних тачака које формирају нови (вештачки) ерозиони базис у бујичном кориту;
- услед смањења уздужног пада корита бујичног тока смањује се брзина кретања поплавних бујичних вода чиме се смањује потискујућа сила (вучна сила) воде и крупнији комади стена не могу бити ношени, већ заостају и служе за заштиту и консолидацију корита;
- попречни објекти коригују правац тока воде усмеравајући је увек у средину корита, што се постиже постављањем прелива (уста) попречних објеката на одређено место;
- преграде и прагови имају улогу регулатора у транспорту наноса јер задржавају велику количину крупног матријала у време бујичних поплава, док ситнији материјал бива однесен од малих и средњих вода у облику суспендованог наноса.

Уређење бујичних токова и бујичних сливова у суштини представља комплекс радова на падинама слива и кориту бујичних токова чиме се реализује и одбрана од бујичних поплава. Организован и на научним основама базиран рад на уређењу бујичних токова

и бујичних сливова започео је средином XIX века у Француској, и касније се проширио у Европи. У зависности од локалних услова, настали различити системи уређења бујичних токова: класични Европски систем, Француски систем, Немачки систем и касније новији системи: Италијански систем, Совјетски систем (у СССР-у), систем интегралних мелиорација (САД), систем проф. Росића (у СФРЈ, Србији) итд. (Гавриловић, 1972; Костадинов, Драговић, 2010).

Преграде и остали попречни објекти у бујичним токовима на почетку су рађени од камена у суво и камена у цементном малтеру (КЦМ), касније са развојем технологија и нових материјала раде се од бетона, габиона, разних типова јаких мрежа итд.

Организован рад на уређењу бујичних токова у Србији започео је 1907. године у бујицама Грделичке клисуре у циљу заштите пута и железничке пруге кроз клисуру. Током времена до данашњих дана радило се на уређењу бујичних токова различитим интензитетом у зависности од друштвених прилика, пре свега од финансија намењених за те послове.

Од почетка рада на изградњи преграда и осталих попречних објеката за уређење бујичних токова било је разних недоумица око њиховог статичког димензионисања. Проблем је у томе што су преграде одмах после изградње, док њихов акумулациони простор није запуњен наносом, изложене хидродинамичком и хидростатичком притиску воде, а касније када се тај простор испуни наносом неки су сматрали да трпе само притисак (потисак) земље (наноса), што је мање оптерећење.

У овом раду ће се разматрати статичко димензионисање преграда.

2. СТАТИЧКО ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ПРЕГРАДА

Циљ статичког димензионисања преграда је да се нађу такве димензије које ће омогућити да се објекат супротстави спољним силама које делују на њега, тј. да буде стабилан и да врши своју функцију, али у исто време те димензије треба за дате услове да представљају и економски најповољније решење, имајући у виду да се прелив преграде димензионише на максимални протицај вероватноће појаве $p = 1\%$. (Костадинов и сар., 2021).

Још од почетка рада на пројектовању и изградњи преграда, јавила се дилема око статичког димензионисања преграда око тога какву шему оптерећења треба усвојити. Наиме проблем је у томе што су преграде одмах после изградње, када је њихов акумулациони простор празан, изложене дејству хидродинамичког и хидростатичког притиска. Многи експерти су заступали мишљење да треба димензионисати преграде на хидростатички притисак.

Након изградње преграде долази до задржавања (таложења) вученог наноса у акумулационом простору преграда и он се потпуно попуњава. Некада у великим бујичним поплавним таласима долази до попуњавања акумулационог простора преграда у току само тог једног таласа. Исталожени нанос називамо заплав.

Друга фаза у „животу“ преграде настаје после попуњавању акумулационог простора. Тада је главни фактор оптерећења исталожени нанос, односно преграда трпи тзв. „потисак земље“, који је знатно мањи од хидростатичког притиска. Неки експерти су заступали став да преграде треба димензионисати на потисак земље, као потпорне зидове.

Код решавања ове дилеме већина стручњака су пошли од исправног става да је преграда најугроженија кад је акумулациони простор празан и да је треба димензионисати узимајући у обзир хидростатички притисак и тај став је важећи.

Друга дилема око статичког димензионисања још постоји код неких стручњака, пре свега код људи који се не баве конкретно бујичним токовима и њиховом уређењу. Наиме, они сматрају да преграде треба димензионисати узимајући у обзир тоталну шему оптерећења објекта, као што се ради код димензионисања високих брана.

Стручњаци за бујичне токове, пре свега у Европи, су дошли до закључка да у интересу рационалности изградње преграда није неопходно да се примењује тотална шема оптерећења, већ је довољно, примењивати редуковану шему оптерећења, тј. узимати у обзир само хидростатички притисак, док остале силе, пре свега узгон, није потребно узимати у обзир. Скоро 200 година рада у изградњи преграда у свету и у Србији показале су да је овакав приступ исправан.

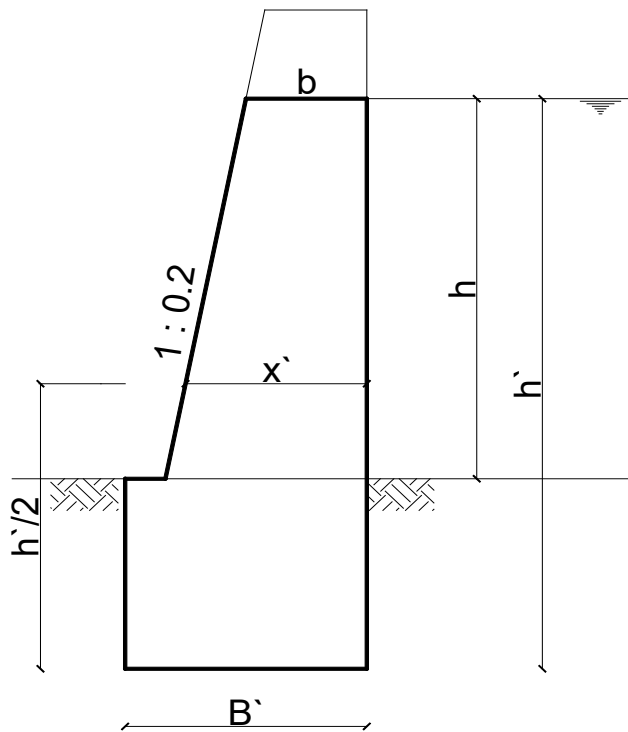
Током рада су разни аутори предложили пуно метода за димензионисање преграда почевши од метода које је предлагао Thiery у другој половини XIX века. Он је предложио 3 формуле унапређујући њихову рационалност. Постепено је његова формула бр. 3 ушла у праксу уређења бујица и у Србији је примењивана негде до почетка 70-тих година XX века. Тада се интензивно бавио статиком преграда проф. Љубиша Јевтић и средином 70-тих година XX века предложио своју методу статичког димензионисања преграда базирану на хидростатичком притиску воде на корисну висину преграде и на карактеристичну стопу преграде. Овако димензионисана преграда задовољава све услове стабилности: на превртање, на клизање и на лом материјала, према њој се добијају најрационалније (најекономичније) димензије.



Слика 1. Преграда од КЦМ у бујичном току Качаруша

2.1. Димензионисање преграда по методи Thiery III

Диспозиција објекта:



Слика 2. Облик зида код методе Thiery III

Теоријске поставке:

$$X' = \frac{b + B'}{2}$$

$$b = X' - n \cdot h' / 2$$

$$B' = X' + n \cdot h' / 2$$

$$m = \frac{\bar{\omega}}{\omega};$$

Где је:

$\bar{\omega}$ – запреминска тежина бујичне воде у t/m^3

ω – запреминска тежина зида у t/m^3

$$C = \frac{h}{h'}$$

$$i = m(3C^2 - 2C^3).$$

Коефицијент притиска

$$A = 3 - \frac{4 \cdot h' \cdot \omega (1 + n^2)}{N};$$

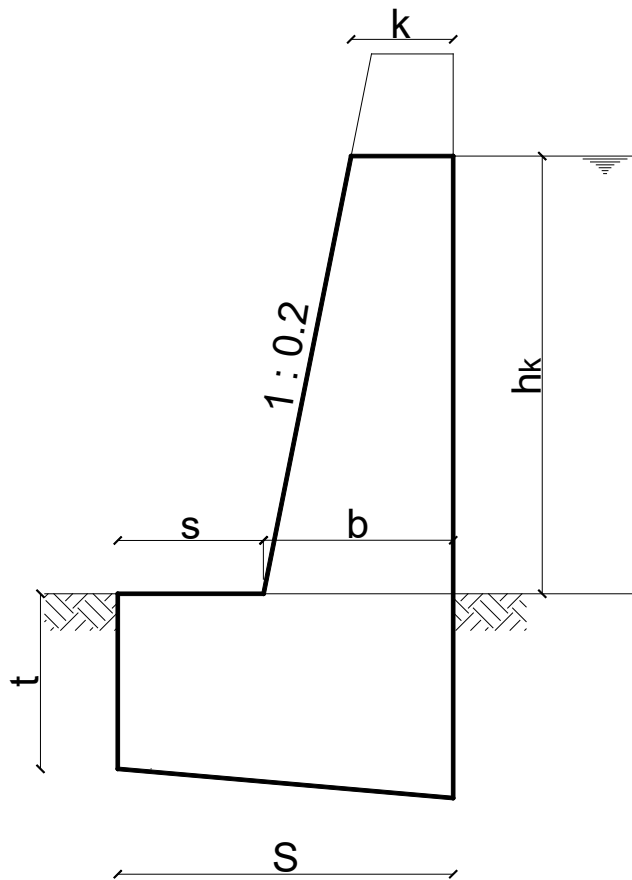
Где је:

$N = \sigma$ дозвољени напон на притисак тла у темељној стопи у t/m^2 .

$$\frac{X'}{h'} = \frac{-3n + \sqrt{9n^2 + 4A(i + n^2/4)}}{2A}$$

2.2. Димензионисање преграда по методи проф. др Љубише Јевтића

Диспозиција објекта:

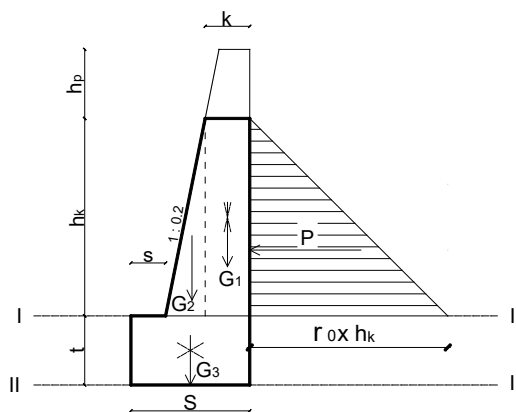


Слика 3. Облик зида код методе проф. Љ. Јевтића

Теоријске поставке:

Облик зида преграде, садржан је у уобичајеној форми пресека, са предњом страницом у нагибу 5:1 и вертикалном задњом страном зида (слика 3). Ова форма је више мање прилагођена линији стварних притисака у зиду те као таква задовољава услове рационалности код овакве врсте објеката. Слободни део зида, као и темељна стопа треба

да буду изведени од камена у цементном малтеру (КЦМ) или од бетона, средње запреминске масе $\rho_z = 2,4 \text{ t/m}^3$ ($\rho_z = 23,54 \text{ kN/m}^3$).



Слика 4. Облик зида преграде са приказом дејствујућих сила

h_k - корисна (слободна) висина зида преграде (m)

t - дубина темељне стопе преграде (m)

h_p - висина прелива у (m)

ρ_z - средња запреминска маса зида преграде (t/m^3), (креће се у интервалу од 2,4 до 2,5 t/m^3 , односно $\rho_z = 23,54 \text{ kN/m}^3$)

ρ_v - средња запреминска маса бујичне воде (t/m^3), (креће се у интервалу од 1,0 до 1,5 t/m^3 , односно најчешће, $\rho_v = 10,79 \text{ kN/m}^3$)

За дати систем сила, при чему је свесно искључен утицај сила хидростатичког притиска воде на темељну стопу, као и сила узгона гравитацији, имамо следеће величине:

P - сила хидростатичког притиска бујичне воде у kN/m

$$P = 0,5 \cdot \rho_0 \cdot h_k^2$$

Y - крак силе (m)

$$Y = \frac{h_k}{3}$$

K - дебљина зида круне (m)

$$K = -0,5 \cdot h_k + \sqrt{0,25 \cdot h_k^2 - 0,033 \cdot h_k^2 + 4 \cdot \frac{P \cdot Y}{\rho_z \cdot h_k}}$$

b - дебљина зида у спојници I-I (m)

$$b = K + 0,2 \cdot h_k$$

Контрола напона у спојници I-I:

Укупна вертикална сила V_1 је:

$$V_1 = G_1 + G_2 \quad [kN/m]$$

$$G_1 = K \cdot h_k \cdot \rho_z \quad [kN/m]$$

$$G_2 = \frac{(b - k) \cdot h_k}{2} \cdot \rho_z \quad [kN/m]$$

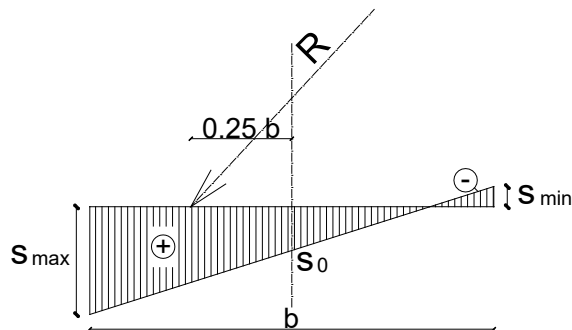
Напони у осовини пресека I-I у kN/m^2 :

$$\sigma_{0\ I-I} = \frac{V_1}{b} \cdot 1,0$$

$$\sigma_{max\ I-I} = 2,5 \cdot \sigma_{0\ I-I}$$

$$\sigma_{min\ I-I} = 0,5 \cdot \sigma_{0\ I-I}$$

Овакав положај резултанте у пресеку I-I изазива затежуће силе, односно негативне напоне величине 20% од максималног ивичног напона на притисак, али увек мање од $29,43\ N/cm^2$, што је дозвољено за бетонске зидове и за зидове од камена у цементном малтеру (слика 3).



Слика 5. Положај резултанте сила спојница I-I

Дебљина зида у темељној спојници II-II:

За утврђени положај резултанте сила у овом пресеку, као и раније представљене услове биће параметри који дефинишу дебљину темељне стопе.

A, B и C су бездимензионални коефицијенти.

$$A = \frac{2 \cdot h_k}{t} \cdot (K + b)$$

$$B = 2,259 \cdot \frac{b \cdot h_k}{t} \cdot (K + b)$$

$$C = 6,024 \cdot \frac{P}{\rho_z}$$

На основу чега је:

S – дебљина зида у темељној спојници:

$$S = -0,5 \cdot A + \sqrt{0,25 \cdot A^2 + B + C}$$

Контрола напона у пресеку II-II

За дати положај резултанте сила у овом пресеку, укупну вертикалну силу (V_2) одређујемо по формули:

$$V_2 = V_1 + G_3 = V_1 + S \cdot t \cdot \rho_z \quad [kN/m]$$

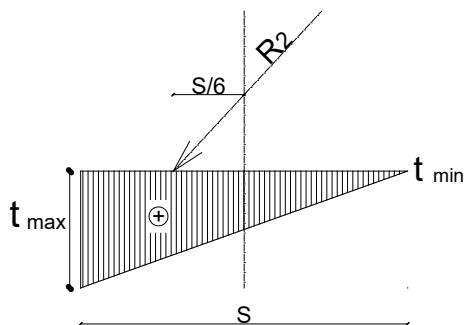
Напон у осовини пресека II-II у kN/m^2 :

$$\tau_0 = \frac{V_2}{S \cdot 1,0}$$

$$\sigma_{max} = 2 \cdot \tau_0$$

$$\sigma_{min} = 0$$

Максимални напон притиска је у границама дозвољених за дато земљиште, када је $\tau_{max} < \tau_{doz}$.



Слика 6. Положај резултанте сила спојница II-II

Контрола напона у пресеку III-III:

$$s = S - b$$

Због велике ширине стопе темеља (S) потребно је проверити стање напона у пресеку III-III према претходној диспозицији.

За напон под темељном стопом је:

$$\sigma_{\max I-I} = \tau_{\max I-I}$$

σ' напон у пресеку III-III од масе стопе у kN/m^2 :

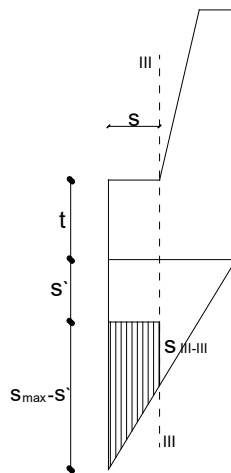
$$\sigma' = \rho_z \cdot t$$

$\sigma_{III-III}$ - напон у пресеку III-III у kN/m^2 :

$$\sigma_{III-III} = \tau_{\max III-III} \cdot \frac{b}{S}$$

На основу тога моменат савијања у пресеку III-III $M_{III-III}$ (у kN/m^2) је:

$$M_{III-III} = (\sigma_{III-III} - \sigma') \cdot \frac{s^2}{2} + [(\tau_{\max} - \sigma') - (\sigma_{III-III} - \sigma')] \cdot \frac{s^2}{3}$$



Слика 7. Напон у пресеку III-III

$W_{III-III}$ - отпорни моменат пресека III-III у m^2 :

$$W_{III-III} = \frac{t^2}{6}$$

напон у пресеку III-III у kN/m^2 :

$$\sigma_{\min}^{\max} III = \pm \frac{M_{III}}{W_{III}}$$

Контрола зида на хоризонтално померање стопе:

За хоризонталну стопу, нормалне и смичуће силе у пресеку II-II су:

$$N_2 = V_2 \text{ (kN/m)}$$

$$T_2 = P \quad (\text{N/m})$$

K_s - коефицијент сигурности против клизања без пасивног притиска:

$$K_s = N_2 \cdot \frac{f}{T_2}$$

3. ДИСКУСИЈА

Поређењем површине попречног пресека преграде за корисну висину од 3,0m видимо да је код преграде димензионисане по Тиерију 3, $P = 6,3 \text{ m}^2$, док је код преграде димензионисане по методи Јевтића $P = 5,99 \text{ m}^2$. Још је већа разлика ако се посматра површина пресека преграде изнад терена (без стопе темеља). Тада је по Тиерију 3 површина пресека $3,6 \text{ m}^2$ а пресек по Јевтићу $3,0 \text{ m}^2$. Можда изгледа да је то мала разлика, али ако се узме да је на пример просечна ширина профила за изградњу преграда, од 30,0 m па навише, то помножено са површином пресека даје значајну количину зида од камена у цементном малтеру или од бетона.

С друге стране конструкција пресека са широм темељном стопом код методе Јевтића обезбеђује прегради значајно већу стабилност. Такође преграда са широм стопом може да се гради и на подлози која има релативно малу носивост на специфични притисак по cm^2 , јер се укупна маса преграде распоређује на већу површину, него што је случај код преграда са ужом стопом (код методе Тиерија 3).

Треба додати да је последњих 40 година било случајева наилазак бујичних поплавних таласа вероватноће појаве око 1% (Јевтић и Костадинов, 1992) или ређе, на управо изграђене преграде димензионисане по методи Јевтића и преграда није претрпела никаква оштећења.

Све показује да за статичко димензионисање бујичарских преграда треба увек примењивати методу проф. Јевтића.

4. ЗАКЉУЧАК

Преграде су главни објекти за уређење корита бујичних токова са улогом: да штите корито од дубинске ерозије стварајући локалне ерозионе базисе и задржавајући вучени нанос. На тај начин смањују пад корита бујичних токова чиме смањују разарајућу и транспортну способност тока.

Током скоро двеста година изградње преграда у бујичним токовима рашчишћене су дилеме око њиховог статичког димензионисања:

- Преграде треба димензионисати на хидростатички притисак воде,
- Код статичког димензионисања преграда не треба узимати у обзир тоталну шему оптерећења (хидростатички притисак на укупну висину преграде и силу узгона). Код изузетних случајева као што су: врло важни објекти који се преградом штите, дуго задржавање воде у акумулационом простору преграде, велика инфилтрациона моћ подлоге, треба као оптерећење преграде усвојити хидростатички притисак на корисној висини плус висина преливног млаза.
- За статичко димензионисање преграда треба користити методу Љ. Јевтића, која се доказала у практичној примени последњих 40 година. Метода даје оптималне димензије које у исто време обезбеђују стабилност објекта.

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Јевтић, Љ., (1978): Инжењерски приручник за решавање проблема из области бујичних токова, Издавачки центар студената, Београд.
2. Јевтић, Љ., Костадинов, С., (1992): Анализа стабилности равне бујичарске преграде у условима трајања поплавног таласа; Гласник Шумарског факултета, Београд, бр.74/1992, стр.669- 677.
3. Гавриловић, С., (1972): Инжењеринг о бујичним токовима и ерозији; Часопис „Изградња“, посебно издање. Београд
4. Костадинов, С., (2008): Бујични токови и ерозија; Шумарски факултет, Београд
5. Kostadinov, S., (1996,): Check Dams in the Torrent Control Practice in Serbia: Former and Present Experiences and Future Perspectives. *Proceedings of IECA Conference XXVII: Erosion Control Technology Bringing It Home*. Feb. 27-March 1, 1996; Seattle Washington, USA, 507-522.
6. Kostadinov, S., Dragović, N. (2010): *Check Dams in the Torrent Control Practice in Small Mountainous Catchments*, In monograph, “Check Dams, Morphological Adjustments and Erosion Control in Torrential Streams”, © 2010 Nova Science Publishers, Inc. Editors: C.C.Garcia and M.A.Lenzi, ISBN 978-1-60876-146-3, p.p.63-88.
7. Kostadinov, S., Momirović, N., Stefanović, T., Mitrović, S., (2021): *Poprečni objekti za uređenje korita bujičnih tokova*, Vodoprivreda 0350-0519, Srpsko društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje, vol. 53 (2021), No. 311-312, p. 87-98, UDK: 627.141.2

РАЦИОНАЛНИ ИЗБОР МЕХАНИЗАЦИЈЕ ЗА ИЗВОЂЕЊЕ ЗЕМЉАНИХ РАДОВА КОД УРЕЂЕЊА БУЈИЧНИХ СЛИВОВА НА ПРИМЕРУ ПЕТРОВАЧКОГ ПОТОКА

Тијана Вулевић, Нада Драговић, Тихомир Шошкић, Мирјана Тодосијевић¹

Универзитет у Београду Шумарски факултет

Извод: За извођење радова на уређењу бујичних сливова ангажује се механизација чији избор зависи од врсте и обима радова, конфигурације терена и усвојене технологије одвијања радова. Посебно је значајна примена механизације за извођење земљаних радова који су највећег обима у поређењу са зидарским и бетонским радовима. Да би избор механизације био рационалан, потребно је спровести све етапе ширег и ужег избора машина, а затим и оптималан избор машина. У раду је дат приказ оптималног избора машина за извођење земљаних радова на уређењу бујичног слива Петровачког потока, где је као критеријум за избор механизације коришћена цена јединице мере машинског рада.

Кључне речи: бујични слив, земљани радови, механизација, оптималан избор машина

RATIONAL SELECTION OF EARTHWORKS MECHANIZATION FOR WATERSHED MANAGEMENT ON THE EXAMPLE OF PETROVAČKI STREAM

Abstract: Mechanization is engaged for the execution of works for torrent basins protection, and the selection of mechanization depends on the type and scope of works, the configuration of the terrain and the adopted technology of carrying out the works. Especially important is the use of machinery for earthworks, which has the largest scope in comparison with masonry and concrete work. For rational selection of mechanization, it is necessary to carry out all stages of wider and narrower choice of machines, and then the optimal choice of machines. The paper presents the optimal choice of machines for earthworks conducted in Petrovački stream basin, where the price of a unit of machine work was used as a criterion for the selection of machinery.

Keywords: torrential flood basin, earthworks, mechanization, optimal selection of mechanization

1. УВОД

Грађевинска механизација се све више користи приликом реализације различитих пројеката у циљу бржег и ефикаснијег обављања посла. Под грађевинском механизацијом се подразумевају уређаји и машине које се примењују за обављање различитих активности везаних за изградњу и одржавање различитих грађевинских објеката где спадају и водопривредни објекти. Значајни водопривредни објекти су објекти за заштиту од ерозије и бујица и то: преграде, уставе, регулације доњих токова бујичних водотока, обалоутврде, биотехнички и други објекти (2018). Ови објекти су

¹ Кнеза Вишеслава 1, 11000 Београд, tijana.andrijanic@sfb.bg.ac.rs

саставни део пројеката за уређење бујичних сливова чија је реализација незамислива без примене механизације.

Од средине XX века грађевинске машине се примењују за уређење бујица и заштиту од ерозије, а све до тада радови су се одвијали ручно (Dragović, 2011). Претежно се грађевинске машине користе у доњем делу бујичних сливова (за регулисање доњих токова бујичних водотока). Њихова примена је у горњем делу бујичних сливова, нпр. код изградње бујичних преграда ограничена услед конфигурација терена и одсуства приступних путева.

При уређењу бујичних сливова изградњом грађевинско-техничких објеката у кориту водотока, примена грађевинских машина је најзначајнија код извођења земљаних радова, који су најобимнији (Dragović, 1992). Примена механизације код извођења земљаних радова може бити делимична или читав технолошки процес може бити механизован што зависи од изабране методе и технологије рада (Veselinović, Dragović, 1989/1990).

Маchine за земљане радове се користе за обављање радних операција које се деле на основне и споредне радне операције. Основне радне операције су (Stefanović, 1980):

- ископ земље (резање и захватање),
- транспорт ископане земље од места ископа до места уградње или истовара и
- истовар земље.

Споредне (пратеће) радне операције могу се реализовати на месту ископа (затрпавање, прилагођавање рељефу терена) као и на месту истовара (насипање, планирање, набијање).

У ову групу машина за земљане радове спадају: багер, дозер, утоваривач, грејдер, скрепер и ваљак. За транспорт земљаног материјала, садница, камена, агрегата и др. се најчешће користе камиони кипери.

Због малог обима радова, конфигурације терена (уске и стрме долине средњег и горњег дела бујичног слива) и специфичне технологије извођења радова (Dragović, 2020) често се примењује већи број машина мањег капацитета радног дела. Приликом избора механизације битно је узети у обзир и следеће (Nilesh et al. 2014):

- врста и обим радова, где је важно дефинисати рок извођења радова, спецификацију посла и технологију извођења радова;
- расположивост механизације и стање расположивих машина;
- униформност у типу – бирати више машина које имају исти тип мотора и троше исто погонско гориво;
- величина машине која се бира у зависности од обима посла, при чему машине за реализацију посла на једном пројекту треба да буду исте величине
- могућност примене стандардних машина и др.

У раду је извршен оптималан избор машина за извођење земљаних радова на уређењу Петровачког потока у циљу заштите Петровца на Млави од поплава.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Предмет рада је рационални избор механизације за уређење бујичног слива, који ће бити размотрен на примеру Петровачког потока. Материјал за спровођење рационалног избора механизације је узет из Пројекта за заштиту Петровца на Млави од поплава Петровачког потока, урађеног 2021. од стране ВП Водопривреда, д.о.о. Пожаревац.

2.1. Избор машина

Методологија избора машина за извођење радова за уређење бујица и заштиту од ерозије је до сада вршена кроз шири избор, ужи избор и оптималан избор машина (Stefanović, 1980).

2.1.1. Шири избор машина

Шири избор машина пружа увид у све расположиве машине које по својој намени и техничким карактеристикама које могу да обаве радне операције издвојене у оквиру технолошког процеса, односно код земљаних радова:

- ископ земљаног материјала
- утовар земљаног материјала
- транспорт земљаног материјала и
- уградњу земљаног материјала.

Шири избор машина се спроводи кроз пет етапа, тј. обухвата: анализу могућег фонда радних дана, студију технолошког процеса, прорачун дневних и часовних количина рада, израду табеле ширег избора машина и табеле техничких карактеристика машина (Dragović, 2011).

1) Анализа могућег фонда радних дана

Анализом могућег фонда радних дана одређује се могући фонд радног времена у току једне календарске године или у периоду који је предвиђен за извршење рада. За одређивање могућег фонда радних дана примењују се оријентациона и метода метеоролошких података. Оријентационом методом добијају се приближне вредности могућег фонда радних дана. Метода метеоролошких података је много прецизнија, и за њено спровођење користе се метеоролошки подаци о падавинама, температури ваздуха, влажности ваздуха, правцу и јачини ветра. Најважнији су подаци о висини падавина и температури јер се сматра да се радови не могу обављати ако је температура ваздуха нижа од 0 °С и висина падавина већа од 5мм.

2) Студија технолошког процеса

Студија технолошког процеса подразумева рашчлањене сложених производних процеса у просте процесе и радне операције. У ту сврху се примењују метода карте процеса или метода дијаграма тока.

3) Одређивање дневних и часовних количина рада

Одређивање дневне и часовне количине рада се врши на основу укупне предвиђене количине рада коју треба обавити и могућег фонда радних дана, применом следећих израза:

$$Q_d = \frac{Q_u}{D_r} \text{ и} \\ Q_h = \frac{Q_d}{N_{sm} \cdot N_h} \quad (1)$$

где је:

Q_d дневна количина рада –

Q_u укупна количина рада –

D_r могући фонд радних дана –

Q_h часовна количина рада –

$N_{sm} \cdot N_h$ број сати рада у смени и број смена –

4) Техничке карактеристике машина

Техничке карактеристике машина су подаци о машинама који се узимају из проспеката, односно каталога произвођача машина и обухватају податке као што су марка и тип машине, капацитет радног дела, снага мотора, тежина машине и др.

5) Табела ширег избора грађевинских машина

Табела ширег избора грађевинских машина је табела где се састављају групе машина које раде на извршењу одређених радних операција у оквиру одређеног производног процеса. У свакој групи машина, дефинише се кључна машина (најчешће она која обавља ископ) и пратеће машине (остале машине у групи).

2.1.2. Ужи избор машина

Ужи избор машина се спроводи након ширег избора машина и треба да омогући оптимални избор машина, односно избор групе машина која има економску предност тј. најнижу цену јединице мере машинског рада, и која ће бити коришћена за извођење радова. Ужи избор обухвата следеће прорачуне:

1) Прорачун трошкова механизованог рада

Трошкови механизованог рада се рачунају да би се извршио рационалан избор машина за извођење радова. Потребно је израчунати цену ефективног сата рада грађевинских машина:

$$K_h = E_j + (E_e + E_{os}) \cdot (1 + \varphi) \quad [din/h] \quad (2)$$

где је:

K_h - цена ефективног сата рада грађевинских машина (дин/х)

E_j - једнократни трошкови (дин/х)

E_e - експлоатациони трошкови (дин/h)

E_{os} - трошкови основног средства (дин/h)

φ - режијски трошкови ($\varphi = 0,30-0,35$ за вишегодишње пројекте и $\varphi = 0,20-0,25$ за једногодишње пројекте).

Сви прорачуни који су потребни да би се израчунала цена сата рада грађевинских машина су дати у Табели 1.

2) Прорачун практичног учинка машина

Практични учинак грађевинских машина U_{pr} је учинак који се добија рачунским путем и за чији прорачун се користе рачунско-конструктивни показатељи машина и фактори утицаја средине и услова рада машина на градилишту (Dragović, 2011). Ти фактори утицаја су изражени преко редуccionих коефицијената k који могу бити општи (јављају се код већине машина исте групе) или специфични (јављају се код одређене машине). Код машина које врше рад у циклусу, за прорачун вредности практичног учинка битан је број циклуса, капацитет радног дела и вредност редуccionих коефицијената.

Формуле за прорачун практичног учинка багера, дозера и камиона који врше рад у циклусу, дате су у Табели 2.

3) Прорачун потребног броја машина

Потребан број машина се одређује према изразима:

$$N_{k.m.} = \frac{Q_h}{U_{pr k.m.}} \quad \text{и} \quad (6)$$

$$N_{p.m.} = \frac{N_{k.m.} \cdot U_{pr k.m.}}{U_{pr p.m.}}$$

где је:

$N_{k.m.}$ - број кључних машина

Q_h - часовна количина рада (јед. мере /h)

$U_{pr k.m.}$ - практични учинак кључне машине (јед. мере/h)

$U_{pr p.m.}$ - практични учинак пратеће машине (јед. мере/h)

Табела 1: Трошкови сата рада грађевинских машина
Table 1: Use costs of construction machinery per hour

Група трошкова	Формула
Једнократни трошкови E_j	$E_j = (p \cdot Nv) / n_{gr}$
	$p \cdot Nv$ - процентуална процена једнократних трошкова за машине за земљане радове $p = 0,01$
	n_{gr} - планирани фонд радних часова машине на градилишту

Експлоатациони трошкови E_e	$E_e = E_{en} + E_{maz} + E_{rs} + E_{hab} + E_{ot}$
Трошкови утрошене енергије E_{en}	$E_{en} = q_{en} \cdot C_{en}; q_{en} = N \cdot q_s \cdot K_{op}$ q_{en} - количина утрошене енергије; C_{en} - цена утрошене енергије; N - номинална снага мотора q_s - специфична потрошња горива и K_{op} - коефицијент оптерећења мотора
Трошкови утрошеног мазива E_{maz}	$E_{maz} = q_{maz} \cdot C_{maz}; q_{maz} = N \cdot q_s \cdot K_{op}$ q_{maz} - количина утрошеног мазива; C_{en} - цена утрошеног мазива; N - номинална снага мотора q_s - специфична потрошња мазива и K_{op} - коефицијент оптерећења мотора
Трошкови радне снаге E_{rs}	$E_{rs} = (S_1 + S_2) \cdot f$ S_1 - нето сатнина руковаоца машине S_2 - нето сатнина помоћне радне снаге f - коефицијент режије (зависи од степена механизованости предузећа)
Трошкови хабања E_{hab}	$E_{hab} = p_{hab} \cdot E_{am}; E_{am} = p_z \cdot \frac{N_v}{n_g}$ p_{hab} - проценат хабања E_{am} - трошкови амортизације p_z - проценат за замену делова у односу на трошкове инвестиционог одржавања N_v - набавна вредност машине n_g - број часова рада машине у току године
Трошкови текућег одржавања E_{ot}	$E_{ot} = p_{ot} \cdot E_{inv}; E_{inv} = \frac{p_{inv} \cdot N_v}{n_g}$ p_{ot} - проценат за текуће одржавање E_{inv} - трошкови инвестиционог одржавања p_{inv} - проценат за инвестиционе трошкове N_v - набавна вредност машине n_g - број часова рада машине у току године
Трошкови основног средства E_{os}	$E_{os} = E_{am} + E_{inv} + E_{osig} + E_k + E_k$
Трошкови амортизације	$E_{am} = \frac{p_{am} \cdot N_v}{n_g}$ p_{am} - проценат амортизације N_v - набавна вредност машине n_g - број часова рада машине у току године
Трошкови инвестиционог одржавања	$E_{inv} = \frac{p_{inv} \cdot N_v}{n_g}$ p_{inv} - проценат за инвестиционо одржавање N_v - набавна вредност машине n_g - број часова рада машине у току године
Трошкови осигурања	$E_{osig} = \frac{p_{osig} \cdot N_v}{n_g}$

	p_{osig} - стопа осигурања N_v - набавна вредност машине n_g - број часова рада машине у току године
Трошкови камате	$E_k = \frac{p_k \cdot N_v}{n_g}$ p_k - каматна стопа N_v - набавна вредност машине n_g - број часова рада машине у току године
Трошкови машинске базе	$E_b = \frac{p_b \cdot N_v}{n_g}$ p_b - проценат за трошкове машинске базе N_v - набавна вредност машине n_g - број часова рада машине у току године

Табела 2: Практични учинак багера, дозера и камиона
Table 2. Practical performance of excavator, dozer and truck

Машина	Формула за прорачун практичног учинка (m ³ /h)
Багер	$U_{pr} = \frac{T}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_o \cdot k_i \cdot k_{ut} \cdot k_v$ (3)
Дозер	$U_{pr} = \frac{T}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_u \cdot k_v$ (4) $q = \frac{b \cdot h^2}{2tg\varphi} \cdot K_g$ $t_c = t_k + t_t + t_{pl} + t_{pov} + t_m$ $t_k = \frac{L_k}{V_k}, L_k = \frac{q}{d \cdot b}$ $t_t = \frac{L_t}{V_t},$ $t_{pl} = \frac{L_{pl}}{V_{pl}}, L_{pl} = \frac{q}{d_{pl} \cdot b}$ $t_{pov} = \frac{L_k + L_t + L_{pl}}{V_{pov}},$ <p> $t_k, t_t, t_{pl}, t_{pov}, t_m$ - време копања, транспорта, планирања, повратка и маневрисања; L_k, L_t и L_{pl} - дужина копања, транспорта и планирања b и h - дужина и ширина даске дозера (m); φ - угао унутрашњег трења материјала K_g - коефицијент губитка земље d - дебљина слоја при копању (m); $V_k, V_t, V_{pl}, V_{pov}$ - брзина при копању, транспорту, планирању и повратку </p>
Камион	$U_{pr} = \frac{T}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_v$ (5) $t_c = t_u + t_p + t_i + t_{pr} + t_m$ $t_u = \frac{q \cdot K_v}{U_{pr}^{u.s.}}$ <p> $t_u, t_p, t_i, t_{pr}, t_m$ - време утовара, транспорта пуног камиона, истовара, повратка празног камиона и време маневрисања </p>

$t_p = \frac{l}{V_p};$ $t_{pr} = \frac{l}{V_{pr}};$	$U_{pr}^{u.s.}$ - практични учинак утоварног средства (m^3/h); l – транспортна дистанца (m) V_p, V_{pr} – брзина кретања пуног и празног камиона (m/min)
<p>Где је:</p> <p>T - укупно време трајања рада $T=1h$</p> <p>t_c - време трајања радног циклуса (h, min, s)</p> <p>q – капацитет радног дела машине (m^3)</p> <p>d_{pl} - дебљина слоја при планирању (m)</p> <p>k_p - коефицијент пуњења радног дела (0,40-1,10)</p> <p>k_r - коефицијент растреситости материјала (0,67-0,91)</p> <p>k_o - корекциони коефицијент за угао заокрета багера (0,64-1,22)</p> <p>k_i - коефицијент истовара материјала (0,90 или 1,0)</p> <p>k_{ut} - коефицијент усклађености транспорта (0,82-1,0)</p> <p>k_u - коефицијент успона (0,40-1,0) или пада (1,0-2,25)</p> <p>k_v - коефицијент коришћења радног времена (0,5-0,92)</p>	

2.2.3. Оптималан избор машина

Оптималан избор машина за извођење радова се врши на основу цене јединице мере машинског рада, која се рачуна за све групе машина према изразу:

$$C_k = \frac{\sum_{i=1}^n K_{hi}}{U_{pr k.m.}} \quad (\text{дин/јед. мере}) \quad (7)$$

где је:

C_k - цена јединице мере машинског рада,

$\sum_{i=1}^n K_{hi}$ - цена ефективног сата рада групе од n машина,

$U_{pr k.m.}$ - практични учинак кључне машине.

3. Резултати

3.1. Резултати ширег избора машина

1) Прорачун дневне и часовне количине рада

Према Пројекту за заштиту Петровца на Млави од поплава Петровачког потока, који је урађен 2021. у ВП Водопривреда, д.о.о. Пожаревац, као стручни рад дипл. инж. Немање Трујића, предвиђена је израдња три преграде од армираног бетона. Од земљаних радова које је потребно обавити машинским путем, планиран је ископ земље I, II и III категорије у широком откопу за тело преграде са темељом, утовар у камионе и транспорт до претходно одређених депонија од стране надзорног органа.

Из пројекта је усвојен обим земљаних радова, на основу чега је израчуна дневна и часовна количина рада према изразу (1). Усвојено је да је време извршења ископа материјала 1 дан и да је радно време осмочасовно.

Часовна количина рада за преграду број 1 износи 62,84 m³/h (502,68/8), за преграду број 2 је 65,96 m³/h (502,68/8), и за преграду број 3 износи 87,28 m³/h (398,24 /8).

2) Техничке карактеристике машина

У Табели 3 су дате техничке карактеристике багера, дозера и камиона, и то: назив машине, модел и тип, снага мотора, тежина машине, капацитет радног дела. Разматране су машине домаћих произвођача (булдозер 14. октобар и камион FAP), као и један булдозер и четири багера страних произвођача (Liebherr, Komatsu, Liu Gong и Hitachi). Техничке карактеристике машина су битни параметри који утичу на вредност учинка машине као и на трошкове сата рада машине.

Табела 3. Техничке карактеристике машина
Table 3. Technical characteristics of machines

Назив машине	Модел и тип	Снага мотора	Тежина машине	Капацитет радног дела	Цена закупа са оператером и горивом** din/h
Багер Liebherr	R 916 Litronic	115 kW	24.300 kg	1,0 m ³	9.878,44
Багер Komatsu	PC210LC-8	110 kW	22.260 kg	0,66 m ³	9.540,31
Багер Liu Gong	205 C	108 kW	20.600 kg	1,0 m ³	9.540,31
Багер Hitachi	280 LCN-3	110kW	21.500 kg	0,93 m ³	9.966,65
Булдозер 14. октобар	TG 140	107 kW	17.960kg	3,24x1,15m	7.150,22
Булдозер Komatsu	D61 EX-24-EQ	126 kW	18.5333 kg	3,24m ³	7.958,33
Камион FAP Kiper	1921 BK	151kW	10.450kg 19.000 kg*	7,04m ³	5.347,36

*дозвољена укупна маса камиона

**према ценовнику ангажовања механизације Водопривреде д.о.о. Пожаревац

3) Табеле ширег избора машина

У Табели 4. су дате групе машина где операцију ископа и утовара земљаног материјала обавља багер, транспорт камион, а разастирање материјала булдозер.

Табела 4. Табела ширег избора машина
Table 4. Table with machines and working operations

Група машина	Назив машине	Радне операције				
		ископ	утовар	транспорт	истовар	разастирање
1	Багер Liebherr	*	*			
	Камион FAP Kiper			*	*	
	Булдозер 14. октобар					*
2	Багер Komatsu	*	*			
	Камион FAP Kiper			*	*	
	Булдозер 14. октобар					*
3	Багер Liu Gong	*	*			
	Камион FAP Kiper			*	*	
	Булдозер 14. октобар					*
4	Багер Hitachi	*	*			
	Камион FAP Kiper			*	*	
	Булдозер 14. октобар					*

Поред ове четири варијанте машина, могуће је направити још четири које би биле исте као групе машина дате у Табели 4, само би уместо булдозера 14. октобар домаће производње, био анагажован булдозер јапанске корпорације Komatsu.

3.2. Резултати ужег избора машина

1) Цена ефективног сата рада грађевинских машина

Цена ефективног сата рада грађевинских машина се рачуна према изразима датим у Табели 1. У раду нису рачунате ове цене већ су усвојене цене којима располаже Водопривреда д.о.о. из Пожаревца које су приказане у Табели 3.

2) Прорачун практичног учинка машина

У Табели 2 су дате формуле за прорачун Ург багера, дозера и камиона који су планирани за извршење радних операција код изградње бујичних преграда. Ове машине врше рад у циклусу који се састоји из одређених радних операција које се понављају у току процеса извршења рада.

Код прорачуна практичног учинка багера усвојен је угао заокрета од 90° , услед чега је $K_0=1,0$, а због истовара материјала који се обавља у возило, $K_i=0,90$. Услови рада су узети као просечни и вредност коефицијента K_v износи $0,75$. Усвојено време трајања радног циклуса t_c свих багера је 20 секунди, и нешто краће, од 18 секунди је усвојено за багер Komatsu који има мањи капацитет кашике.

Према изразу (3) учинак багера износи:

$$U_{pr} \text{ багера Liebherr и Liu Gong} = \frac{T}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_o \cdot k_i \cdot k_{ut} \cdot k_v = \frac{3600}{20} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,98 \cdot 0,75 = 95,26 \text{ m}^3/h$$

$$U_{pr} \text{ багера Komatsu} = \frac{T}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_o \cdot k_i \cdot k_{ut} \cdot k_v = \frac{3600}{18} \cdot 0,66 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,92 \cdot 0,75 = 65,58 \text{ m}^3/h$$

$$U_{pr} \text{ багера Hitachi} = \frac{T}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_o \cdot k_i \cdot k_{ut} \cdot k_v = \frac{3600}{20} \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,98 \cdot 0,75 = 88,59 \text{ m}^3/h$$

Код прорачуна практичног учинка булдозера усвојене су брзине кретања при планирању од 70 m/min , и повратку назад од 100 m/min . Према изразу (4) практични учинак булдозера 14. октобар и булдозера Komatsu износи:

$$U_{pr} \text{ булдозера 14.октобар} = \frac{T}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_u \cdot k_v$$

$$q = \frac{b \cdot h^2}{2tg\varphi} \cdot K_g = \frac{3,24 \cdot 1,15^2}{2 \cdot 0,65} \cdot 0,85 = 2,80 \text{ m}^3$$

$$L_{pl} = \frac{q}{a_{pl} \cdot b} = \frac{2,80}{0,15 \cdot 3,24} = 5,76 \text{ m}; t_{pl} = \frac{5,76}{70} = 0,082 \text{ min};$$

$$t_{pov} = \frac{L_k + L_t + L_{pl}}{v_{pov}} = \frac{5,76}{100} = 0,058 \text{ min}$$

$$t_m = 0,40 \text{ min}$$

$$t_c = t_{pl} + t_{pov} + t_m = 0,082 + 0,058 + 0,40 = 0,54 \text{ min}$$

$$U_{pr} \text{ булдозера 14.октобар} = \frac{60}{0,54} \cdot 2,80 \cdot 0,90 \cdot 0,80 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 168 \text{ m}^3/h$$

$$U_{pr} \text{ булдозера Komatsu} = \frac{T}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_u \cdot k_v$$

$$q = 3,24 \text{ m}^3$$

$$L_{pl} = \frac{q}{a_{pl} \cdot b} = \frac{3,24}{0,15 \cdot 3,25} = 6,65 \text{ m}; t_{pl} = \frac{6,65}{70} = 0,095 \text{ min};$$

$$t_{pov} = \frac{L_k + L_t + L_{pl}}{v_{pov}} = \frac{6,65}{100} = 0,0665 \text{ min}$$

$$t_m = 0,40 \text{ min}$$

$$t_c = t_{pl} + t_{pov} + t_m = 0,095 + 0,0668 + 0,40 = 0,562 \text{ min}$$

$$U_{pr} \text{ булдозера 14.октобар} = \frac{60}{0,562} \cdot 3,24 \cdot 0,90 \cdot 0,80 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 186,79 \text{ m}^3/h$$

Према изразу (5) практични учинак камиона кипера износи:

а) када утовар врши багер Liebherr или багер Liu Gong:

$$U_{pr} = \frac{T}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_v$$

$$t_c = t_u + t_p + t_i + t_{pr} + t_m$$

$$t_u = \frac{7,04 \cdot 0,75}{95,26} = 0,055 \text{ h} = 3,3 \text{ min};$$

Усвојене су брзине кретања камиона: $V_p = 40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $V_{pr} = 60 \text{ km/h}$

$$t_p = \frac{2}{40} = 0,05 \text{ h} = 3,0 \text{ min};$$

$$t_{pr} = \frac{2}{60} = 0,033 \text{ h} = 2,0 \text{ min};$$

Усвојено је $t_i = 0,30 \text{ min}$ и $t_m = 1,30 \text{ min}$

$$t_c = 3,3 + 3,0 + 0,3 + 2,0 + 1,3 = 9,9 \text{ min}$$

$$U_{pr} = \frac{60}{9,9} \cdot 7,04 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 25,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

б) када утовар врши багер Komatsu

Од претходног прорачуна U_{pr} камиона, разликује се само време утовара које износи:

$$t_u = \frac{7,04 \cdot 0,75}{65,58} = 0,081 \text{ h} = 4,86 \text{ min}$$

$$t_c = 4,86 + 3,0 + 0,3 + 2,0 + 1,3 = 11,46 \text{ min}$$

$$U_{pr} = \frac{60}{11,46} \cdot 7,04 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 22,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

в) када утовар врши багер Hitachi

$$t_u = \frac{7,04 \cdot 0,75}{88,59} = 0,060 \text{ h} = 3,58 \text{ min}$$

$$t_c = 3,58 + 3,0 + 0,3 + 2,0 + 1,3 = 10,18 \text{ min}$$

$$U_{pr} = \frac{60}{10,18} \cdot 7,04 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 24,90 \text{ m}^3/\text{h}$$

3) Одређивање потребног броја машина у групи

Кључна машина у свим групама машина је багер, док су остале машине у машино-саставима пратеће машине. Потребан број багера и пратећих машина је израчунат према изразу (6). Узета је часовна количина рада за преграду 1, али је у случају изградње све три преграде учинак багера већи од часовне количине рада, па је један багер довољан за обављање посла.

За 1. и 3. машино-састав:

$$N_{\text{багера Liebherr, багера Liu Gong}} = \frac{62,84}{95,26} = 1$$

$$N_{\text{камиона FAP Kiper}} = \frac{1 \cdot 95,26}{25,6} = 4$$

$$N_{\text{булдозера 14.октобар}} = \frac{1 \cdot 95,26}{168} = 1$$

за 2. машино-састав:

$$N_{\text{багера Komatsu}} = \frac{62,84}{65,58} = 1$$

$$N_{\text{камиона FAP Kiper}} = \frac{1 \cdot 65,58}{22,11} = 3$$

$$N_{\text{булдозера 14.октобар}} = \frac{1 \cdot 65,58}{168} = 1$$

за 4. машино-састав:

$$N_{\text{багера Hitachi}} = \frac{62,84}{88,59} = 1$$

$$N_{\text{камиона FAP Kiper.}} = \frac{1 \cdot 88,59}{24,90} = 4$$

$$N_{\text{булдозера 14.октобар.}} = \frac{1 \cdot 88,59}{168} = 1$$

3.3. Резултати оптималног избора машина

Да би се изабрао оптималан машино-састав и направио рационалан избор механизације за извођење радова на уређењу Петровачког потока, израчуната је цена јединице мере машинског рада C_k преам изразу (7), а резултати су дати у Табели 5.

Најнижу цену јединице мере машинског рада C_k има 3. варијанта машина у саставу: 1 багер Liu Gong Litronic, 4 камиона FAP 1921 BK и 1 Булдозер 14. октобар TG 140. У случају замене булдозера 14. октобар булдозером Komatsu, само би се повећала цена јединице мере машинског рада, која би за 3. машино-састав износила 408,23 din/m³.

Табела 5. Прорачун цене јединице мере машинског рада
Table 5. Calculation of price of 1 m³ of mechanized work

Ре д. бр	Назив машине	Upr	n	n·Upr	Kh	n·Kh	Σ n·Kh	Σ n·Kh/n·Upr-km
		m ³ /h	/	m ³ /h	din/h	din/h	din/h	din/m ³
1	Багер Liebherr	95,26	1	95,26	9.878,44	9.878,44	38.418,10	403,30
	Камион FAP	25,60	4	102,40	5.347,36	21.389,44		
	Булдозер 14. октобар	168,00	1	168,00	7.150,22	7.150,22		
2	Багер Komatsu	65,58	1	65,58	9.540,31	9.540,31	32.732,61	499,12
	Камион FAP	22,11	3	66,33	5.347,36	16.042,08		
	Булдозер 14. октобар	168,00	1	168,00	7.150,22	7.150,22		
3	Багер Liu Gong	95,26	1	95,26	9.540,31	9.540,31	38.079,97	399,75
	Камион FAP	25,60	4	102,40	5.347,36	21.389,44		
	Булдозер	168,00	1	169,00	7.150,22	7.150,22		

	14. октобар							
4	Багер Hitachi	88,59	1	88,59	9.966,65	9.966,65	38.506,31	434,66
	Камион FAP	24,90	4	99,60	5.347,36	21.389,44		
	Булдозер 14. октобар	168,00	1	168,00	7.150,22	7.150,22		

U_{pr} - практични учинак; n- број једнаких машина у групи; n·U_{pr} - укупни практични учинак; Kh- цена ефективног сата рада машине; n·Kh - цена ефективног сата рада једнаких машина; Σ n·Kh - цена ефективног сата рада свих машина у групи и n·Kh/n·U_{pr}·k_m - цена јединице производа машинског рада

4. ЗАКЉУЧЦИ

У овом раду је разматран рационалан избор механизације за извођење земљаних радова на уређењу бујичних сливова на примеру уређења Петровачког потока изградњом преграда. Адекватан избор машина за извођење радова је извршен кроз шири избор, ужи избор и оптималан избор машина.

У оквиру ширег избора машина су дефинисане расположиве машине, које су груписане у 4 машино-састава, тако да обављају радне операције издвојене у оквиру технолошког процеса земљаних радова, односно ископ, утовар, транспорт, истовар и разастирање материјала. Од машина су одабране: багер (произвођача Liebherr, 14. октобар, Liu Gong Hitachi), камион (FAP) и булдозер (14. октобар и Komatsu). У свим машино-саставима, багер је кључна машина која обавља кључну радну операцију – ископ земље. Поред тога, багер обавља и утовар материјала у транспортно средство. Транспорт материјала обавља камион кипер, а разастирање булдозер.

У оквиру ужег избора машина је прорачунат практични учинак расположивих машина, одређен је број кључних и пратећих машина у машино саставу, док је цена ангажовања по сату усвојена из предузећа Водопривреда из Пожаревца. На основу ова три параметра, за све четири групе машина је одређена цена јединице мере машинског рада. Најнижа вредност цене 1m³ земље је установљена за 3. машино састав, где је највећа цена сата рада машина у групи (38.079,97 дин), али и где је највећи учинак багера Liu Gong (95,26 m³/h). Сличне вредности су добијене и за први машино састав где је ангажован багер Liebherr истог капацитета радног дела и истог учинка као и багер Liu Gong, али и нешто веће цене сата рада.

На основу резултата рада може се закључити да је битно спровести све три фазе избора машина како би се утврдило који машино састав односно група машина представља рационални избор. Посебно је важно проучавање рада багера као кључне машине, од чијег учинка зависи и потребан учинак и број пратећих машина у машино-саставима.

5. ЛИТЕРАТУРА

- (2018): Zakon o vodama https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_vodama.html
- Chinchore, N.D. Khare, P.R. (2014): Planning and Selection of Heavy Construction Equipment in Civil Engineering. *Int. Journal of Engineering Research and Applications* 4 (12), 29-31.
- Dragović, N. (1992): Iskorišćenost građevinskih mašina za zemljane radove pri uređenju bujičnih vodotoka. *Glasnik Šumarskog fakulteta, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet*, 739-745.
- Dragović, N. (2011): *Mehanizacija u protiverozionim radovima*, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd, 215p.
- Dragović, N. (2020). *Organizacija protiverozionih radova*. Materijal za pripremu ispita, 2020.
- Dragović, N. Vulević, T. (2016): Primena mehanizacije u vodoprivredi: Analiza stanja i perspective razvoja. *Traktori i pogonske mašine* 21 (4), 62-68.
- Stefanovic A. (1980): *Gradjevinske mašine I*, Gradjevinska knjiga Beograd, 652 p.
- Trujić, N. (2021): Projekat za zaštitu Petrovca na Mlavi od poplava Petrovačkog potoka, stručni rad, VP Vodoprivreda, d.o.o., Požarevac
- Veselinović, M., Dragović, N. (1989/1990): Istraživanja mogućnosti racionalnog korišćenja mehanizacije kod protiverozionih radova. *Glasnik Šumarskog fakulteta, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet*, 69-94.

ЗАШТИТА ВОДНЕ АКУМУЛАЦИЈЕ ОД НАНОСА СА ПАДИНЕ: ПРИМЕР МАЛА АКУМУЛАЦИЈА „СЕЛИШТЕ“ НА ГОЧУ

Ђорђе Живановић¹, Стеван Дожић², Наталија Момировић³

¹Дипл. инж. за ерозију и мелиорације, у пензији, Београд

²Редовни професор Универзитета у Београду, у пензији

³Маст. инж. шум., истраживач сарадник, Институт за шумарство, Београд

Извод: Привредним развојем туристичких капацитета и доласком све већег броја гостију, као и развојем приватног предузетништва, јавио се проблем расположиве количине питке воде, нарочито у јеку туристичке сезоне. Руководство Општине Врњачка Бања кренуло је у реализацију изградње мале акумулације „Селиште“ на Гочу, за дугорочно решење водоснабдевања општине. Са тим циљем почела је изградња бране за водну акумулацију на Гочу. Брана и акумулација „Селиште“ на Гочу, завршена је током јесени 2005. године.

Слив узводно од бране и акумулације је готово потпуно под шумом. Ерозија и нанос се јављају само у хидрографској мрежи слива (Велика река и Мала река) и на падинама новоформираног језера које нису под шумом. То су два изворишта наноса који могу угрозити акумулацију.

У овом раду се даје приказ пројекта за заштиту акумулације „Селиште“ од наноса са падина непосредно уз језеро.

Кључне речи: водна акумулација, ерозија, нанос, заштита акумулације.

THE WATER RESERVOIR PROTECTION FROM SEDIMENT FROM SLOPE: A CASE STUDY OF 'SELIŠTE' RESERVOIR ON GOČ MOUNTAIN

Abstract: There was an increasing problem with the available amount of drinking water, especially in the peak of the tourist season due to the economic development of tourist capacities and the arrival of more guests, as well as the development of private entrepreneurship. The management of the Municipality of Vrnjačka Banja has started the construction of a small reservoir 'Selište' on Goč, for a long-term solution for the water supply of the municipality. Therefore, the construction of the dam for the water reservoir on Goč began. The dam and reservoir 'Selište' on Goč was completed in the fall 2005.

The basin upstream of the dam and reservoir is almost completely under forest. Erosion and sediment occur only in the hydrographic network of the basin (Velika reka and Mala reka) and on the slopes of the newly formed lake that are not under forest. These are two sources of sediment that can endanger the reservoir.

This paper presents the project for the protection of the 'Selište' reservoir from sediments along the slopes.

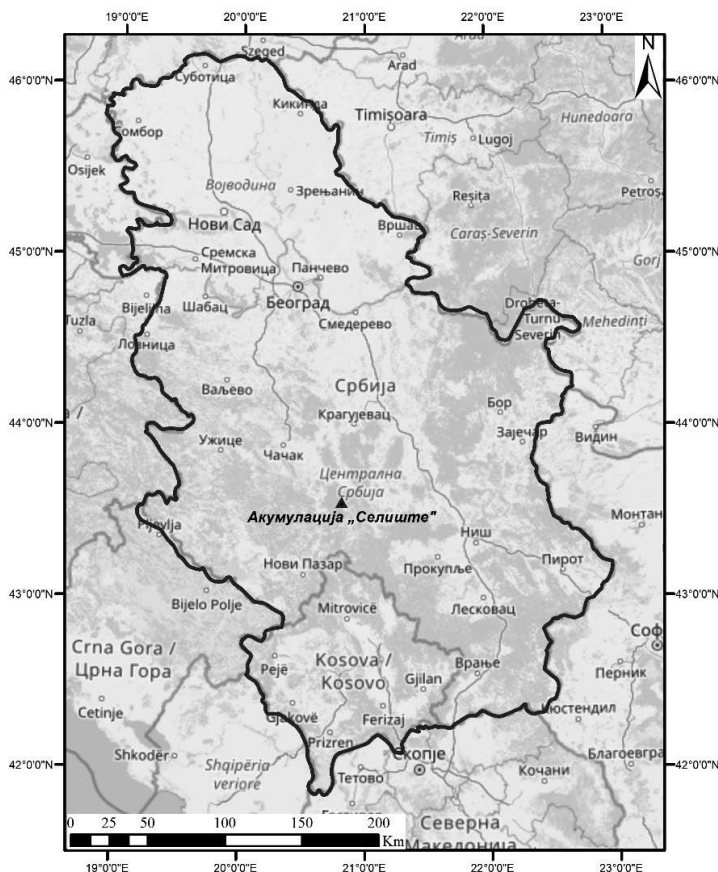
Keywords: water reservoir, erosion, sediment, reservoir protection

1. УВОД

Врњачка Бања је највеће и најпознатије бањско лечилиште у Србији и традиционално врло привлачан туристички центар за одмор и рекреацију. Врњачка Бања се налази у централној Србији, око 200 километара јужно од Београда.

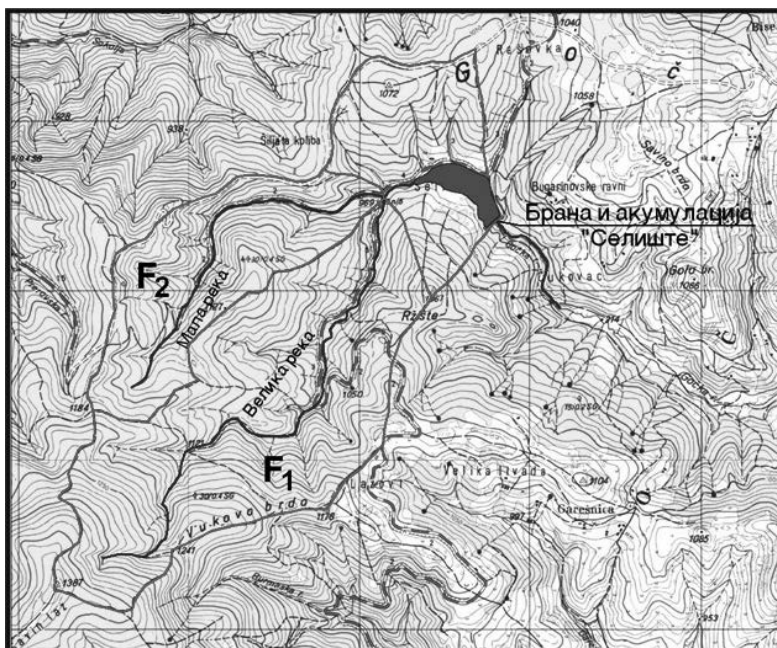
Окосницу привредног живота Врњачке Бање несумљиво чини туристичка делатност али су се захваљујући њој, успешно развиле и друге привредне гране пре свега минерална вода “Врњци”, дрвопрерађивачки капацитети и др.

Оваквим привредним развојем, како туристичких капацитета и доласком све већег броја гостију, тако и развојем приватног предузетништва, јавио се проблем расположиве количине питке воде и то у жеку туристичке сезоне па је руководство општине кренуло у реализацију изградње мале акумулације “Селиште” на Гочу, за дугорочно водоснабдевање Врњачке Бање. Акумулација „Селиште“ се налази на $43^{\circ} 33' 25.8732''$ СГШ, $20^{\circ} 48' 58.8024''$ ИГШ (слика 1). Удаљена је 18km од Врњачке бање и око 30km од Краљева.



Слика 1. Карта локације акумулације „Селиште“ у Србији
Figure 1. Location of 'Seliste' Reservoir in Serbia map

Брана и акумулација „Селиште“ на Гочу, завршена је током јесени 2005. године. Крајем децембра месеца довршени су технички радови на акумулацији којом се део воде, слива реке Расине, преводи у слив реке Западне Мораве и на тај начин повећава капацитет за водоснабдевање Врњачке Бање.

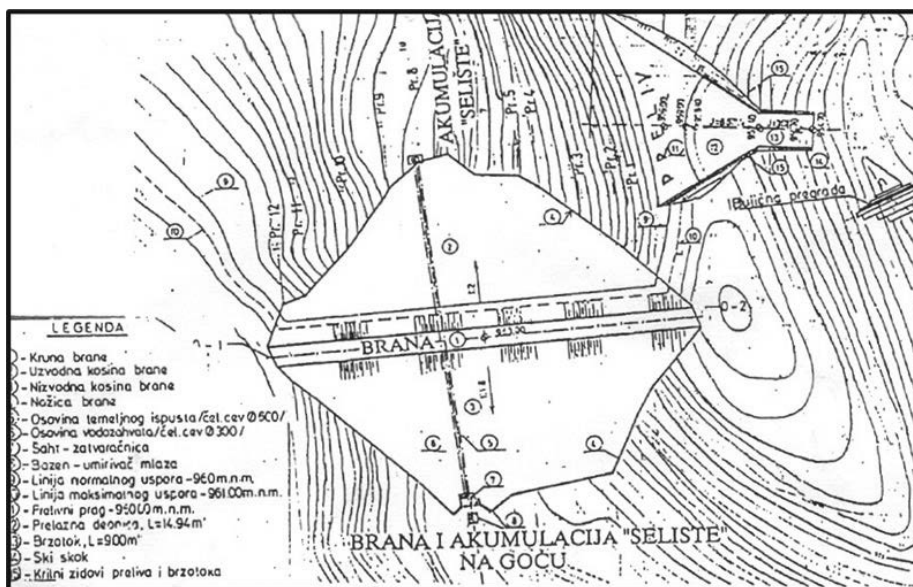


Слика 2. Карта слива Бране и акумулације „Селиште“
Figure 2. Map of the Seliste Reservoir and Dam

У склопу радова на изградњи акумулације нужно је исту заштитити од засипања како од наноса из слива који „носе“ Велика и Мала река тако и са падина самог језера. У овом раду даје се приказ пројекта за заштиту акумулације „Селиште“ од засипања наносом са непосредне падине око самог језера.

2. ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ БРАНЕ И АКУМУЛАЦИЈЕ „СЕЛИШТЕ“ НА ГОЧУ

- | | |
|--|---------------|
| • кота круне бране | 963,00 м.н.м. |
| • кота најниже тачке терена | 941,00 м.н.м. |
| • кота најниже тачке глиненог језгра | 937,00 м.н.м. |
| • кота максималног нивоа воде | 961,00 м.н.м. |
| • кота прелива великих вода | 960,00 м.н.м. |
| • кота нормалног успора | 960,00 м.н.м. |
| • надвишење изнад максималног успора до коте круне бране | 2,0 м. |
| • кота минималног успора | 947,00 м.н.м. |
| • највећа висина бране до терена | 22,0 м. |



Слика 3. Приказ основе бране и њених делова
Figure 3. View of dam and its parts

• укупна висина бране	ширина круне бране	22,0 метра
• нагиб низводне косин		5,0 метра
• нагиб узводне косине		1 : 1,8
• укупна запремина акумулације		1 : 2
• запремина за евакуацију поплавних вода		882.000 m ³
• корисна запремина		62.000 m ³
• запремина за нанос		380.000 m ³
• површина акумулације од макс. нивоа воде		8.000 m ³
• површина акумулације до нормалног успора		7,3 h
• запремина материјала у тело бране		5,8 h
• брана је: Камено насута са глиненим језгром		41.707 m ³

3. ПРИРОДНИ УСЛОВИ У СЛИВУ УЗВОДНО ОД АКУМУЛАЦИЈЕ

Простор изграђене бране и акумулације „Селиште“ на Гочу налази се окружен шумом букве и јеле, са примесам каснијих пошумљавања боровима и затеченим клекама. Цео простор је потпуно покривен шумом изузев уског дела уз акумулацију на коме се још могу разазнати делови уређења површине приликом градње објеката.



Слика 4. Брана и акумулација „Селиште“ завршна фаза изградње
Figure 4. The final construction phase of Seliste Reservoir and Dam

Шумски пут, ширине до 4 метра, само местимично залази у простор са кога се жели максимално спречавање спирања честица земље у акумулацију. Касније потпуним завршетком пута и објеката (шумска кућа и неки мањи објекти уз брану) овај пут ће свакако бити у функцији заштите акумулације од засипања наносом и у том смислу са њега нема потребе спречавати сливање воде у акумулацију.

Поменута шума спада у добро очуване и потпуно склопљене састојине типа *Abieto fagetum* и из тог простора се могу очекивати минималне количине наноса после највећих пљускова. Ово треба имати у виду прилоком планирања објеката активне заштите акумулације од засипања.

Долазни пут из правца Рашовке је добар шумски пут и са њега се не очекује сливање воде и наноса у акумулацију јер на прилазном делу објекту, слив гравитира низводно акумулације.

Надморска висина акумулације (961 mnm), потпуно шумско окружење и намена објеката, указују на решења у смислу максималне оријентације на спречавање дотока наноса у акумулацију. Врх слива је на Савином лазу (1387 mnm).

Климатски услови, на овом простору, указују на могућ узгој и одржавање биљних врста које су на располагању. Температурни услови, који су карактеристични за овај планински део Гоча, посебно зимски период који може бити ограничавајући, сужавају избор врста на биљке скромнијих захтева. Количине падавина, по којима је Гоч познат, омогућавају да се биљни материјал лако прими и одржи. Уколико би се садња биљака обавила у повољнијем периоду године, успех би био загарантован.

Пролећни период, уколико би се искористио термин после касних мразева, омогућио би успех садње. Уколико се пак због лоших временских услова догоди да пролећна садња изостане, могуће је садњу обавити и током јесени. При томе водити рачуна да се због надморске висине избегну периоди мразева.

Остале карактеристике локалитета не наговештавају посебне тешкоће око постављања објеката заштите од засипања наносом.

4. КОНЦЕПЦИЈА РЕШЕЊА

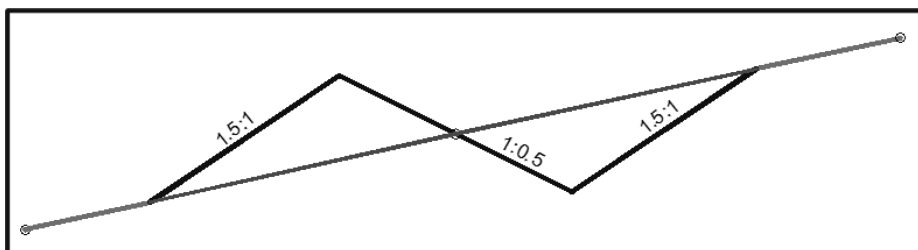
Коришћење предности да је цео слив под шумом доброг склопа, треба потенцирати у смислу спречавања сваког уношења честица у акумулацију. Иако системи илофилтара подразумевају постављање ширег појаса травнатих и жбунастих партија вегетације, то се у овом случају не може применити дословно. Пошто се скоро до саме велике воде простире шума, није ни потребно испоштовати овакав приступ. Ипак, ради остварења комплетне заштите, акумулација је од битног значаја за водоснабдевање Врњачке Бање, комбинацијом радова и мера може се остварити максимум у овим условима. У том смислу предлаже се комбинација техничких и биолошког радова. Они заједно могу да гарантују максимално смањење засипања акумулације уз остале потребне ефекте.

Технички део заштите представљао би систем од две банкете постављење на простору око целе акумулације. Њихов је задатак да све количине наноса који се водом сливају према огледалу воде, исталожи у простору који је обезбеђен конструкцијом банкете.

Карактеристике банкете (слика 5) су следеће: Пошто су нагиби падина испод коте круне бране до коте прелива максималне воде, од 15 – 50% на растојању од 10 метара од коте круне бране поставила би се банкета по целом ободу акумулације. Њен нагиб усекао од 0,5:1 осигурао би да нема услова за еродирање после већих падавина. Затрављивањем целе површине банкете, потенцирала би се додатно заштита ове шарпе.

Горњи део банкете био би постављен планумом са контра нагибом 1:0,5 чиме би се обезбедио простор за акумулирање воде и наноса. Циљ банкете није спровођење воде већ само заустављање како би се исталожио нанос. Банкета би имала и доњу шарпу нагиба 1:1,5 а укупна ширина банкете, износила би 5,5 метара. На деловима који су са већим нагибом она би се незнатно кориговала.

Суштина постављања банкете је да се обезбеди простор за депоновање наноса са падина које гравитирају у акумулацију. Банкета би била постављена без подужног пада а гаранција да до проваљивања не дође је простор који чини конструкција банкете порозно тле око акумулације.



Слика 5. Профил банкете
Figure 5. Profile of a terrace

На простору око 10 метара од горње, поставила би се доња банкета. Она би била са истим карактеристикама и димензијама као и горња. Простор обе банкете био би затрављен одмах после ископа чиме би се обезбедила њихова заштита од еродирања водом са падине али и од плувијалне ерозије.

Биолошки део филитрације вода око акумулације био би представљен садњом жбуња на целом простору између банкета док би се простор изнад горње и испод доње банкете, све до нивоа воде, затравио смешом трава. Ова смеша би била идентична као и она којом би се површина банкета затравила по њиховом формирању, мада се не мора у исто време обавити затрављивање и осталог простора.

Смеша трава треба да обезбеди покривност простора око акумулације а не и принос трава за друге намене. Уколико би се током касније експлоатације приметило да се трава може користити и у друге сврхе, то би се могло толерисати али то не би требало да буде главни циљ. Такође се подвлачи да се приликом формирања травњака (као и садње жбуна) не могу користити никаква ђубрива јер би то довело у питање намену воде из акумулације.

Суштину заштите од засипања акумулације представљало би смањење наноса који се спира са падина око акумулације, његово таложење у простору банкета и повремено чишћење. Ширини банкета омогућава пролаз лаког возила и уклањање наноса и његово одвожење ван простора акумулације. Овај нанос, се после процењених количина у првој години од формирања банкета, може предвидети за коришћење на другом месту, будући да се све обавља на простору који је доступан за возила на већем делу акумулације. Уклањање наталоженог наноса око акумулације био би активан вид заштите од засипања.

Пасиван вид би се огледао у заустављању наноса у простору који је затрављен и који се налази под жбунастом вегетацијом. Жбунасте врсте којима би била опасана цела акумулација, имају задатак да активно спрече плувијалну ерозију на овом простору. Пошто је један од предуслова постављања система илофилтра смањење шушња од околних врста, жбуње око акумулације треба да буде од четинара са мање отпада током раста.

Уколико би се током времена експлоатације појављивао отпад од ових врста у доњој банкети, он би се приликом сваког чишћења уклањао. Садња жбунастих врста би се обавила у ручно копане јаме, на растојању од 1,5 x 1,5 метар.



Слика 6. Акумулација „Селиште“
Figure 6. Seliste reservoir

4.1. Опис објекта

Предложеним системом заштите акумулације „Селиште“ потребно је припремити терен за формирање банкете на укупној дужини од око 1.050 метара око акумулације. Ово је знатно олакшано већ обављеном припремом терена приликом формирања акумулационог простора. Искољчавање банкета би се могло, обавити у припремном периоду док би се ископ јама за садњу жбуња и затрављивање могли синхронизовати у целом простору током пролећне сезоне.

4.2. Избор трава и жбуња за објекат

4.2.1. Травна смеша

Травна смеша којом би се остварила заштита акумулације базира се на досадашњем искуству у формирању и одржавању травњака у планинским областима. Предложена смеша је прихватљивија од монокултуре јер се тиме обезбеђује боља покривност и дуговечност травног појаса око језера.

Као код свих смеша у травном покривачу који се оснива са одређеним циљем, и овде се водило рачуна да предложене траве еколошки одговарају подручју, да се њима може лако остварити заустављање наноса испред акумулације, да се лако одржавају и да су дуговечне као покривач.

Предложене тежине семена за сетву су унеколико кориговане од стандардних јер је циљ потпуна сигурност у остваривању покривача. У таквим случајевима се мора ићи на сигурност чак и онда ако се гарантује клијавост семена. Иако се декларацијама може донекле гарантовати успех травног покривача, када је овакав објекат у питању, ишло се са извесном сигурношћу.



Agrostis alba L. - Бела росуља Врста која је распрострањена у широком ареалу. Подноси прохладна подручја са доста влаге и дуго издржава снежни покривач. Остварује густ склоп што у овом случају одговара. Иако се по хектару сеје до 10 килограма, овде се, ради поузданог остваривања заштите, предвиђа 20 kg/ha у смеси.



Poa pratensis L. - Права ливадарка Биљка која има позитивне карактеристике раста односно, густ склоп при тлу што је и тражено у овом случају. Распрострањена је у нашим крајевима и користи се као основна трава за спортске терене али и код ливада. Искуства са њом су путоказ да нађе место у смеси. Подноси краткотрајне суше. У смеси је дуготрајна што се препоручује код оваквих објеката. Планира се сетва са 15 kg/ha.



Cynosirus cristatus - Петлова креслица је врста која се у нашим условима сеје на планинским ливадама. Планира се до 25 килограма семена које мора бити провереног квалитета.

Наведене врсте треба сејати после грабуљања површине. Сетву обавити омашке а потом површину прећи лаким ваљком уз заливање ради бољег ницања. После ницања семена површину треба покосити први пут ручном косом ради бољег пријема. Уколико се укаже потреба за даљим неговањем травњака, кошење се може обављати машински. Том приликом сено уклањати из простора око акумулације. Ђубрење површине није планирано због намене акумулације за водоснабдевање.

Траве око жбунастих врста косити искључиво ручно а после њихових развоја (нана, се шири по околини и ствара склоп) овај део површине не користити већ оставити да се траве саме редукују.

4.2.2. Жбунаста врста



Juniperus sabina - Клечица – нана је предложена да би покровношћу заштитила површину између банкета од плувијалне ерозије. Жбунаста врста која се брзо и лепо развија покрива простор око себе чиме се планирана заштита од продукције наноса у делу који гравитира акумулацији. Нема додатних захтева у погледу одржавања.

Има је у продаји и размножава се ожиљеним резанцима. Њен избор је свесно ишао на то да се избегавањем лишћара простор растерети од хумусног опада током јесени. Евентуални отпад четина током раста у каснијем периоду, компензовати уклањањем отпадних делова са простора банкете.

Распоред садница треба да обезбеди бољу покровност површине па зато садити на растојању 1,5 x 1,5 m у шах-матском распореду између банкета. Садњу клечице обавити садницама 1 + 1 (ожиљене резнице), по могућству са бусеном или у неком од система контејнера, што ће обезбедити пријем и каснији раст.

Јаме (0,3 у 0,3 x 0,3) копати ручно а садњу обавити по влажном времену без ветра. Током прве вегетационе сезоне по садњи, обавити двократно окопавање садница. Касније то није могуће због пораста врсте.

5. ДИНАМИКА РАДОВА

Објекат илофилтарске заштите акумулације на Гочу, по обиму може бити реализован током једне сезоне садње и сетве (истовремено). Уколико се из било ког разлога касни с израдом банкета, могуће је обавити ископ банкета током летњег периода а касније, током

јесени, извршити сетву и садњу. Ипак величина а пре свега значај објекта претпостављају једновремену и што скорију изградњу илофилтра па се предлаже једновремено и једносезонско постављање око целе акумулације.

6. МЕРЕ НЕГЕ И ОДРЖАВАЊА ОБЈЕКТА

Постављање објеката типа илофилтра око акумулације подразумева сталну контролу покривности површине, како травама тако и жбунастим врстама. Уколико се у првој сезони после сетве и садње констатује слабији пријем садница клеке (мање од 80%), допунити у истој сезони неуспеле биљке истородним материјалом. (иста старост и произвођач).

Приликом обиласка и контроле пријема садница водити записник и констатовати стање. Стање покривности травне смеше контролисати после првог кошења када треба извршити и подсејавање. Стање илофилтра мора и визуелно деловати коректно. Ради остваривања визуелних ефеката објеката (у хортикултурном смислу) евентуалне допуне другим врстама осим предложених морају бити одобрене од стране пројектаната објеката.

Стање банкета се контролише после већих пљускова, када по потреби треба извршити корекцију изгледа банкета. Посебно у случају провала и евентуалног изливања воде, предузети мере санације подизањем плетера на месту провале. Стање запуњености банкета наносом редовно контролисати и по потреби интервенисати.

7. ЗАКЉУЧАК

Објекти ове врсте свакако спадају у групу значајних за заштиту од засипања акумулација наносом као и унапређење квалитета воде у њима. Познато је да заједно са суспендованим наносом у акумулације и водотоке доспевају разне врсте хемијских загађивача. Такве воде нису подесне за водоснабдевање, а често нису ни за наводњавање. Суспендовани нанос изазива и физичко загађење замућењем воде у акумулацији.

Уколико се успе са подизањем и одржавањем објеката како је предвиђено, то би допринело квалитету живота грађана у околини. Не само по томе што би се добила већа количина квалитетније воде, већ и зато што би се у јавности потврдила тежња за квалитетну животну средину.

Предложени материјал и метода за подизање оваквог објекта у свему поштују принципе заштите природне средине и одржавање биодиверзитета као и остварење основног циља, смањење ризика од губљења простора у акумулацији.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Батрић Спалевић, Конзервација земљишта и вода, Београд, 1997. год.
2. Гавриловић С., Инжињеринг о бујичним токовима и ерозији, Београд, 1972. год.
3. Ђоровић М., Исајев В. и Кадовић Р., Системи антиерозионог пошумљавања и затрављивања, Бања Лука, 2003. год.
4. Јовановић Б., Дендрологија са основама фитоценологије, Београд, 1971. год.
5. Летић Љ., Биорегулације, Београд, 2002. год.
6. Лујић Р., Шумске мелиорације, Београд, 1973. год.
7. Оцокољић С., Чолић Д. и др., Природни и сејани травњаци, Београд, Нолит, 1983. год.
8. Танасијевић Ђ., Павићевић Н., Алексић Ж. и др., Педолошки покривач западне и северозападне Србије, Београд, 1966. год.

In memoriam : Проф. др СТЕВАН ДОЖИЋ

На почетку академске године, 1.10.2021. године преминуо је професор др Стеван Дожић. Професор Дожић је поставио високе професионалне и етичке стандарде у свему чиме се бавио током дугогодишње и богате каријере.



Рођен је 1945. године у Чуругу у великој свештеничкој породици. Основну школу похађао је у Пожаревцу и Београду. Гимназију је завршио у Београду 1964. године када уписује Шумарски факултет, одсек за ерозију и мелиорације који је завршио у року за само четири године. Дипломирао је 1968. године.

Године 1969. запослио се на Институту за шумарство и дрвну индустрију на Одељењу за ерозију, где је био стално запослен до 1974. године. Од октобра 1974. године запослен је на Шумарском факултету, Одсек за ерозију и мелиорације као асистент-приправник на предмету Шумске мелиорације.

Професор Дожић је магистрирао 1979. године, када је изабран у звање асистента, а докторирао је октобра 1985. године. Област истраживања професорове докторске дисертације је рекултивација јаловишта. Његова докторска дисертација „Употребљивост неких врста дрвећа и жбуња у амелиорацији лапораца“ представља први корак у истраживањима биолошке рекултивације на нашим просторима. Током израде своје докторске дисертације 1981. године, боравио је пет месеци у тадашњој Чехословачкој на Шумарском факултету у Брну на специјализацији из области Рекултивације земљишта. Приликом боравка у Чехословачкој успоставио је сарадњу и отворио пут колегама са Одсека за размену знања и искустава са овом високошколском институцијом.

Године 1986. биран је у звање доцента, 1994. године у звање ванредног професора, а 2005. у звање редовног професора.

Професионална интересовања професора Дожића могу се сврстати у две области – шумски заштитни појасеви и рекултивација јаловишта из којих је објавио преко 80 научних радова, као и учешће и вођење више од 50 научних и стручних пројеката. Многи стручни пројекти из области шумских заштитних појасева су изведени уз његово залагање и иницијативу.

Наставна делатност

Професор Дожић је држао наставу из предмета Шумске мелиорације на одсеку Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса и одсеку Шумарство, као и предмет Рекултивација јаловишта на одсеку Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса. У периоду од 1985. до 1991. године професор Дожић је предавао по позиву на Биотехничком факултету Универзитета у Љубљани предмет под називом Уређење бујичних подручја. Био је укључен у извођење последипломске наставе у Центру за мултидисциплинарне студије на Универзитету у Београду. Од стране ААОМ-а (Алтернативне Академске Образовне Мреже) био је ангажован за одржавање предавања на мастер програмима из области заштите животне средине током 2000. и 2001. године.

У својој наставној каријери, професор Дожић је био ментор при изради великог броја дипломских радова на одсеку Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса и Шумарство, био је ментор и члан Комисије при изради више магистарских радова, ментор при изради две докторске дисертације и члан комисија при изради докторских дисертације. Био је члан редакционих одбора часописа Ерозија и Ривија рада. Током своје каријере, професор Дожић је био шеф Катедре за мелиорације, помоћник директора за одсека за водопривреду ерозионих подручја и продекан за организацију пословања Шумарског факултета

У образовном раду професор Дожић је био веома посвећен организовању и извођењу теренских настава. Бројне генерације студената живо се сећају тих путовања на којима професор, поред главног наставно-стручног дела, никада није пропуштао да укључи културно забавне садржаје због чега су се ове теренске настава дуго памтиле и препричавале. Поред тога, професор је био непрестано ангажован на промоцији струке – од најмлађих узраста до колега из других струка којима је успевао на најбољи начин да приближи значај наше струке. Учествовао је у оснивању и раду покрета Младих истраживача на Шумарском факултету.

Промоција струке

Још један од огромних доприноса професора Дожића у промоцији и популаризацији струке је његово ангажовање у организацији и извођењу бројних еколошких кампова у оквиру рада Покрета горана Србије у ком је активно ангажован од 1993. године. Био је потпредседник Покрета горана Србије и за своје свеукупно ангажовање добија признање - Златну плaketу поводом обележавања 40 година рада Покрета горана Србије.

Активно је учествовао у организацији рада Удружења бујичара Србије – највећег удружења инжењера ове струке. Једно време био је и председник Удружења. Професор Дожић је организовао и изводио бројне акције пошумљавања на Авали, Копанику, Гочу у Челареву, са студентима и колегама из праксе.

Поред богате професионалне каријере, професор Дожић био је добар супруг и отац, поносан на свој породицу. Велика љубав и понос поред супруге Силвије и сина Александра су му његови унуци Лука и Никола који израстају у сјајне младе људе.

Од професора Дожића могло се много научити, не само о темама везаним за професију, већ и о људским вредностима. Захвални смо му за све што је оставио иза себе професионално и као личност, а његов ведри дух и позиван став и у најтежим тренуцима, остаће у сећању свих који су га познавали.

Проф.др. Сара Лукић

УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ

INSTRUCTIONS TO AUTHORS OF “EROZIJA”

Часопис Ерозија објављује прегледне, оригиналне научне и стручне радове из области заштите од ерозије и уређења бујица, еколошког инжењеринга у заштити земљишних и водних ресурса. Часопис објављује два броја годишње, при чему је јадан тематски одређен. Радови се штампају на српском и енглеском језику. Радови штампани на енглеском језику имају резиме на српском језику, а прилози двојезичне легенде.

Наслов - Наслов треба да буде кратак, јасан и да изрази суштину рада не користећи скраћенице и курзиве.

Име аутора - Наводи се пуно презиме и име (свих) аутора испод наслова рада. Наводи се пун (званични) назив и седиште установе (афилијација) у којој је аутор запослен. Ако је аутора више, а неки потичу из исте установе, мора се, посебним ознакама или на други начин, назначити из које од наведених установа потиче сваки од наведених аутора.

Адреса или е-адреса аутора даје се у напомени при дну прве странице чланка. Ако је аутора више, даје се само е-адреса једног, обично првог аутора

Извод/Апстракт - Кратак садржај рада (до 150 речи). Треба да садржи област, предмет и остварене резултате истраживања. Извод дати обавезно на српском и енглеском језику.

Кључне речи – Обавезно навести кључне речи (3-7) на српском и енглеском језику.

Текст - Основна поглавље рада су УВОД, МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА, РЕЗУЛТАТИ, ДИСКУСИЈА, ЗАКЉУЧЦИ И РЕЗИМЕ. У уводу се дају основне смернице рада. Материјал и методе су део у коме се описују примењене методе и технике. У поглављу резултати износе се подаци добијени испитивањима на које се рад односи, а у дискусији аутор своја истраживања доводи у везу са већ постигнутим резултатима у датој области односно са предметом рада, могућностима за даља истраживања, открива теоретске и практичне импликације својих открића и указује на недовољно испитане аспекте и тврдње које захтевају додатна испитивања. У закључку се таксативно износе резултати истраживања, тврдње засноване на добијеним резултатима, ставови, препоруке и слично. Резиме, уз наслов рада, имена аутора и институције у којима раде, треба да прикаже резултате рада и закључке у најкраћим цртама.

Прегледни радови - треба да садрже свеобухватни преглед неког проблема, а заснивају се на исцрпним подацима из литературе и сопствених истраживања. Прегледни рад треба да садржи најмање 10 аутоцитата.

Табеле и графикони - Табеле и графикони треба битно да допринесу бољем разумевању и интерпретацији резултата рада. Исте податке не приказивати на оба начина. Графиконе радити у Excel-у. Означити у рукопису место за табелу и графикон. У наслову обавезно дати прво српски па онда енглески текст, ако се рад штампа на српском језику, односно прво енглески па српски, ако се рад штампа на енглеском језику.

Фотографије и цртежи - Треба да представљају карактеристичан детаљ, појаву и слично. Фотографије и цртежи морају да буду контрастни и оштри. Нејасне и мутне фотографије неће бити штампане. Фотографије се прилажу у облику посебне датотеке,

морају да буду у неком од стандардних формата (BMP, TIF, JPG, GIF или PSD), у резолуцији најмање 300X300 dpi (пожељно 600X600 dpi), а у размери 1:1. Пошто ови захтеви обично резултирају великим фајловима, пожељно је оригиналне фотографије приложити заједно са радом као посебне датотеке, што би обезбедило постизање већег квалитета код припреме за штампу. Цртежи се могу доставити у форматима DXF, DWG, CDR, WMF, EPS или AI. Наслови и легенде фотографија и цртежа морају бити урађени двојезично - на српском и енглеском језику.

Литература - Само референце наведене у тексту наводе се у литератури. Цитирање необјављених радова могуће је само у тексту као лична комуникација или необјављени подаци. Сви извори, како у тексту тако и у списку референци, наводе се латиницом, по абecedном реду, на начин приказан у примерима.

Примери:

Чланак у часопису: Petrović P., Brzić B., Šijaković D. (1991): Efekti pošumljavanja brzorastućim vrstama lišćara u Vojvodini, *Šumarstvo* 44 (8), SIT šumarstva i prerade drveta Srbije, Beograd (15-28)

У тексту: (Petrović *et al.*, 1991)

Монографска публикација: Dumanović J., Marinković D., Denić M. (1985): *Genetički rečnik*, Naučna knjiga, Beograd

У тексту: (Dumanović *et al.*, 1985)

Поглавље у књизи или у зборнику радова са конференције: Krstić M., Stojanović LJ. (2007): *Gajenje šuma hrasta kitnjaka*, „Hrast kitnjak u Srbiji“, ured. Stojanović LJ., Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd, (29-292)

У тексту: (Krstić, Stojanović, 2007)

Изворе без аутора сортирати према првом слову наслова рада, тако да је испред наслова само година издања

Примери:

(1992): Kodni priručnik za informacioni sistem o šumama Srbije, JP „Srbijašume“, Beograd

У тексту: (1992)

Веб станица: *Chicago/Turabian Style*. The Writing Center at the University of North Carolina at Chapel Hill, from: <http://www.unc.edu/depts/wcweb/handouts/chicago.html>. (accessed / приступљено 15. 05 2008. год.).

У тексту: (2008)

Математичке формуле – Раде се у едитору формула у Word-у или MathType-у.

ОСТАЛЕ НАПОМЕНЕ

Радови се рецензирају, рецензенти одређују категорију рада, а рецензенте одређује Редакција.

Редакцији доставити радове у електронском облику (е-mail, CD/DVD диск, флеш-диск, итд.) урађено у формату MS Word 6.0/2007/XP (Office 97/2003/XP), тип слова Times New Roman, величина 12 pt. Мерне јединице изражавати у Интернационалном систему јединица (SI).

