

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

# ЕРОЗИЈА

Број 49

UDK 626

ISSN 0350-9648



ISSN 0350-9648



9 770350 964000 >

Београд, 2023. 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.  
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

# садржај

## contents

<b>РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА</b> WORD OF THE EDITOR	7
---	---

### I ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ РАДОВИ ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

<b>Мирјана Тодосијевић, Гордана Крсмановић, Катарина Лазаревић, Нада Драговић, Тијана Вулевић, Наталија Момировић</b> Развој методологије за вредновање услуга екосистема Development of a methodology for the evaluation of ecosystem services	8
---	---

<b>Лазар Радуловић, Нада Драговић, Живан Стојменовић</b> Упоредна анализа примене рачунарских програма за планирање извођења радова на примеру уређења слива Трнавске реке Comparative analysis of the application of computer software for planning the execution of works on the example of arrangement of Trnava river basin	23
---	----

<b>Тихомир Шошкић, Тијана Вулевић, Нада Драговић, Бошко Благојевић</b> Идентификација и значај критеријума за процену ризика од ерозије земљишта Identification and importance of criteria for soil erosion risk assessment	32
---	----

<b>Јована Цветковић, Никола Живановић, Вукашин Рончевић, Ненад Шурјанац, Стеван Ђорлука</b> Анализа могућности примене габионских зидова за санацију клизишта - Студија случаја клизиште на путу Столице - Крупањ на km 0+578,6 – 0 + 605,90 Analysis of the possibility of application of gabion walls for landslide rehabilitation- Case study of a landslide on the road Stolica – Krupanj at km 0+578,6 – 0 + 605,90	42
--	----

<b>Иван Малушевић</b> Обешумљавање и деградација земљишта по обнављању српске државности у XIX веку Deforestation and land degradation after the restoration of Serbian statehood in the 19th century	61
---	----

<b>II УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ</b> INSTRUCTIONS TO AUTHORS OF "EROZIJA"	78
--	----

### ЕРОЗИЈА

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

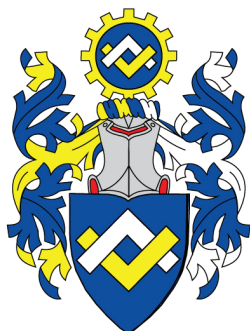
Association of graduate engineers in torrent control of Serbia and University of Belgrade,  
Faculty of Forestry, Belgrade, Kneza Visaslava 1, 11030 Belgrade  
Phone: +381-11-3053-851; +381-11-3906-461;  
E-mail address: bujicari@gmail.com  
Web site: www.udruzenjebujicara.com

Circulation: 250 copies

#### Print

Tukan Print

Штампање часописа за уређење бујица и заштиту од ерозије „Ерозија“ бр. 49 омогућила је:



**ИНЖЕЊЕРСКА  
КОМОРА  
СРБИЈЕ**

## РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА

Овај број нашег часописа ће се појавити уочи избора у Србији, као и уочи Нове Године и Божића, врло значајних преаника, када људи поред осталих текућих проблема, размишљају о припреми за све те догађаје. Ипак надам се да ће поред свега тога њихову пажњу привући овај број часописа „Ерозија“ због пет интересантних научних радова који се у часопису објављују.

Радови се односе на широк спектар проблема: вредновање услуга екосистема, примене рачунарских програма за планирање реализације противерозионих радова, дефинисање критеријума за процену ризика од ерозије земљишта, анализа могућности примене габионских зидова за санацију клизишта и приказ узрока обешумљавања и деградације земљишта по обнављању државности Србије у XIX веку.

Пошто су издавачи часописа Удружење бујичара Србије и Универзитет у Београду Шумарски факултет хтео бих да члановима скренем пажњу на неке проблеме који се јављају последњих година:

- проблем са чињеницом да Републички хидрометеоролошки завод прихвата и признаје хидролошке прорачуне за хидролошки неизучене сливове само ако су потписани од стране грађевинских хидроинжењера упркос томе што у лиценци за инжењере бујичаре пише да су за те прорачуне надлежни шумарски инжењери бујичари;
- млади инжењери бујичари који су у последњих пар године положили стручни испит добијају лиценце које се разликују по називу од лиценце која је усаглашена са колегама са Грађевинског факултета и тако ушла у нормативна акта Инжењерске коморе Србије.

Мишљења сам да Удружење бујичара Србије и Шумарски факултет, треба што пре да предузму мере да се ти проблеми реше на адекватан начин. У том смислу треба што пре да се одржи Скупштина бујичара Србије и да се затим заједно са Шумарским факултетом предузму потребне акције код надлежних у Инжењерској комори Србије, ако треба и у надлежном министарству.

Главни уредник  
Др Станимир Костадинов, ред. проф у пензији

## РАЗВОЈ МЕТЕОДОЛОГИЈЕ ЗА ВРЕДНОВАЊЕ УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR THE EVALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES

Мирјана Тодосијевић<sup>1\*</sup>, Гордана Крсмановић<sup>2</sup>, Катарина Лазаревић<sup>1</sup>, Нада Драговић<sup>1</sup>,  
Тијана Вулевић<sup>1</sup>, Наталија Момировић<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Београду, Шумарски факултет

<sup>2</sup> Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, Републичка дирекција за воде, Одсек водне инспекције

<sup>3</sup> Институт за шумарство, Београд

\*e-mail: mirjana.todosijevic@sfb.bg.ac.rs

Извод: Услуге екосистема су предности и добити које екосистеми пружају друштву. Сервиси екосистема или екосистемске услуге су сваки вид користи који човечанство има из устаљеног система процеса у екосистему. Обухватају услуге снабдевања, регулација и подршке и културе. Производи екосистема су ресурси који потичу из екосистема, а човек их користи у природном или измењеном облику. Од виталног су значаја за живот људи. У Србији је овај природни капитал занемарен, а мониторинг је једва присутан. Услуге које екосистем пружа човеку је веома тешко валоризовати. Да би се сагледали ефекти који се адекватним управљањем могу добити од природе, неопходно их је и новчано представити. Развијени су модели који квантификују и картирају вредности еколошких услуга. Валоризација услуга екосистема кроз развој методологије уз примену модела, пружа управљање екосистемом и укључивање у процес планирања и одлучивања. Модели су просторно експлицитно интегрисане алатке за моделирање која квантификује промене у услугама екосистема, нпр. различите начине коришћења земљишта, количине угљеника у земљишту и сл. Углавном користи карте и табеларне податке о коришћењу ресурса, управљању природним ресурсима у функцији заштите животне средине што се комбинује са економским подацима.

Развојем методологије за валоризацију услуга екосистема, предлажу се механизми и предузимају одређене акције за могуће новчане накнаде појединих услуга екосистема, као и „казне“ услед деградације или неадекватног начина управљања природним ресурсима.

Одрживост природног ресурса и заштита животне средине је примарни задатак наше друштвене заједнице. Концепт одрживости је реалан, само уколико је друштво спремно да инвестира у очување и обнављање природног капитала за одржање екосистема и његових услуга.

**Кључне речи:** услуге екосистема, корист, модел, одрживост

**Abstract:** Services of ecosystem are the benefits that ecosystems provide to the society. Ecosystem services are all kinds of benefits that humanity has from an established process system in the ecosystem. It covers the supply, regulation and support services and culture. Ecosystem products are resources derived from ecosystems, and humans use them in a natural or altered form. They are vitally important for people's lives. In Serbia, this natural capital is neglected, and monitoring is barely present.

Services that the ecosystem provides to a human is very difficult to value. In order to understand the effects that can be obtained from an adequate management by nature, it is necessary to present them in a monetary way. Models have been developed that quantify and map the values of environmental services. Validating ecosystem services through the development of the methodology using the Invests model, provides ecosystem management and involvement in the planning and decision-making process. The models are a spatially explicitly integrated modeling tool that quantifies changes in ecosystem services, e.g. different ways of using soil, the amount of carbon in the soil, and so on. Usually uses maps and tables on the resources, natural resource management in the function of environmental protection, for example, which can be combined with the economic data.

By developing a methodology for valorization of ecosystem services, mechanisms would be proposed and actions undertaken for possible monetary compensation of individual ecosystem services, as well as “penalties” due to degradation or inadequate soil management.

Sustainability of natural resources and environmental protection is the primary task of our community. The concept of sustainability is real, only if the company is ready to invest in the preservation and restoration of natural capital to maintain the ecosystem and its services.

**Keynote:** ecosystem services, benefit, models, sustainability

### УВОД

Екосистем је заједница живих (биотичких) организама - животиња, биљака и микроорганизми која је у интеракцији са физичким окружењем као међузависни систем (Odum, 1971). Током протеклих 50 година, човек је брже мењао екосистеме него у било ком упоредивом периоду људске историје, углавном да би се суочили са растућом потребом за храном, слатком водом, дрветом, влакнима и горивом. Ово је резултирало значајним и углавном неповратним губитком биодиверзитета.

Одрживи развој представља глобалну политику која се локалним акцијама брине о одрживости екосистема и ресурса што директно утиче на економију. На тај начин је природни капитал, који не подразумева само природне ресурсе већ у суштини основу нашег свакодневног живота, веома значајан.

Миленијумска процена екосистема (МЕА) из 2005. године представља нови концептуални оквир који у центар ставља услуге екосистема и повезује људско благостање са утицајима промена у природним ресурсима. Велику пажњу је привукла иницијатива о економској користи од очувања екосистема и биодиверзитета, подржавајући идеју да економски инструменти ако се на одговарајући начин примењују, развијају и тумаче, могу утицати на процесе доношења политика и одлука. Међутим, само неколико услуга екосистема, имају експлицитну тржишну вредност и њима се тргује на отвореним тржиштима. Многи остају невидљиви и ретко се узимају у обзир у традиционалним економским системима. Посебно онима категорисани као да имају вредност „пасивног коришћења“.

МЕА (2005) је дефинисала четири категорије услуга екосистема (Слика 1):



Слика 1. Класификација услуге екосистема (УЕ) по МЕА из 2005. године  
Figure 1. Classification of ecosystem services (ES) according to the 2005 MEA

Неуспех да се на одговарајући начин размотри потпуна економска вредност услуга екосистема у доношењу одлука омогућава наставак деградације и губитак екосистема и биодиверзитета. Већина услуга екосистема се сматра јавним добром и имају тенденцију да их друштво претерано искоришћава. Услуге које екосистем пружа човеку је веома тешко валоризовати. Да би се омогућило укључивање управљања екосистемом у процес планирања и доношења одлука, неопходно је еколошке параметре исказати у новчаним јединицама. На тај начин ће екосистеми имати ефикаснију употребу, односно монетарна вредност еколошке робе и услуга ће побољшати процес управљања и конзервације (Aznar-Bellver and Estruch-Guitart 2012), а концепт одрживости, очувања природних ресурса ће бити постигнут.

Негативан утицај људских активности је утицао на смањење биолошке разноврсности, промену у хидролошком циклусу, губитку плодног земљишта и промену климе. Екосистеми су се истрошили и више него што је њихов расположиви потенцијал и носиви капацитет, а услуге, које екосистеми пружају човечанству су се смањиле за више од 30%. Процеси ерозија земљишта су последица неадекватног начина коришћења земљишта (Cerda et al., 2010) и других поремећаја, попут пожара, рударства или интензивног коришћења у пољопривреди (Cerda, Doerr, 2005). Губитак земљишта може имати озбиљне утицаје на количину и квалитет услуга екосистема земљишта, са озбиљним економским, социјалним и политичким последицама (De Vente et al., 2013; Panagos et al., 2016). Основни постулат одрживости има смисао само ако екосистеми омогућавају живот одржавајући свеукупну равнотежу у природи.

Основни циљ је утврдити предлог методологије која би поједине параметре (услуге) екосистема валоризовала. Концепт одрживости је реалан, само уколико је друштво спремно да инвестира у очување и обнављање природног капитала за одржање екосистема и његових услуга (Blignaut et al. 2013, Greiner and Stanley 2013).

## ЗЕМЉИШНИ РЕСУРС КАО ИЗВОР УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

У процени услуга екосистема, земљиште има велики простор и значај. Због тога је овде и посебно издвојен, иако је земљиште практично у проценама услуга свих екосистема. Представља спону између ваздуха, воде, стена и организама, и одговорно је за многе функције у природном свету које називамо услугама екосистема. Услуге екосистема које пружа земљиште укључују: регулацију атмосфере и климе (кроз секвестрацију угљеника у земљишту), пољопривредну производњу, прераду отпада, разградњу, очување и извор ослобађајућих хранљивих материја, пречишћавање воде, побољшање квалитета и складиштење воде, контролу ерозије, ублажавање утицаја екстремних временских прилика (поплаве), медицинске ресурсе, контролу штеточина и ублажавање болести (Wall et al., 2004; Bardgett, 2005; de Deyn & Van Der Putten, 2005; Wall et al., 2015).

Користи које човек добија од земљишта директно су или индиректно повезане са чистим ваздухом и водом и производњом хране, а кључне су за ублажавање сиромаштва и климатских промена (Todosijević et al, 2022). Сигуран проток екосистемских услуга има потенцијал за смањење друштвене осетљивости на климатске промене и варијабилност (Turner et al., 2009). Данас је то најважнији изазов за наше друштво. Тип, количина, или квалитет екосистемских услуга земљишта зависи од специфичних карактеристика животне средине, које ће одредити својства и функције земљишта. Вредновање услуга земљишта зависи од природних карактеристика и начина управљања (Pereira et.al, 2018). Неодрживе праксе подстичу деградацију земљишта, док одрживе праксе, попут конзервационе пољопривреде и адекватног начина коришћења земљишта (контурна обрада земљишта, контурна садња култура, примена противерозионих плодореда...), у будућности могу да имају позитиван утицај на плодност земљишта, као и на принос засађених култура (Lazarević et al., 2016; Michler et al., 2019).

Дугогодишњим истраживањима, дошло се до закључка да се деградацијом земљишта, услед неадекватне пољопривреде и урбанизације, у океане годишње уноси око 46 милијарди тона наноса (Milliman & Farnsworth, 2011). Уклањање вегетације и физички поремећаји на земљишту интензивирају ове процесе. То је погубно за живи свет, а самим тим за услуге које ови екосистеми могу да пруже.

Битно је нагласити да се механизми који покрећу земљиште разликују од механизма у сливу (Sharpley et al., 2002; de Vente & Poesen, 2005), који у комбинацији са широко распрострањеним недостатком података о праћењу (Milliman & Farnsworth, 2011) стварају несигурност око ефеката управљања на процесе таложења наноса и отицаја (Baer & Birgé, 2018). Због тога је брзо успостављање вегетационог покривача веома пожељно (Bjedov et al., 2011).

Земљишне услуге су повезане са услугама које пружају и водни ресурси. Углавном су везане за регулацију поплава које могу имати функцију спречавања или ублажавања. Највећу улогу имају шумски екосистеми који преусмеравају или апсорбују делове надлазеће воде (од падавина), смањујући на тај начин површинско отицање и, услед тога и количину речног протицаја.

Процена услуга земљишних и водних екосистема базирана је на коришћењу многих модела и метода. Тако, у Бугарској се користи метод прорачунских табела за процену услуга екосистема који се заснива на приступу земљишног покривача/УЕ матрице (Burkhard et al. 2009, 2012, 2014). У Србији је за прорачун губитака земљишта коришћен InVEST SDR модел о чему ће касније бити речи.

## КАРТИРАЊЕ УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

Иницијативу за картирање и процену екосистема и њихових услуга (MAES) покренула је ЕУ 2013. године када је основана посебна радна група са државама чланицама, научним

експертима и релевантним заинтересованим странама. Развој политике у Европи, али и у многим другим земљама и на глобалном нивоу, подстакао је научну заједницу да картира услуге екосистема, да развије нове методе и пружи практичне примене употребе карата у разним одлукама и процесима.

Стратегија ЕУ о биодиверзитету до 2020. имала је за циљ да одржава и унапређује услуге екосистема (УЕ) у Европи. Она захтева да све државе чланице картирају и процене стање екосистема и њихових услуга у свом националном окружењу. Пројекат ESMEALDA који је финансирала ЕУ (Побољшање картирање услуга екосистема за политике и доношење одлука), имала је за циљ да формира „флексибилну методологију која може истовремено да обезбеди иновативне градивне блокове за паневропско, национално и регионално картирање и процену УЕ“ (ESMEALDA, 2015). У процес картирања пожељно је укључити алате као што је вишекритеријумска анализа која препознаје приоритетне услуге екосистема, тј. услуге које на најбољи начин у датом тренутку и на датом месту, користе човеку. Такође, учешће локалне заједнице, кроз систем упитника, игра велику улогу у картирању услуга екосистема. Сам корисник услуга може пружити најрелевантније информације, које ће омогућити и најмеродавније картирање, а у крајњем случају и вредновање услуга екосистема.

Основна питања када се крене у процес картирања су: Шта картирати? Где картирати? Кад картирати? Зашто картирати?

Карте за услуге екосистема (УЕ) су урађене за широк спектар услуга. То укључује заступање (подизање свести, оправдање, одлука подршка), процена екосистема, постављање приоритета, дизајн инструмента, рачуноводство екосистема, економска одговорност и научну просторну анализу. Многе тренутне апликације за картирање су фокусиране на квантитативно вредновање и рачуноводство, што је многим неразумљиво. Али, обично ове карте нису ни замишљене да их разуме широк спектар заинтересованих страна.

ЕУ се суочава са проблемима дефинисања услуга екосистема и то кроз: конкретну, координирану, методолошки доследну социо-економску евалуацију УЕ и увођење добијених вредности у националне статистичке системе и планирање и системе управљања на свим геопросторним нивоима (Koulov, Borisova, 2018). Студије које су се радиле на подручју Централног Балкана обухватају процену опасности од поплава и картирање регулације поплава у горњем делу слива Јантре, процену природног капитала и примену методе контингентне процене у општинама Априлци и Калофер (Borisova et al. 2015, Assenov, Borisova 2016), екосистемско вредновање шума у Националном парку Централни Балкан (Dimitrova et al. 2015), картирање капацитета складиштења угљеника у области Беклемето (Zhiyanski et al. 2016) и процена урбаног екосистема у општини Карлово (Nedkov et al. 2018).

У Србији систематско картирање услуга екосистема није урађено.

## ВАЛОРИЗАЦИЈА УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

У систему одлучивања, у политикама, користи природе се често занемарују. Али и губици у природном капиталу имају директне економске последице које се често потцењују. У Потсдаму, Немачка, 2007. године договорено је да се „покрену процеси анализе глобалне економске корист од биолошке разноврсности, анализу трошкова услед губитка биодиверзитета и негативних ефеката услед неадекватног коришћења ресурса“. Из те одлуке је произашла студија „Економија екосистема и биодиверзитета (ТЕЕВ)“, која је доставила низ извештаја који се односе на потребе главних група корисника: националних и локалних доносилаца одлука, бизниса и шире јавности.

Недостатак или неадекватно вредновање УЕ може довести до прекомерне експлоатације ресурса које генеришу те услуге.

Вредновање је процес приписивања вредности (било економске или неекономске) „нечему“. Циљ економске процене (сл. 2) је да измери, у монетарном смислу, људске преференције за користи које добијају од, на пример, процеса екосистема (ТЕЕВ, 2010a). Некономско вредновање често испитује како се обликују мишљења људи или њихове преференције артикулисане, углавном изван монетарних израза.



Слика.2. Процена услуга екосистема

(Извор: Прилагођено од P. ten Brink, Workshop on the Economics of the Global Loss of Biological Diversity, 5-6 March 2008, Brussels)

Figure 2. Assessment of ecosystem services

(Source: Adapted from P. ten Brink, Workshop on the Economics of the Global Loss of Biological Diversity, 5-6 March 2008, Brussels)

Многе методе су примењене за економско вредновање услуга екосистема. Употреба ових метода, као и интерпретација њихових резултата, захтева познавање са еколошким, политичким, нормативним и социо-економским контекстом и науком о економији. Препознавање и примена вредности услуга екосистема може играти важну улогу у постављању политичких праваца за управљање екосистемом и очувања, а самим тим и у повећању пружања екосистемских услуга и њиховог доприноса људском благостању. Вредновање услуга екосистема у монетарном смислу може бити веома сложено и контроверзно, али у исто време корисно средство у систему доношења одлука (Arany et al., 2018).

Spangenberg и Setele (2010), сматрају да би процену (вредновање) требали заснивати на критеријумима потенцијалне ефикасности екосистема, а не на прорачунима вредности. Чињеница је да не постоји јединствена техника економског вредновања која се може применити на све услуге екосистема, јер се методе разликују у зависности од карактеристика услуга екосистема као и расположивих података (Department for Environment Food and Rural Affairs (DEFRA), 2007; ТЕЕВ, 2010). Углавном се користе методе које су у оквиру ТЕВ - Тоталне економске вредности. Концепт укупне економске вредности (ТЕВ) екосистема

користи се за описивање свеобухватног скупа корисних вредности изведених из њега. Овај концепт је користан за идентификовање различитих врста вредности које екосистем пружа. ТЕВ се састоји од употребних вредности и вредности које се не користе (Шема 1).



Шема 1. Тотална економска вредност и екосистемске услуге  
(Извор: Прилагођено од NZIER, 2018)  
Scheme 1. Total economic value and ecosystem services  
(Source: Adapted from NZIER, 2018)

На основу извештаја IUCN-а (Светске уније за заштиту природе), новчана вредност производа и услуга екосистема се процењује да достиже 33 трилиона америчких долара годишње. Бруто домаћи производ (БДП) Сједињених Америчких Држава за целу 2008. годину је био само 14,4 трилиона америчких долара. За Европску Унију у истој години, БДП је био 14,94 трилиона америчких долара. У Црној Гори су спорадично вршена истраживања процене монетарне вредности екосистема и услуга за реку Тару и заштићена подручја (Emerton, 2011, 2013). Тако је основна вредност одређених компоненти биодиверзитета и повезаних услуга екосистема црногорској економији у 2011. години процењено на 982 милиона EUR.

Велики број метода се може користити за процену услуга екосистема (модел цене тржишта, приступ заснован на трошквима, приступ функцији производње, хедонистичко одређивање цена, приступ заснован на трошкове путовања, случајни услужни програм, моделирање засновано на избору, и сл.). За процену услуга екосистема често се користи и метод контингентне процене, који укључује примену анкета са сетом питања која су прилагођена потребама и задацима неопходним за вредновање услуга екосистема. Оријентисане су на утврђивање знања, преференција и зависности локалног становништва у погледу услуга екосистема.

Веома је тешко на прави начин валоризовати услуге екосистема. Највећи проблем је што не постоји једноставно решење ни правило за избор дисконтне стопе која пореди трошкове и користи у садашњости и будућности. Дисконтне стопе одражавају одговорност према будућим генерацијама и ствар су етичког избора, јер одражавају најбоље процене на добробит људи убудуће, услед надолazeћих технолошких промене. На пример, дисконтна

стопа од 4% имплицира да ће губитак биодиверзитета за 50 година бити процењена на само 1/7 истог износа губитка биодиверзитета данас. Али потребан је опрез у избору дисконтне стопе јер различите активности као што су јавна или приватна добра и произведена или еколошка добра имају и различиту вредност. Из тог разлога је и предлог да се за природне ресурсе и јавна добра користи нижа дисконтних стопа (TEEB, 2010).

## МОДЕЛИ ЗА ПРОЦЕНУ УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

За лакшу процену и представљање услуга екосистема користи се велики број модела. Модел који се користи у процени услуга екосистема су:

- Модел природног окружења
- Моделирање дистрибуције врста
- Моделирање употребе земљишта / покривача земљишта
- Биофизички модели
- Моделирање система који се експлицитно фокусирају на услуге екосистема
- Приступ заснован на матрици
- Преносиви оквири за моделирање УЕ
- **InVEST- Integrate valuation of environmental services and tradeoffs**
- ESTIMAP - колекција просторно експлицитних приступа моделирању који процењују понуду, потражњу и проток УЕ.
- ARIES - се усресређује на идентификацију корисника и фокусира се на динамичке користи које се мењају са временом.
- Интегрисани модели процене - развијени су на начин да се излази једног користе као улази другог
- GLOBIO-ES - динамични глобални модел система који се користи за процену прошлих, садашњих и будућих утицаја људских активности на биодиверзитет и УЕ.
- CLIMSAVE интегрисана платформа за процену регионалног интегрисаног модела процене.
- MIMES (Multiscale интегрисани модел услуга екосистема)
- Модели који помажу у доношењу одлука
- Bayesian Belief Networks (BBN) - Баиесова мрежа веровања је врста модела који користи условну вероватноћу за додељивање вероватноће низу потенцијалних резултата са познатим стањем неких или свих улаза.
- Анализа вишекритеријумских одлука (MCDA)
- Партиципативно моделирање са заинтересованим странама.

InVEST програм (Integrate Valuation of Environmental Services and Tradeoffs) је развијен као део Пројекта Природног капитала ([www.naturalcapitalproject.org](http://www.naturalcapitalproject.org)) који је настао у партнерству између Универзитета у Станфорду и Минесоти, у сврху заштите природе, утицаја промене начина коришћења земљишта на услуге екосистема, Светског фонда за дивље животиње. Основни задатак је био усклађивање привредних снага са конзервацијом земљишта. Скуп алата InVEST описан је у водичу ([https://investuserguide.readthedocs.io/\\_/downloads/en/3.5.0/pdf/](https://investuserguide.readthedocs.io/_/downloads/en/3.5.0/pdf/)) који укључује моделе за квантификовање, картирање и вредновање користи које пружају копнени, слатководни и морски системи. InVEST модели су слободно доступни и отвореног кода.

Модел су груписани у четири категорије:

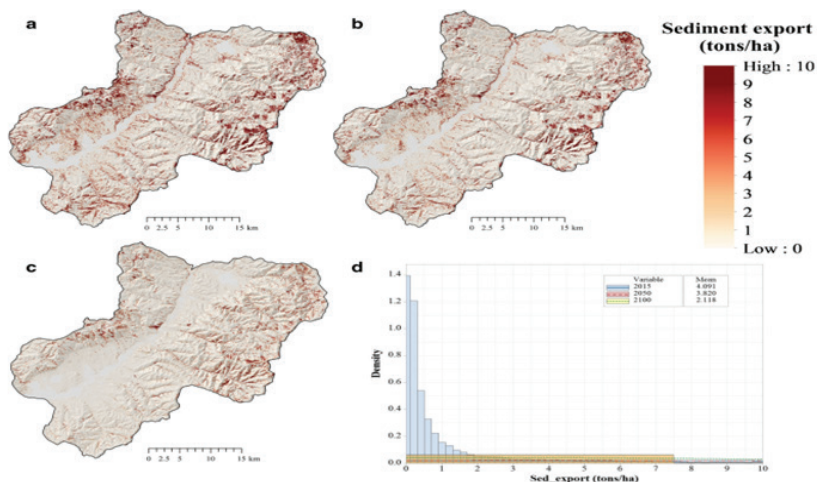


1. Екосистемске услуге подршке (Supporting Ecosystem Services),
2. Коначне екосистемске услуге (Final Ecosystem Services),
3. Алати за олакшавање анализа услуга екосистема (Tools to Facilitate Ecosystem Service Analyses)
4. Алати за подршку (Supporting tools).

Сваки од InVEST-ових алата је посебан модел који се може покретати независно, у сврху потреба корисника.

У оквиру InVEST модела је и InVEST Sediment Delivery Ratio model (SDR) - модел транспорта седимента, који представља изворе и количине седимента који напуштају слив и који врши картирање ретенције и проноса наноса. У контексту глобалних промена, такве се информације могу користити за проучавање услуга задржавања наноса у сливу. Ова чињеница има посебну важност у процесу управљања сливовима и квалитетом воде, што се може економски вредновати (вредност коју особа приписује економском добру на основу користи које из тога произлазе, што се може приказати описно или новчано). Предвиђања из таквих модела помажу у доношењу одлука о управљању пејзажом на различитим просторним скалама. На пример, процене извоза седимента су подржале процену услуга глобалног екосистема, наглашавајући вредност аутохтоне вегетације и откривајући рањивости према сценаријима коришћења земљишта или климатских промена.

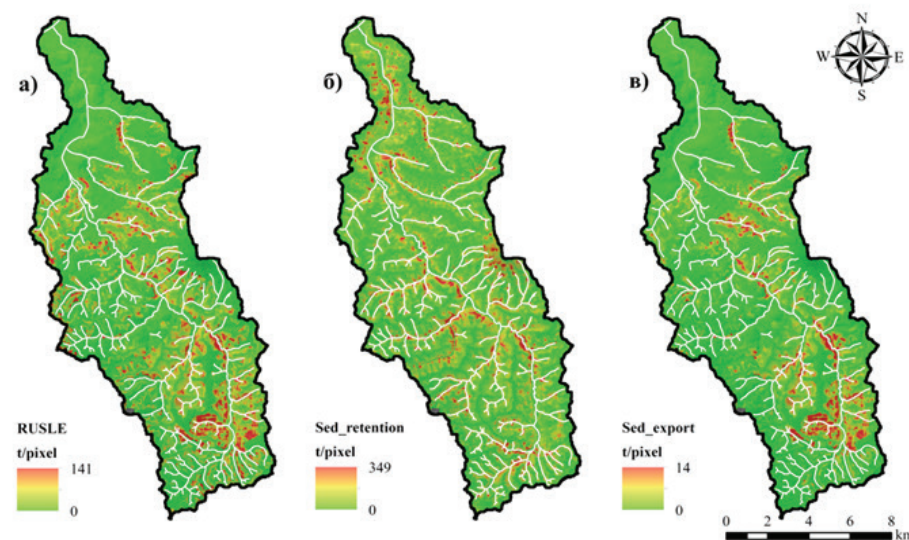
InVEST модел транспорта седимента (SDR) у Србији је успешно примењен у комбинацији са регионалним климатским моделом EBU-POM, и показао се као валидан алат за предвиђање просторних и временских образаца ерозије земљишта. Резултати моделирања ефеката климатских промена на просторне и временске обрасце у региону Врањске долине показали су да ће до краја века доћи до смањења ерозије земљишта за 41,84% у односу на 2015. годину (Perović, et al, 2019) (сл.3).



Слика.3. Транспорт седимента у Врањској долини за 2015, 2050 и 2100. годину и хистограм дистрибуција (Perović et al, 2019)  
Figure 3. Transport of sediments in the Vranjska Valley for 2015, 2050 and 2100 and histogram distribution (Perović et al, 2019)

Модел даје три главна резултата:

- укупна количина наноса извезена из сваког пиксела која дође до водотока (sediment export);
  - укупан износ потенцијалног губитка земљишта израчунат према (R)USLE једначини;
  - задржавање наноса (укупан нанос који задржи пиксел) као разлика у количини наноса испорученог тренутним покривачем земљишта и хипотетичким сливом где су сви начини коришћења земљишта очишћени до голог земљишта (sediment retention).
- Истраживања су рађена и на простору Топчидерске реке (Todosijević et al, 2022). На слици 4, просторно су приказани резултати InVEST SDR модела за слив Топчидерске реке:
- губици земљишта према RUSLE;
  - задржавање наноса - sediment retention;
  - пронос наноса из слива - sediment export.



Слика 4. Резултати InVEST SDR модела за слив Топчидерске реке (Todosijević et al, 2022)  
Figure 4. Results of the InVEST SDR model for the Topčider river basin (Todosijević et al, 2022)

У InVEST SDR моделу, параметри су изражени у тонама по пикселу (t/pixel). Како би се омогућила упоредивост података, јединице су прерачунате у тоне по хектару (t/ha). Просечан годишњи губитак земљишта за слив Топчидерске реке према RUSLE износи 21,87 t/ha. Пренос наноса из слива узима у обзир ублажавајуће ефекте које топографија и начин коришћења земљишта имају на потенцијалну ерозију земљишта и представља нето губитке који доспевају до водотока. Просечан годишњи пронос наноса из слива (седимент експорт) за слив Топчидерске реке износи 1,86 t/ha. Потенцијал задржавања наноса у сливу се креће између 0 и 5580 t/ha годишње (sediment retention) (Todosijević et al, 2022). Вредност природног покривача земљишта у задржавању наноса је просторно променљив и зависи од топографије, земљишта, климе и начина коришћења земљишта. На подручју слива Топчидерске реке највећи потенцијал задржавања наноса имају површине покривене пашњацима 83,45 t/ha, које заузимају јако малу површину од укупне површине (1,57%). Потенцијал задржавања наноса шумске вегетације (четинарске,

лишћарске и мешовите шуме) износи 74,52 t/ha (шуме заузимају 24,73% од укупне површине слива). Највећи губици земљишта према РУСЛЕ су са ненаводњаваних обрадивих земљишта и износе 25,26 t/ha, одакле је и највећи пронос наноса из слива који износи 2,15 t/ha (Todosijević et al, 2022). Све ово указује на велики проблем ерозије земљишта што знатно самњује услугу земљишног екосистема.

## МЕТОДОЛОГИЈЕ ВРЕДНОВАЊА УСЛУГА ЕКОСИСТЕМА

Одрживост природног ресурса и заштита животне средине је примарни задатак наше друштвене заједнице. Да би се сагледали ефекти који се адекватним управљањем могу добити од природе, неопходно их је и новчано представити. Развојем методологије, започете су активностима које би водиле ка сагледавању могућности и користи од сложених и комплексних односа у екосистемима. Кључни кораци у вредновању услуга екосистема су:

- успоставити основну линију (улогу) животне средине;
- идентификовати и обезбедити квалитативну процену потенцијалних утицаја различитих политике на услугу екосистема;
- квантификовати утицаје различитих политике на специфичне услуге екосистема;
- проценити ефекте на људско добро;
- вредновати промене у услугама екосистема.

На основу детаљне анализе, европских и светских искустава, предлог је да се вредновање услуга екосистема у Србији врши кроз неколико фаза:

### 1. Идентификација подручја где треба спровести евалуацију услуга екосистема

### 2. Дефинисање услуга екосистема

Услуге екосистема су многобројне и захтевају врло опсежна и озбиљна истраживања. Обухватају услуге снабдевања, регулисања и подршке и културе. Свака од наведених области обухвата дефинисане класе а у оквиру класа су одређене групе. Могу се формирати листе којима се дају приоритетне улоге

### 3. Картирање услуга екосистема по приоритетима

Најопсежнији и најбитнија фаза у вредновању услуга екосистема. За лакше манипулисање и преглед користи се ГИС методологије.

### 4. Формирање базе података (евидентирање)

Формирање базе података произилази из претходних активности. Због опсежности послова спроводе се прелиминарне активности које доводе до формирање базе података потребних за валоризацију предложених услуга екосистема.

### 5. Укључивање свих учесничких група (стакхолдер, локална самоуправа, експерти из области заштите животне средине, биолози, економисти..., доносиоци одлука)

Сарадња свих учесничких група (локална самоуправа, експерти из области шумарства, заштите животне средине, биолози, економисти, доносиоци одлука) је веома важна карика у процесу валоризације услуга екосистема. Поуздане информације и размена искуства су од круцијалне важности за правилан процес управљања природним капиталом. Мониторинг је управо најважнији начин да се обезбеди таква сарадња и усаглашеност. Рад је подржан знањем и искуством стручњака из области заштите животне средине, шумарства, економије, биологије и других. Директни корисници услуга (локално управа и становништво) имају значајну улогу у процесу израде и дефинисање услуга екосистема, као и регионалне и државних институција (доносиоци одлука).

### 6. Методологија за економско вредновање услуга екосистема

Методологија за економско вредновање (валоризацију) услуга екосистема је прилагођена еколошким, социјалним и политичким условима Републике Србије. Углавном се базирају на ТЕВ, анкете, анализе односа корист-трошак и делове InVEST модела (програма) који садрже и економску компоненту.

### 7. Предлог основних смерница за успостављање механизма економског вредновања услуга екосистема

Развојем методологије за валоризацију услуга екосистема, предлажу се механизми и предузимају одређене акције за могуће новчане накнаде појединих услуга екосистема (земљишних), као и „казне“ услед деградације или неадекватног начина управљања земљиштем.

### 8. Укључивање у планска документа и законе

Добијени подаци се могу и морају искористити за интегрисање ових вредности у националне политике, планове, буџете и стратегије у релевантним секторима, што води ка одрживости целог друштва.

## ЗАКЉУЧАК

Услуге екосистема су важан, ако не и најважнији, сегмент у развоју друштва. Чињеница је да се те услуге не могу купити јер их природа обезбеђује бесплатно. Зато је наша обавеза да те услуге „заштитимо“ тако што ћемо их правилно користити. Западни свет је одавно свестан те чињенице, па су и истраживања ишла у том правцу. Процесом вредновања услуга екосистема побољшао би се и процес управљања природним капиталом и повећао доходак друштвене заједнице.

Различити покретачи животне средине утичу на екосистеме и њихов капацитет да пруже услуге екосистема (УЕ). Одржавање овога капацитет утиче на квалитет људског живота и друштво у целини. У контексту промена животне средине, еколошка безбедност је важан део људског и друштвеног живота. На пример, клима и промене земљишног покривача утичу на друге екосистеме што може довести до губитка широког спектра УЕ, чиме се поткопава еколошка безбедност људског друштва.

Безбедност животне средине по Милениумској декларацији се дефинише као одрживост животне средине за одржавање живота, уз интенцију да се спрече или поправе оштећења животне средине, спрече или реагују на еколошке конфликте и заштитити животна средина због њене инхерентне моралне вредности.

У Србији је неопходно повећати свест о животној средини, о значају природних ресурса и природном капиталу. Разрадом методологије, која би идентификовала и вредновала услуге екосистема, би само започели један дуготрајан процес. Овај процес би имао утицај на целу друштвену заједницу и водио ка одрживости, не само природних ресурса, него целог друштва.

Предложена методологије је прилагођена друштвеним и социјалним односима у Србији и у многоме може олакшати вредновање услуга екосистема. Али у исто време је и „скица“ за вредновање услуга екосистема, јер свако подручје има своје специфичности, а свако друштво своје предности и недостатке. На основу дугогодишњег истраживачког рада, дошло се до закључка да не постоји једноставно и универзално решење за управљање природним капиталом. Сваки појединачан „случај“ мора бити разматран уз укључивање еколошких, економских, политичких и друштвених параметара. Процена утицаја екосистемских услуга је врло осетљива и комплексна проблематика. За комплетно сагледавање и валоризацију услуга екосистема неопходна су дугогодишња и опсежна истраживања

## ЛИТЕРАТУРА

1. Arany I., Aszalós R., Kuslits B., Tanács E. (2018): Ecosystem services in karst protected areas (Екосистемске услуге у заштићеним крашким подручјима). Интеррег Дунавски транснационални програм, пројекат ЕСО KARST
2. Assenov A, Borisova B (2016) Value of Ecosystems (Landscape) Services in the Area of the Towns of Apriltsi, Kalofer and Smolyan. *Annals, Sofia University St. Kliment Ohridski* 2 (107): 141163. (In Bulgarian)
3. Aznar-Bellver J. and Estruch-Guitart J.A., (2012): Valoración de activos ambientales. *Teoría y Caos. Universitat Politècnica de València, Valencia.*
4. Bardgett, R.D. (2005): *The Biology of Soil: a Community and Ecosystem Approach.* Oxford University Press, New York.
5. Baer, S.G., Birgé, H.E. (2018): Soil ecosystem services: An overview. In *Managing Soil Health for Sustainable Agriculture. Fundamentals*, Don, R., Ed; Burleigh Dodds Science Publishing: Cambridge, UK, 2018; Volume 1, E.-chapter
6. Borisova B, Assenov A, Dimitrov P (2015) The Natural Capital of Selected Mountain Areas in Bulgaria. *Springer Geography*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-13527-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-13527-4_6)
7. Bjedov, I., Ristić, R., Stavretović, N., Stevović, V., Radić, B., Todosijević, M. (2011): Revegetation on ski runs in Serbia, case studies of Stara Planina and Divčibare, *Archives of Biological Sciences, Belgrade*, vol. 63, 4 (2011).
8. Blignaut J., Esler K.J., de Wit M.P., Le Maitre D., Milton S.J. and Aronson J. (2013): “Establishing the links between economic development and the restoration of natural capital”, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, n° 5, p.94-101.
9. Burkhard B (2018) Mapping and assessing ecosystems services in the EU – The ESMEALDA coordination and support action approach of integration. *One Ecosystem* (in preparation). • Burkhard B, Santos-Martin F, Nedkov S, Maes J (2018) An operational framework for integrated Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES). *One Ecosystem* 3: e22831. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e22831>
10. Burkhard B (2018): Mapping and assessing ecosystems services in the EU – The ESMEALDA coordination and support action approach of integration. *One Ecosystem* (in preparation)
11. Burkhard B, Kandziora M, Hou Y, Müller F (2014) Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landscape Online* 132. <https://doi.org/10.3097/lo.201434>
12. Burkhard B, Kroll F, Müller F, Windhors W (2009) Landscapes capacities to provide ecosystem services – a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online* 15: 122.
13. Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F (2012) Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* 21: 1729. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
14. Cerdà A., Doerr S.H., (2005): Influence of vegetation recovery on soil hydrology and erodibility following fire: an 11-year investigation. *Int. J. Wildland Fire* 14, 423–437. <http://dx.doi.org/10.1071/WF05044>.
15. Cerdà A., Lavee H., Romero-Díaz A., Hooke J., Montanarella J. (2010): Preface: soil erosion and degradation in Mediterranean type ecosystems. *Land Degrad. Dev.* 21, 71–74. <http://dx.doi.org/10.1002/>

16. De Deyn, G.B., Van der Putten, Wim, H. (2005): Linking aboveground and belowground diversity, *Trends in Ecology & Evolution* 20(11):625-33, doi: 10.1016/j.tree.2005.08.009.
17. De Vente, J., Poesen, J. (2005): Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: Scale issues and semi-quantitative models, *Earth-Science Reviews*, 71(1–2), pp. 95–125
18. de Vente J., Poesen J., Verstraeten G., Govers G., Vanmaercke M., Van Rompaey A., et al. (2013): Predicting soil erosion and sediment yield at regional scales: where do we stand? *Earth-Sci. Rev.* 127, 16–29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.014>
19. Dimitrova L, Petrova D, Belev T, Todorov T, Grigorova-Ivanova J, Shuleva N (2015) Valuation of Ecosystem Services provided by the Forest the Central Balkan National Park. *Central Balkan National Park*. [In Bulgarian]. URL: [http://visitcentralbalkan.net/assets/userfiles/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%8A%D1%82/NPCB\\_EcosystemServices.pdf](http://visitcentralbalkan.net/assets/userfiles/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%8A%D1%82/NPCB_EcosystemServices.pdf)
20. Emerton L. (2011): The economic value of protected areas in Montenegro; report for: GEF/UNDP PIMS 4279: Catalyzing Financial Sustainability of Protected Areas in Montenegro, UNDP Montenegro, Podgorica
21. Emerton L. (2013): Montenegro: the economic value of biodiversity and ecosystem services; report for: GEF/UNDP PIMS 5024: National Biodiversity Planning to Support the Implementation of the CBD 2011-2020 Strategic Plan in Montenegro, UNDP Montenegro, Podgorica
22. ESMEALDA (2015) Description of Action (DoA). Pensoft, Sofia, 178 pp
23. Greiner R. and Stanley O. (2013): “More than money for conservation: Exploring social co-benefits from PES schemes”, *Land Use Policy*, n° 31, p.4-10.
24. Koulov B, Borisova B (2018): Ecosystem Services: Concept, Opportunities and Limitations for its Implementation in Bulgaria *Scientific Works of USB - Plovdiv. Series B. Natural Sciences and Humanities* (in bulgarian) ISSN. *Scientific Works of USB - Plovdiv. Series B. Natural Sciences and Humanities*. [In Bulgarian]. [ISBN ISSN 1311-9192 (in press)]
25. Lazarević, K., Zlatić, M., Kostadinov, S. (2016): Uticaj socio-demografskih faktora na stanje erozionih procesa u ruralnom delu Opštine Voždovac. *Glasnik Šumarskog fakulteta* br. 114, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, pp. 75-102, doi <https://doi.org/10.2298/GSF1614075L>.
26. MEA. (2005): Ecosystems and human well-being: the assessment series. *Millennium Ecosystem Assessment (MEA)*. Washington, DC, Island Press
27. Michler, J.D., Baylis, K., Arends-Kuenning, M., Mazvimavi, K. (2019): Conservation agriculture and climate resilience. *Journal of Environmental Economics and Management* 93, 148-169
28. Milliman, J.D., Farnsworth K.L. (2011): *River Discharge to the Coastal Ocean: A Global Synthesis*, Cambridge University Press, New York, NY.
29. Nedkov S, Borisova B, Koulov B, Zhiyanski M, Bratanova-Doncheva S, Nikolova M, Kroumova J (2018): Towards integrated mapping and assessment of ecosystems and their services in Bulgaria: The Central Balkan case study. *One Ecosystem* 3: e25428. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e25428>
30. NZIER – New Zeland Institute of Economic Research (2018): Report - What’s the use of non-use values?
31. Odum, E.P. (1971): *Fundamentals of ecology*. New York, USA, Saunders

32. Pereira, P., Bogunović, I., Muñoz-Rojas, M., Brevik E. (2018): Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management, *Current Opinion in Environmental Science & Health* Volume 5, October 2018, pp. 7-13.
33. Panagos P., Imeson A., Meusburger K., Borrelli P., Poesen J., Alewell C. (2016): Soil conservation in Europe: wish or reality. *Land Degrad. Dev.* <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.2538>
34. Perović V., Kadović R., Djurdjević V., Braunović S., Čakmak D., Mitrović M., Pavlović P. (2019): Effects of changes in climate and land use on soil erosion: a case study of the Vranjska Valley, Serbia, *Regional Environmental Change* ISSN 1436-3798 DOI 10.1007/s10113-018-1456-x, vol 13, 2019
35. Sharpley, A.N., Kleinman, P.J.A., McDowell, R.W., Gitau, M., Bryant R.B. (2002): Modeling phosphorus transport in agricultural watersheds: Processes and possibilities, *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(6), pp. 425–39.
36. Spangenberg J.H., Settle J. (2010): Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services/ *Ecological Complexity* 7 (2010) 327–337
37. TEEB, (2010): *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.*
38. TEEB. 2010a: *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB).* London, Earthscan.
39. Todosjević M, Lazarević K, Momirović N (2022): Vrednovanje usluga ekosistema primenom InVEST modela, Procena degradacije zemljišta – metode i modeli, str. 304-327, urednika dr Snežane Belanović Simić, red.prof. Univerziteta u Beogradu, Šumarskog fakulteta, ISBN 978-86-7299-345-5, [COBISS.SR-ID 66148617]Turner W.R., Oppenheimer M., Wilcove D.S. (2009): A force to fight global warming, *Nature*, 428: 278-279
40. Zhiyanski M, Gikov A, Nedkov S, Dimitrov P, Naydenova L (2016) Mapping Carbon Storage Using Land Cover/Land Use Data in the Area of Beklemeto, Central Balkan. *Sustainable Mountain Regions: Challenges and Perspectives in Southeastern Europe.* [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27905-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27905-3_4)
41. Wall, D.H., Bardgett, R.D., Covich, A.P., Snelgrove, P.V.R. (2004): The need for understanding how biodiversity and ecosystem functioning affect ecosystem services in soils and sediments. In: Wall, D.H. (Ed.), *Sustaining Biodiversity and Ecosystem Services in Soils and Sediments.* Island Press, Washington D.C., pp. 1e14.
42. Wall, D.H., Nielsen, U.N., Six, J. (2015): Soil biodiversity and human health. *Nature* 528, 69e76.ity. *Trends Ecol. Evol.* 20, 625e633
43. InVEST User Guide, Release +VERSION+ ([https://invest-userguide.readthedocs.io/\\_/downloads/en/3.5.0/pdf/](https://invest-userguide.readthedocs.io/_/downloads/en/3.5.0/pdf/))

## Упоредна анализа примене рачунарских програма за планирање извођења радова на примеру уређења слива Трнавске реке

### Comparative analysis of the application of computer software for planning the execution of works on the example of arrangement of Trnava river basin

Лазар Радловић<sup>1\*</sup>, Нада Драговић<sup>1</sup>, Живан Стојменовић<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1

<sup>2</sup> Универзитет у Београду, Грађевински факултет, Булевар краља Александра 73

\*lazar.radulovic@sfb.bg.ac.rs

#### Извод

Специфичности извођења радова на уређењу бујичних токова, уз капацитете којима располажу извођачка предузећа, често доводе до прекорачења рокова за изградњу објеката, а самим тим и повећања трошкова за реализацију пројекта. Применом метода за планирања и управљања пројектима могуће је превазићи негативне појаве везане за извођење радова у бујичним сливима. Планирањем се утврђује трајање радова, динамика извођења као и потребе у ресурсима што за циљ има најбржу и најекономичнију изградњу. Као подршка процесу планирања могу се користити различити софтверски пакети који омогућавају праћење животног циклуса пројекта. У раду је приказана упоредна анализа три рачунарска програма, *TactPlan*, *Microsoft Project* и *Primavera Project Planner* за планирање извођења радова на уређењу слива Трнавске реке.

Кључне речи: уређење бујичног тока, планирање, CPM метода, *Microsoft Project*, *TactPlan*, *Primavera Project Planner*.

#### Abstract

The specifics of execution of works on the arrangement of torrential flows with the capacities of the contractor companies often lead to exceeding the deadlines for the construction of facilities, and thus to an increase in the costs for the realization of the project. By applying the methods of planning and project management, it is possible to overcome negative phenomena related to the execution of works in torrential basins. Planning determines the duration of works, the dynamics of execution as well as the needs in resources, which aims at the fastest and most economical construction. Various software packages can be used to support the planning process, which enable the monitoring of the project life cycle. The paper presents a comparative analysis of three computer programs, *TactPlan*, *Microsoft Project* and *Primavera Project Planner*, for planning the execution of works on the improvement of the Trnava river basin.

Key words: torrent control, planning, CPM method, *Microsoft Project*, *TactPlan*, *Primavera Project Planner*.

#### УВОД

Бујичне поплаве припадају групи природних хидролошких непогода које су у директној вези са ерозионим процесима и распрострањене су у целом свету, укључујући и територију Републике Србије, где представљају једну од најфреквентнијих природних

непогода (Karović Solomun et al., 2021). Њихова појава везана је за бујичне водотокове којих је на територији Републике Србије регистровано преко 11.500 (Ристић и сар., 2016). Бујичне поплаве карактериште стохастички и стихијски карактер. Ове природне непогоде понекад имају немерљиве последице у еколошкој, економској и социјалној сфери. Због специфичности овог типа поплава који се у мноме разликује од поплава на великим рекама немогуће је применити класичне мере одбране од поплава. С тим у вези неопходно је применити превентивне мере и радове и њима смањити вероватноћу од настанка бујичних поплава, при чему би требало тежити интегралном уређењу слива. Овакав концепт уређења бујичних слива обухвата стратегију, мере, методе, конструкције и активности усмерене у циљу управљања и обуздавања бујичних процеса, као и управљања и усмеравања друштвено-економских активности у угроженој зони (Драговић, 2021).

Извођење радова у бујичним сливовима, за разлику од сличних инвестиционих пројеката у грађевинарству, условљено је специфичностима у које спадају: саме карактеристике бујичног тока (поплавни таласи које је врло често немогуће предвидети), конфигурација терена (стрме и уске долине у горњим токовима који ограничавају фронт рада), врста и обим радова. Управо ове специфичности заједно са ресурсима (радна снага, материјал и механизација) којима располажу извођачке фирме у овој области, врло често доводе до продужетка рока за изградњу објекта, не стављања објекта у функцију у предвиђено време, а самим тим и повећања трошкова реализације пројекта (Драговић, 2021).

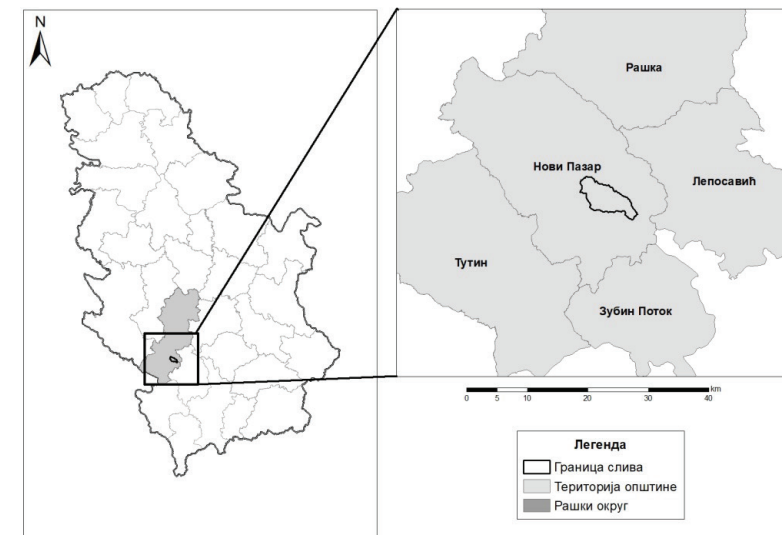
Негативне појаве везане за извођење ових радова могуће је превазићи изградом пројекта организације и технологије грађења који омогућава ефикасно сагледавање неопходних корака које треба предузети за формирање градилишта, припрему посла, почетак и реализацију радова чиме се формира комплетна представа о реализацији посла (Ивковић и сар. 2021.). Уз то, кроз пројекат организације грађења дефинишу се кључни елементи (време, трошкови и ресурси) на основу којих се закључује о динамици одвијања радова. Технологија грађења у случају изградње објекта за заштиту од бујичних поплава и ерозије условљена је специфичностима бујичних слива: фронтом рада, топографским карактеристикама посматраног подручја, стручном, кадровском и техничком оспособљеношћу потенцијалног извођача и др. (Драговић, 2021).

Планирање, као иницијална функција у процесу управљања, од значаја за сагледавање будућих догађаја, задатака и циљева, много је олакшана применом рачунара и софтвера за планирање. Рачунарски програми и програмски пакети омогућавају интегрално управљање, планирање, реализацију али и контролу тока реализације пројекта (Мирковић, 2006). Осим тога, рачунарски програми за планирање омогућавају добру прегледност и видљивост тренутног стања одвијања радова, њихову анализу и реакцију на уочене грешке и недостатке (Јовановић, 2008).

У овом раду је разматрана примена различитих рачунарских програма за планирање извођења радова на примеру уређењу слива Трнавске реке.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Планирање извођења радова применом рачунарских програма вршено је за уређење слива Трнавске реке. Слив Трнавске реке налази се на територије општине Нови Пазар. Слив је издуженог облика, површине 9,4km<sup>2</sup>, са правцем пружања северозапад-југоисток. Трнавска река представља највећу притоку реке Јошанице и у њу се улива у Новом Пазару. Просторни положај слива приказан је на слици 1.



Слика 1. Географски положај слива Трнавске реке  
Figure 1. Location of Trnava river basin

Планирани радови на Трнавској реци разматрани су кроз концепт интегралног антиерозионог уређења слива, у циљу превенције од бујичних поплава и заштите земљишта од ерозије. Предвиђени радови обухватају техничке, биотехничке и биолошке радове (Станојевић, 2016).

За планирање извођења радова за уређење бујичних слива највећу примену нашли су мрежни дијаграми и гантограми који се израђују у оквиру метода мрежног планирања (Драговић, 2021). Технике мрежног планирања нарочито су ефикасне када се планирају процеси који трају једнократно (Петрић, 1987), какви су радови у бујичарству. Уз то технике мрежног планирања чине основу већине рачунарских програма за планирање и управљање пројектима (Петровић и сар. 2020).

Две најпознатије методе технике мрежног планирања, из којих су развијене многобројне модификоване методе су *CPM* – метода (*Critical Path Method* – метода критичног пута) и *PERT* – метода (*Program Evaluation and Review Technique* – Метода оцене и ревизије пројекта). *CPM* – метода представља детерминистичку методу технике мрежног планирања јер се прорачун трајања активности врши на основу норматива рада, статистичких и искуствених података. *PERT* – метода је стохастичког карактера, односно време трајања активности се претпоставља. *PERT* – метод се најчешће користи код пројеката који се реализују по први пут и где није могуће прецизно одредити време трајања појединих активности.

Када су у питању противерозиони радови, с обзиром на познату технологију извођења, најчешће се примењује *CPM* – метода (Dragović et al. 2017).

Прва фаза у примени *CPM* методе је анализа структуре која са аспекта планирања обухвата испитивање и утврђивање редоследа и узајамних односа свих активности у пројекту, што не представља ништа друго до одраз технологије извођења радова (Петрић, 1987.). Резултат спроведене анализе структуре је мрежни дијаграм. Први корак у анализи

структуре представља састављање листе активности и анализа њихове међусобне повезаности и условљености, узимајући у обзир изабрану технологију грађења. Након састављања списка активности и утврђивања њиховог логичног редоследа приступа се конструкцији мрежног плана. Анализа структуре извршена је на основу Пројекта за уређење слива Трнавске реке (Станојевић, 2016).

Други корак у примени *CPM* методе представља анализа времена. Циљ анализе времена је да конструисан мрежни дијаграм, односно технологија одвијања радова добије временску димензију (Драговић, 2021). Анализа времена спроводи се независно од анализе структуре што је једна од предности техника мрежног планирања. Прецизно одређивање времена трајања активности условљено је тачним описом предвиђених поступака за њено извршење, односно изабраном технологијом грађења. Прорачун потребног времена за сваку активност извршен је према нормативима рада и количинама које су наведене у предмру радова, као и прорачун потреба у ресурсима (радној снази, механизацији и материјалу).

Поред анализе структуре и времена у оквиру *CPM* методе спроводи се и анализа трошкова, односно разматрање односа трошкова и времена реализације појединих активности.

## РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМИ ЗА ПЛАНИРАЊЕ И УПРАВЉАЊЕ

Софтверски пакети за планирање и управљање користе се у различитим областима друштвене и привредне делатности, те је самим тим, јако интензиван развој нових и усавршавање постојећих рачунарских програма. Рачунарски програми за планирање и управљање пружају широк спектар алата који омогућавају процес управљања пројектом. Користе се за планирање активности, управљање ресурсима, праћење реализације пројекта, процену трошкова, упоређивање планираних активности са реализованима, као и низ других операција (Mitrović i sar. 2011).

Избор рачунарског програма који ће се користити за планирање најчешће зависи од сложености пројекта. Данас постоји велика понуда софтверских пакета за планирање и управљање пројектима. Неки од тих програма су: *Microsoft Project*, *GanttProject*, *Primavera Project Planner*, *Jira*, *One point Project*, *Copper*, *Liquid planner*, *Project Open*, *Asana*, *Vico office*, *Work Plan Enterprise* и други (Mitrović i sar. 2011). Програмски пакети разликују се према начину рада – могу се инсталирати на рачунару или користити „на мрежи“ путем интернет претраживача. Такође разликују се и према трошковима – одређени програмски пакети захтевају лиценцу док су неки *open - source* типа (Петровић и сар. 2020). Рачунарски програми се такође разликују према спектру додатних алата који се користе за различите сегменте у управљању (анализа ресурса, анализа ризика, различите врсте извештаја и сл.), те разликујемо једноставне и сложене софтвере.

У овом раду анализирани су могућност и функционалност три програма: *Microsoft Project (MS Project)* и *Primavera Project Planner* који су одавно присутни на тржишту и *TactPlan* који је софтвер новије генерације намењен планирању и управљању пројектима у грађевинарству.

*MS Project* је један од најпознатијих софтверских пакета који се користи у планирању пројекта. Иницијално је развијен као интерни алат који је требао да служи за

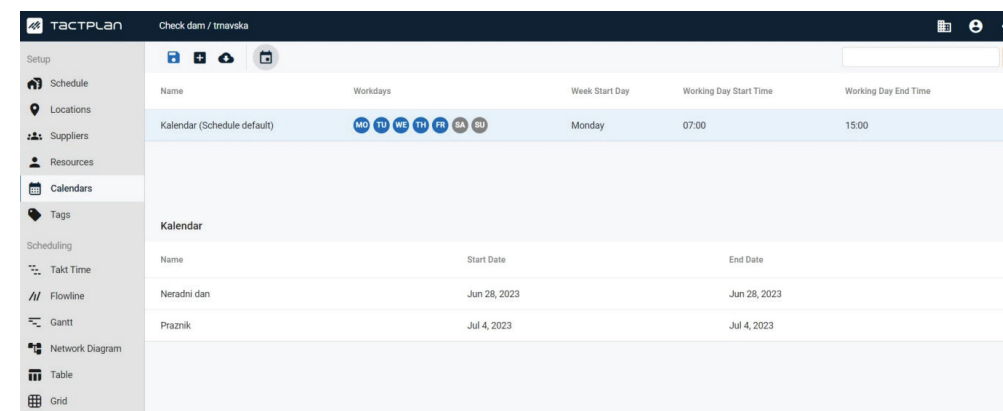
управљање великим бројем пројеката који су се у то време развијали у компанији *Microsoft* (Mitrović i sar. 2011). Развијен је у складу са логиком широко прихваћеног *MS Office* пакета те је остварена конзистентност у смислу јединства команди и могућој интеграцији са другим програмима из *MS Office* пакета (Момировић, 2014).

*Primavera Project Planner* развијен је осамдесетих година двадесетог века као један од најбољих софтверских решења на тржишту пројектног портфолио менаџмента (Mitrović i sar. 2011). Од 2009. године припојена је компанији *Oracle* те се назив софтвера мења у *Oracle Primavera (Oracle Primavera P6 Enterprise Project Portfolio Management)*. Уз *MS Project*, *Primavera* се данас налази међу најраспрострањенијим софтверима за планирање и управљање пројекта у свету.

*TactPlan* је софтвер новијег датума који се и даље унапређује. Њега карактерише такозвани *cloud-based* принцип рада, односно рад у програму се одвија на мрежи, где се и чувају подаци, тако да је приступ могућ са различитих места од стране неколико руководилаца пројекта у исто време.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

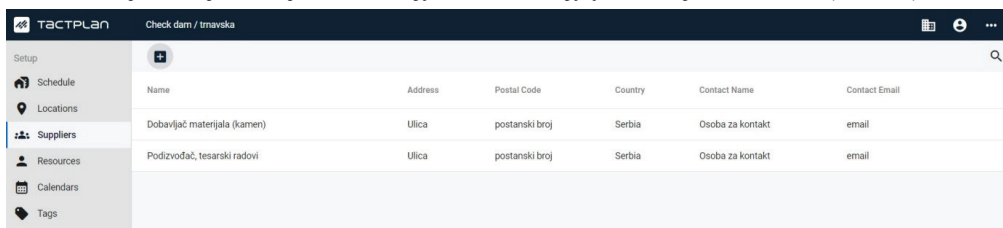
Пре примене рачунарских програма извршен је прорачун времена неопходног за извршење сваке активности према нормативима рада и количинама које су одређене предмером радова, као и прорачун потребних ресурса (радна снага, механизација и материјал). Рад у софтверу *TactPlan* карактерише једноставност приликом уношења података и дефинисања свих параметра неопходних за планирање извођења пројекта. Рад у програму започиње се уношењем основних података о пројекту (назив и време трајања извођења). Следећи корак је дефинисање радног времена као и броја радних дана у недељи као и дефинисање нерадних дана односно празника (слика 2).



Слика 2. Приказ дефинисања радног времена и нерадних дана у *TactPlan*-у  
Figure 2. Defining working hours and non working days in *TactPlan*

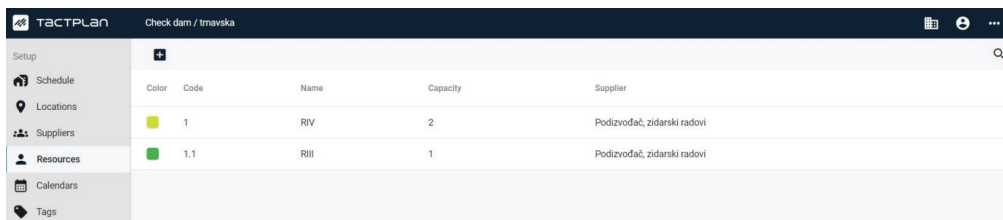
*TactPlan* даје могућност дефинисања добављача за материјала, где се на једном месту, у посебној картици, може саставити списак добављача са основним подацима о сваком добављачу (слика 3). Такође, у истој картици могуће је дефинисати и подизвођаче укључене у реализацију

пројекта. Софтвер даје могућност дефинисања ресурса, односно расположивих радника и механизације, што је значајно за каснију оптимизацију уколико је неопходна (слика 4).



Слика 3. Дефинисање добављача материјала и подизвођача у TactPlan - у  
Figure 3. Defining material suppliers and subcontractors in TactPlan

Уношење активности у TactPlan може да се обави на неколико начина. Активности је могуће уносити табеларно где није неопходно пратити хронолошки редослед одвијања активности или се активности се могу уносити кроз мрежни дијаграм. Након уношења активности неопходно је дефинисати њихово време трајања као и међусобну зависност. Програм даје могућност дефинисања четири типа веза између активности: завршетак – почетак (*finish to start – FS*), завршетак – завршетак (*finish to finish – FF*), почетак - почетак (*start to start – SS*), и почетак – завршетак (*start to finish - SF*). За сваку активност уз међусобну зависност и трајање, могуће је дефинисати и ресурсе као и пратити прогрес извршења активности.



Слика 4. Дефинисање ресурса у TactPlan - у  
Figure 4. Definig resources in TactPlan

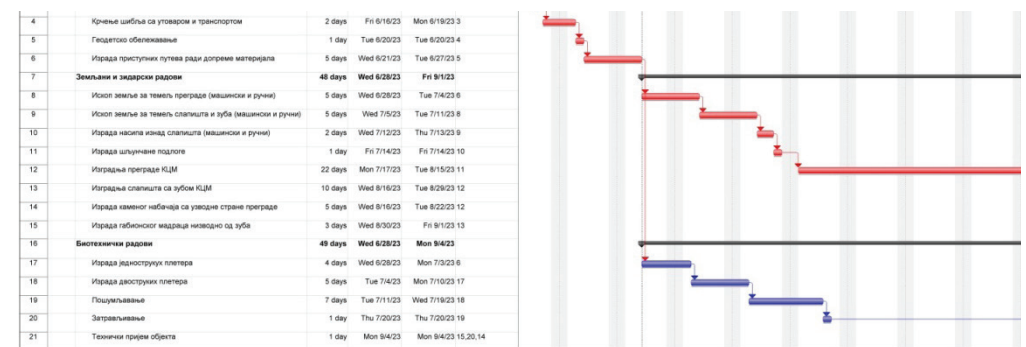
Дефинисањем ових параметара добија се динамички план извођења радова. TactPlan даје могућност прегледа радова на неколико различитих начина, у виду гантограма (слика 5), мрежног плана, циклограма или кроз табеларни приказ.



Слика 5. Динамички план напредовања радова на уређењу Трнавске реке применом TactPlan-a  
Figure 5. Gantt chart for the progress of works on arrangement of the Trnava river in TactPlan

Програм MS Project има велику примену код планирања извођења радова и реализације најразличитијих пројеката. Рад у програму је сличан као и рад у програму Tact Plan. Интерфејс програма креиран је тако да корисника систематично води кроз процес планирања. Први корак је дефинисање пројекта, где је неопходно дефинисати датум почетка пројекта. Следећи корак је дефинисање радног времена при чему се дефинишу радни дани, број радних сати као и нерадни дани у току месеца (викенди и празници). Након дефинисаног почетка пројекта и радног времена неопходно је унети активности у склопу пројекта. Активности се уносе у табелу, при чему се у оквиру активности дефинишу трајање активности као и ресурси (радна снага, механизација) који су неопходни за извршење активности у планираном трајању. Такође радове је могуће поделити у фазе што је превасходно од значаја за грађевинарство, али приликом планирања бујичарских и противерозионих радова поделу је могуће извршити на припремне, земљане, тесарске, зидарске и друге радове. Активности се не морају бити нужно хронолошки уносити у табелу али је то препоручљиво због лакшег праћења процеса одвијања радова. Следи успостављање међусобне зависности са другим активностима при чему MS Project, као и код TactPlan –а, нуди четири врсте веза између активности - завршетак – почетак (*finish to start – FS*), завршетак – завршетак (*finish to finish – FF*), почетак - почетак (*start to start - SS*), и почетак – завршетак (*start to finish - SF*). Међусобним повезивањем активности добија се гантограм радова. За разлику од Tact Plan – а у коме је поред гантограма могуће мењати приказ у циклограм или мрежни дијаграм, MS Project уз приказ гантограма нуди приказ мрежног дијаграма као и календарског приказа који се ретко користи. MS Project даје приказ критичног пут који је приказан изнад критичних активности на гантограму, што није случај у софтверу TactPlan.

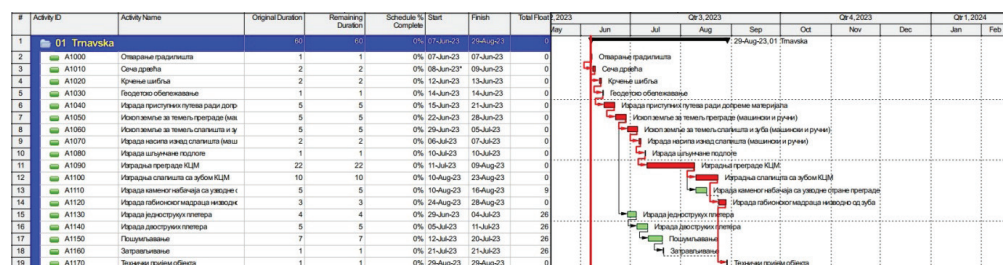
Потребе у ресурсима уносе се у засебну табелу, при чему се дефинишу радници по структури и квалификацији као и цена њиховог ангажовања по часу. Такође, још једна предност MS Project – а је приказ хистограма у потребама за ресурсима, што је од великог значаја за оптимизацију пројекта На слици 6 приказан је динамички план извођења радова на уређењу слива Трнавске реке применом MS Project - a.



Слика 6. Динамички план напредовања радова на уређењу слива Трнавске реке применом MS Project-a  
Figure 6. Gantt chart for the progress of works on arrangement of the Trnava river in MS Project

Primavera Project Planner представља сложенији програм од претходна два. Рад у програму отпочиње дефинисањем назива и времена почетка односно завршетка пројекта. Након тога неопходно је формирање EPS чворишта (Enterprise Project Structure) који представља пројекте на којима се тренутно ради, односно представља фазе пројекта. За уношење активности

неопходно је формирати WBS мрежу (*Work Breakdown structure*). Ово је битна разлика у односу на *MS Project* и *TactPlan* код којих се WBS формира самим уношењем активности. Везе између активности су исте као и код претходна два анализирана програма. Као и код *MS Project* - а и *TactPlan* – а, *Primavera* даје могућност уноса потреба у ресурсима с тим да нуди више различитих приказа потреба у ресурсима. На слици 7 приказан је динамички план извођења радова на уређењу слива Трнавске реке урађен применом софтвера *Primavera Project Planner*. Уз наведено, *Primavera* нуди велики број додатних алата који су превасходно намењени веома сложеним пројектима из области грађевинарства.



Слика 7. Динамички план напредовања радова на уређењу слива Трнавске реке применом *Primavera Project Planner* – а  
Figure 7. Gantt chart for the progress of works on arrangement of the Trnava river in *Primavera Project Planner*

## ЗАКЉУЧАК

Процес планирања и организације извођења радова у многе је убрзан и олакшан посредством информационих технологија. У раду су анализирана три софтвера за планирање извођења радова за уређење слива Трнавске реке: *MS Project* и *Primavera Project Planner* који су дуго присутни на тржишту, као и софтвер новије генерације *TactPlan* чија експанзија је тренутно у току. Анализирани софтвери, као и већина софтвера који се примењују у области планирања, засновани су на методама технике мрежног планирања. Софтвери су анализирани по критеријумима применљивости на планирање и извођење радова на заштити од ерозије и уређењу бујица. У раду су приказане основне карактеристике софтвера, као и кључни кораци приликом њихове примене, при чему је истовремено вршена и њихова упоредна анализа. Употребом наведених софтвера израђени су динамични планови напредовања радова – ганограми. Поред гантограма, софтвери дају и друге приказе као што су циклограми и мрежни дијаграми. Наведени софтвери имају могућност прорачуна потреба у ресурсима (радне снаге, механизације, материјала) као и прорачун неопходних трошкова за појединачне активности и пројекат у целини. *Primavera Project Planner* нуди највише могућности али је и рад у њему најзахтевнији и изискује највише времена. *MS Project* и *TactPlan* су једноставнији и међусобно сличнији програми у погледу интерфејса и могућности које пружају. Разликују се по томе што *MS Project* карактерише *desktop* окружење, док је *TactPlan* на „мрежи“ што пружа могућност праћења и контролisanja пројекта симултано са више локација, што је важно код пројеката где у реализацији учествује више одговорних лица, као што су пројекти за интегрално уређење бујичних сливова. Употреба програма за планирање извођења радова за уређење бујица је веома значајна у организацијском смислу и требало би да буде више заступљена у пракси. Може се

закључити да су сви анализирани програми применљиви у сфери бујичарских радова при чему предњачи *MS Project* због једноставности и времена колико је присутан на тржишту. Међутим не треба занемарити и софтвере новије генерације, као што је анализирани *TactPlan* јер се са развојем технологије побољшава и поједностављује планирање радова.

## ЛИТЕРАТУРА:

- Драговић Н. (2021): Организација противерозионих радова, Материјал за припрему испита. Шумарски Факултет Универзитета у Београду, Београд;
- Dragović N., Vulević T., Todosijević M., Kostadinov S., Zlatić M. (2017): Minimization of direct costs in the construction of torrent control structures, *Tehnički vjesnik*, 24 (4), 1123-1128. <https://doi.org/10.17559/TV-20140612215042>
- Ивковић Б., Поповић Ж., Стојадиновић З. (2021): Управљање пројектима у грађевинарству, CFP Apostrof;
- Jovanović, P. (2008): Upravljanje projektima, Project management, Visoka škola za upravljanje projektima, Beograd;
- Kapović Solomun, M., Ferreira, C. S. S., Zupanc, V., Ristić, R., Drobnjak, A., & Kalantari, Z. (2021): Flood legislation and land policy framework of EU and non-EU countries in Southern Europe. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, e15596. <https://doi.org/10.1002/wat2.1566> ;
- Mitrović Z., Obradović V., Mihić M. (2011): Uпоредна analiza softvera za upravljanje projektima, *Zbornik radova, VIII Skup privrednika i naučnika: Operacioni menadžment u funkciji održivog ekonomskog rasta i razvoja Srbije 2011-2020*, Beograd, 01-02. novembar 2011 godine;
- Mirković S. (2006): Civil engineering projects realization management, *Facta universitatis - series: Architecture and Civil Engineering 2006*, vol. 4, br. 2, str. 85-89;
- Петрић Ј. (1987) : Операциона истраживања, Научна књига, Београд;
- Петровић В., Драговић Н., Вулевић Т., Тодосијевић М., Момировић Н. (2020): Упоредна анализа примене рачунарских програма за планирање извођења радова на санацији бране Каменица, часопис Ерозија 46, Удружење бујичара Србије;
- Ристић Р., Милчановић В., Малушевић И., Половина С. (2016): Ерозија земљишта и бујичне поплаве у Србији, Тематски зборник – Деградиција и заштита земљишта, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд;
- Станојевић А. (2016): Пројекат за извођење уређења слива Трнавске реке, стручни рад, Шумарски Факултет Универзитета у Београду, Београд;
- Cvijanović, D., Hamović, V., Mihailović, B. (2011): Menadžment koncepti i tehnike kao podrška poslovnom odlučivanju preduzeća, *Škola biznisa*, preuzeto sa <http://www.vps.ns.ac.rs/SB/2011/5.7.pdf> (februar 2023.);



## Идентификација и значај критеријума за процену ризика од ерозије земљишта

### Identification and importance of criteria for soil erosion risk assessment

Тихомир Шошкић<sup>1</sup>, Тијана Вулевић<sup>2</sup>, Нада Драговић<sup>2</sup>, Бошко Благојевић<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд

<sup>2</sup> Универзитет у Београду, Шумарски факултет

<sup>3</sup> Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет  
e-mail: soskict@imsi.bg.ac.rs

**Извод:** У овом раду је указано на значај изучавања ерозије земљишта као најзаступљенијег вида деградације у нашој земљи, а посебно је истакнут значај моделирања ерозије земљишта применом методе вишекритеријумског одлучивања. У раду су анализирани улазни параметри емпиријских модела и идентификовани су најзначајнији фактори који доприносе појави и развоју ерозионих процеса. У те факторе се убрајају: топографија, педологија, геологија, структура земљишног покривача, клима и антропогене активности. Применом Best Worst методе вишекритеријумског одлучивања одређене су тежине (значај) ових критеријума на основу преференција једног експерта из области заштите од ерозије и уређења бујица. Према резултатима, највећу тежину има структура земљишног покривача, па антропогене активности, еродибилност земљишта, топографија, клима и најмањег значаја су геолошке карактеристике терена. Од посебног значаја би била имплементација овог модела у интеграцији са ГИС-ом у циљу просторног приказа површина угрожених ерозијом и дефинисања мера и радова у превенцији ерозије.

**Кључне речи:** критеријуми за процену ерозије, вишекритеријумско одлучивање, Best Worst метода

**Abstract:** In this paper, the importance of studying soil erosion as the most common form of degradation in our country is pointed out, and the importance of soil erosion modeling applying multi criteria decision analysis is highlighted. The paper analyzed the input parameters of empirical models and identified the most significant factors that contribute to the occurrence and development of erosion processes. These factors include: topography, pedology, geology, land cover structure, climate and anthropogenic activities. By applying the Best Worst multi-criteria decision-making method, the weights (importance) of these criteria were determined based on the preferences of one experts in the field of soil erosion protection and flood management. According to the results, land cover has the greatest weight, followed by the anthropogenic factor, soil erodibility, topography, climate, and with the least importance is geology. Of particular importance would be the implementation of this model in integration with GIS in order to spatially display surfaces threatened by erosion and define measures and works in the prevention of erosion. The paper presents a flowchart of multi-criteria analysis and GIS methodology application considering the proposed criteria.

**Keywords:** criteria for erosion assessment, multicriteria decision analysis, Best Worst method

## УВОД

Земљиште је необновљив ресурс, који је у већој или мањој мери изложен деградационим процесима. Велики проблем представља и његово обнављање који у условима наше земље износи 0,1 mm годишње (Ristić et al., 2012). Деградација земљишта је резултат бројних природних процеса, као антропогенних притисака на животну средину (урбанизација, крчење шума, интензивна обрада земљишта и др.) у циљу задовољена потреба становништва (Dragović, Vulević, 2021). Главни узроци деградације земљишта у Србији су перманентан губитак пољопривредног земљишта услед ширења насеља, индустријских, и рударских активности, ерозије земљишта, салинизације, хемијског загађења и компакције земљишта и др. (<chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://www.setof.org/wp-content/uploads/2019/09/WP1.1-SERBIA-1.pdf>). Деградација директно утиче на прехранбenu индустрију, биодиверзитет и климатске промене са чиме се доводи у питање опстанак и постојање људи на нашој планети (Белановић–Симић, 2022).

Ерозија је главни и један од најраспрострањенији облика деградације земљишта како у Србији тако и у читавој југоисточној Европи (Dragović, Vulević, 2021). Под ерозијом се подразумева одношење површинског слоја земљишта, чији је продукт ерозиони нанос који бистре водотоке претвара у мутне токове где је повећан ризик од изливања воде из корита (Kostadinov, 1996). Око 86% територије наше земље је угрожено ерозионим процесима (Kostadinov et al. 2018). У Србији су заступљене еолска ерозија и водна ерозија, у подручјима јужно од Саве и Дунава. Разни параметри (променљиви и непроменљиви) имају утицај на процес ерозије. Неки од најзначајнијих параметара су: рељеф, клима, хидролошки услови средине, осцилације подземних вода, геолошке и педолошке карактеристике подручја итд. (Половина, 2022). Поред набројаних природних фактора велики утицај има и антропогени фактор. Утицај антропогеног фактора на земљиште огледа се кроз процесе урбанизације и неадекватног коришћења дате површине и то најчешће конверзијом пољопривредног земљишта у грађевинско, неконтролисано испашом и неодговарајућим техникама обраде. Овим процесима долази до интензивирања ерозије на читавој планети (Половина, 2022).

Постоје два начина процене интензитета ерозије земљишта: директно мерење, на нивоу поља или парцеле, као и процена на нивоу предела, слива или веће површине. Други начин подразумева моделирање ерозионих процеса. Са развојем ерозионих модела започело се 1930-их година 20. века. Модели се могу поделити на емпиријске, концептуалне и физички засноване моделе (De Vente, 2009). Научници на челу са Hajjgholizadeh (2018) су предложили и формирање тзв. „хибридних“ модела који обједињују све наведене концепте. Одабир модела за конкретну намену подразумева разматрање следећих параметара као што су: потребан број улазних података, концептуални оквир применљивости модела, тачност и валидност модела, компоненте модела и др. (Hajjgholizadeh et al., 2018). Према GASEMT бази података најзаступљенији модели су USLE, RUSLE, SWAT, WaTEM/SEDEM, MUSLE, WEPP, LISEM и др. (Borrelli et al. 2021). Поред наведених, широко примњу имају и модели вишекритеријумске анализе као што су АНП (Analytic Hierarchy Process), ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) и WSM (Weighted Sum Method) (Вулевић, 2017). Најпримењиванија међу методама је АНП метода, која је коришћена за избор најпожељније стратегије управљања шумама (Kangas, 1994), за рангирање површина према опасности од сушења шума у зависности од нивоа воде (Nikolić Jokanović et al. 2020), за оцену погодности земљишта за инсталацију иригационих система (Blagojević et al. 2016), идентификацију ерозијом угрожених површина (Vulević et al. 2015, Вулевић, 2017) и др. Преглед примене метода вишекритеријумске анализе у области

коришћења и управљања земљиштем, као и процене његове деградације у последњих 15 година дали су Вулевић и Драговић (2022). Када говоримо о моделима, не можемо а да не споменемо Метод потенцијала ерозије (ЕРМ - Erosion Potential Method) или још називан Метод професора Гавриловића, метод који представља емпиријску методу за процену губитка земљишта, ерозиону продукцију и пронос наноса у сливу. Метод је развијен на основу дугогодишњих теренских истраживања, осматрања и мерења, на бујичним сливовима Јужне, Западне и Велике Мораве, Ибра, Тимока и Вардара (Gavrilović, 1972).

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Циљ овог рада је идентификација параметара који имају највећи утицај на појаву и развој ерозионих процеса, као и утврђивање њиховог значаја што би се могло применити за просторну идентификације површина које су најугроженије ерозионим процесима применом метода виšekритеријумске анализе у ГИС окружењу.

Одређивање тежине критеријума је од велике важности у процесу решавања проблема виšekритеријумског одлучивања У ту сврху се може користити велики број субјективних, објективних или метода које комбинују ова два наведена приступа.

### Best-Worst метода

Best-Worst метода је метода виšekритеријумске анализе која се заснива на поређењу у паровима. Примена методе подразумева следеће кораке (Rezaei, 2016):

- 1) Одређивање скупа критеријума  $(c_1, c_2, \dots, c_n)$ ;
- 2) Дефинисање најбољег и најлошијег критеријума;
- 3) Упоредивање најбољег критеријума са осталим критеријумима. Резултат је вектор  $A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$ , где је  $a_{Bj}$  оцена најбољег критеријума В у односу на критеријум ј.
- 4) Упоредивање најлошијег критеријума са осталим критеријумима. Резултат је вектор  $A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$ , где је  $a_{jW}$  оцена критеријума ј у односу на најгори критеријум W.
- 5) Израчунавање оптималних тежина критеријума  $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ .

Ако је дефинисан скуп од n критеријума, доносилац одлука се прво изјашњава који је критеријум из групе најбољи, а који је најлошији (Rezaei J, 2014). Затим помоћу скале у Табели 4 врши поређење најбољег и најлошијег критеријума са свим осталим критеријумима.

Табела 1. Сатијева скала за поређење у паровима (Saaty, 1980)

Table 1. Saaty's pairwise comparison scale (Saaty, 1980)

Нумерички еквиваленти	Дефиниција
1	Исти значај
3	Слаба доминантност
5	Јака доминантност
7	Врло јака доминантност
9	Апс. доминантност
2,4,6,8	Међувредности

Израчунавање тежина критеријума се врши помоћу линеарног оптимизационог метода описаног у Rezaei (2016):

$$\min \varepsilon$$

уз ограничења:

$$|w_B - a_{Bj}w_j| \leq \varepsilon, \text{ за свако } j$$

$$|w_j - a_{jW}w_w| \leq \varepsilon, \text{ за свако } j$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \text{ за свако } j.$$

где је:

- $w_B, w_w, w_j$  - тежина најбољег, најлошијег и j-тог критеријума;
- $a_{Bj}$  - оцена значаја најбољег критеријума у односу на j-ти критеријум;
- $a_{jW}$  - оцена значаја j-тог критеријума у односу на најлошији критеријум;
- $\varepsilon$  - индикатор конзистентности поређења.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Резултати и дискусија се односе на два битна сегмента рада, а то су идентификација критеријума за процену ризика од ерозије земљишта и одређивање значаја критеријума за процену ризика од ерозије земљишта.

### Идентификација критеријума за процену ризика од ерозије земљишта

Дефинисање критеријума за процену ризика од ерозије земљишта је извршено анализом најзначајнијих емпиријских модела које се користе за процену ризика од ерозије (Табела 2). Одабране су емпиријски модели јер имају мање захтева за улазним подацима у односу на физичке и концептуалне моделе, као и због широке примене у свету и код нас.

Табела 2. Емпиријски модели за процену ризика од ерозије земљишта

Table 2. Empirical models for soil erosion risk assessment

Име модела	Акроним	Улазни параметри (критеријуми)	Референце
Universal Soil Loss Equation	USLE	- фактор еродибилности земљишта - фактор ерозивности падавина - топографски фактори - фактори управљања усевима	Wishmeier, Smith, 1978

Pacific Southwest Agency Committee	PSIAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- геолошки фактор</li> <li>- климатски фактор</li> <li>- фактор коришћења земљишта</li> <li>- топографски фактор</li> <li>- фактор отицања</li> <li>- фактор покривености тла</li> <li>- фактор ерозије земљишта на нагибу</li> <li>- фактор ерозије канала и транспорт земљишта</li> </ul>	PSIAC, 1968
Revised Universal Soil Loss Equation	RUSLE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фактор ерозивне снаге кише</li> <li>- фактор еродибилности земљишта</li> <li>- топографски фактор</li> <li>- фактор вегетације и начина коришћења земљишта</li> </ul>	Renard et al. 1991
Soil Loss Estimation Model for Southern Africa	SLEMSA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фактор дужине нагиба</li> <li>- фактор еродибилности</li> <li>- фактор исцрпљености земљишта</li> </ul>	Stocking, 1981
Метод потенцијала ерозије	EPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- климатски фактор (падавине и температура)</li> <li>- геолошки фактор</li> <li>- педолошки фактор</li> <li>- топографски фактор</li> <li>- земљишни покривач</li> <li>- трагови ерозије</li> </ul>	Gavrilović, 1972
Sediment Delivery Distributed	SEDD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фактор коришћења земљишта</li> <li>- топографски фактор</li> <li>- фактор карактеристике тла</li> <li>- климатски фактор</li> </ul>	Ferro, Porto, 2000
Geoland2	G2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- средњи годишњи губитак земљишта</li> <li>- топографски фактор</li> <li>- фактор ерозионе снаге кише</li> <li>- вегетациони фактор ретенције</li> <li>- фактор еродибилности земљишта</li> <li>- фактор ефекта предеоног обрасца</li> </ul>	Karydas and Panagos 2012

Анализом модела и њихових улазних параметара, детерминисани су критеријуми који се могу користити за идентификацију и издвајање ерозијом угрожених подручја, и то:

- 1) топографија
- 2) еродибилност земљишта

- 3) геолошке карактеристике подручја
- 4) структура земљишног покривача
- 5) клима и
- 6) антропогене активности.

Топографија је критеријум који представља утицај рељефа на појаву ерозионих процеса. Један од примарних топографских карактеристика је нагиб и дужина падине, који утичу на брзину површинског отицања воде и еродираниог материјала. Остале значајне карактеристике су надморска висина, експозиција и закривљеност терена.

Геолошке карактеристике подручја се огледају у геолошкој грађи у којој учествују стене различите старости. Бројне врсте стена имају различит утицај пре свега на генезу земљишта, а касније и на његове особине, које су значајне за појаву и развој ерозионих процеса.

Еродибилност земљишта је осетљивост земљишта на ерозију и може се проценити анализом различитих параметара. Особине земљишта које имају највећи утицај на еродибилност су: текстура, структура, порозност, дубина земљишта, садржај органске материје и др. Земљишта која су грубље текстуре (нпр. песковита земљишта) су еродибилнија од земљишта финије текстуре (глиновито-иловаста земљишта).

Структура земљишног покривача се односи на покривеност површине земљишта вегетацијом, водом, урбаном инфраструктуром и др. Земљиште које је прекривено вегетацијом је много мање изложено ерозионим процесима него оно које је без вегетације (голо).

Најбитнији климатски фактори за процес ерозије су температура ваздуха и падавине. На подручју где су више средње годишње температуре ваздуха, при исти осталим условима (вегетација, падавине, тип земљишта), интензивнији су ерозиони процеси. Падавине су један од важних фактора за појаву и развој ерозионих процеса, при чему су од посебног значаја укупна годишња висина падавина и максималне дневне падавине као и њихова учесталост у току године.

Антропогене активности се односе на утицај човека кроз неконтролисану урбанизацију, интензивну пољопривредну производњу, крчење шума и др. што има негативан утицај на појаву и развој ерозионих процеса. Поред негативног утицаја, човек извођењем противерозионих радова и мера, поготово по принципу интегралног уређења слива, доприноси редукацији ерозионих процеса и бујичних поплава. Метода потенцијала ерозије је пример методе која узима у обзир примену противерозионих радова.

#### Одређивање значаја критеријума за процену ризика од ерозије земљишта

Значај критеријума за процену ризика од ерозије земљишта је одређен применом Best Worst методе вишекритеријумског одлучивања применом excel солвера (BWM Solvers - Best Worst Method). Коришћена је линеарна верзија методе. Ова метода је изабрана јер број поређења у паровима знатно редукован у односу на АНР методу.

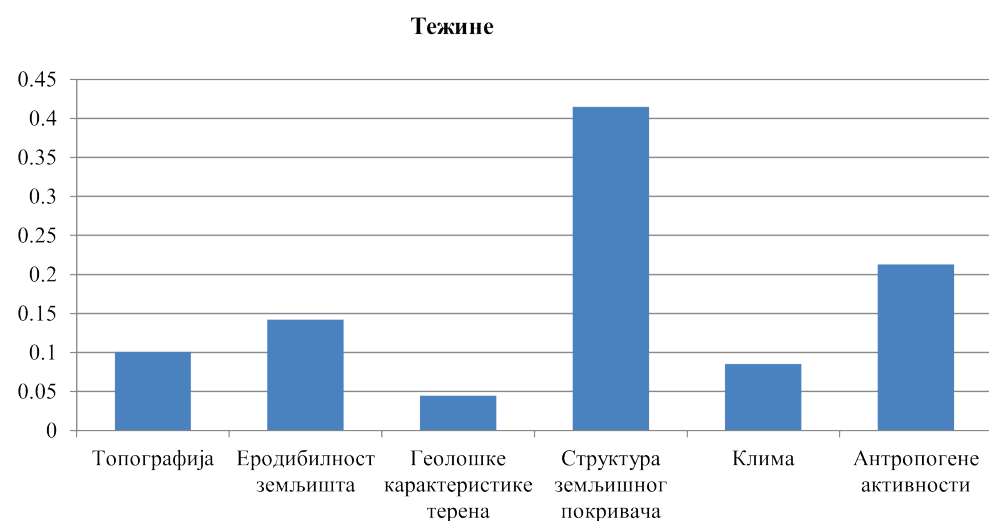
Изабрана су 6 критеријума за процену ризика од ерозије земљишта. У следећем кораку је одређен најбољи критеријум и најлошији критеријум. Најбољи критеријум је онај који има највећи утицај на појаву и развој ерозионих процеса, и за тај критеријум је изабрана структура начина коришћења земљишта. За најлошији критеријум, који има најмањи утицај на ерозионе процесе, изабране су геолошке карактеристике посматраног подручја, даље назване геологија.

У наредном кораку је извршено поређење најбољег и најлошијег критеријума са осталим критеријума уношењем преференција доносиоца одлука (Табела 3) које су дефинисане коришћењем Saaty-јеве скале дате у Табели 1.

Табела 3. Поређење најбољег и најлошијег критеријума са осталим критеријумима  
Table 3. Comparison of the best and worst criteria with other criteria

Поређење најбољег критеријума са осталима		Поређење најлошијег критеријума са осталима	
Најбољи критеријум: C1	Преференција	Најлошији критеријум: C3	Преференција
C1	5	C1	2
C2	4	C2	2
C3	9	C3	1
C4	1	C4	9
C5	3	C5	3
C6	2	C6	5

C1 –топографија; C2- еродибилност земљишта; C3- геолошке карактеристике подручја; C4-структура земљишног покривача; C5-клима и C6-антропогене активности  
Тежине критеријума су добијене на основу методологије описане у Поглављу Best Worst Method, помоћу солвера у excelу (BWM Solvers | Best Worst Method) и приказане су на Слици 1.



Слика 1. Тежине критеријума  
Figure 1. Criteria weights

Анализом преференција доносиоца одлука (Табела 3) највећу тежину има структура земљишног покривача (0,414), затим следе антропогене активности (0,213), еродибилност земљишта (0,142), клима (0,085), топографија (0,1000) и са најмањим значајем су геолошке карактеристике терена (0,045). Променом преференција, која би уследила променом доносиоца одлука, промениле би се и тежине критеријума. Из тог разлога је значајно добро проучити конкретно подручје истраживања и за поређења у паровима затражити мишљене већег броја експерата из области заштите од ерозије.

У раду Vulević et al. (2015) разматрана су три критеријума и њихов утицај на ерозију земљишта, где је начин коришћења земљишта такође најзначајнији критеријум (0,714), након чега следе тип земљишта и нагиб терена који су подједнаког значаја (0,143). Геолошке карактеристике терена су критеријум који и у другим радовима има најмањи значај (Aslam et al. 2021).

Оно што је предност Best Worst методе је мањи број поређења у паровима у односу на АНР методу, али је недостатак то што не дозвољава да се два или већи број критеријума извоје као најбољи или најгори. Односно, метода не дозвољава да два или више критеријума имају исту тежину. Такође, примењена верзија методе није применљива за групно одлучивање разматрањем преференција већег броја доносиоца одлука. За то је развијена посебна верзија методе.

Код нас је ова метода коришћена за решавање проблема у области водопривреде (Srđević et al, 2019), али је у овом раду први пут примењена у области заштите земљишних и водних ресурса од ерозије. Препорука је да се дефинисани и отежани критеријуми (уз проверу тежина критеријума укључењем већег броја доносилаца одлука) примене за идентификацију ерозијом угрожених површина применом неке од метода вишекритеријумске анализе у ГИС окружењу.

## ЗАКЉУЧАК

Водна ерозија је најзаступљенији вид деградације у нашој земљи. За идентификацију ерозијом угрожених површина и процену губитака земљишта могу се користити бројни емпиријски, физички и концептуални модели. Модели су развијени за одређена подручја и разликују се по комплексности и захтевима за улазним параметрима. Поред наведених модела, на располагању су статистичке методе и методе вишекритеријумског одлучивања.

У раду су идентификовани улазни параметри емпиријских модела и одабрани су следећи критеријуми: топографија, еродибилност земљишта, геолошке карактеристике терена, структура земљишног покривача, клима и антропогене активности. Одређене су тежине ових критеријума на основу преференција једног стручњака из области ерозије и превенције бујичних поплава, применом Best Worst методе. Највећу тежину има структура земљишног покривача, затим следе антропогене активности, еродибилност земљишта, клима, топографија и са најмањим значајем су геолошке карактеристике терена. Променом преференција, која би уследила променом доносиоца одлука, промениле би се и тежине критеријума. Из тог разлога је значајно добро проучити конкретно подручје истраживања и за поређења у паровима затражити мишљене већег броја експерата из области заштите од ерозије. Овако отежани критеријуми би се могли користити за идентификацију ерозијом угрожених површина применом метода вишекритеријумске анализе у ГИС окружењу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Aslam B., Maqsoom A., Alaloul W.S., Musarat M.A., Jabbar T., Zafar A. (2021): Soil erosion susceptibility mapping using a GIS-based multi-criteria decision approach: Case of district Chitral, Pakistan.
2. Blagojević, B., Srdjevic, Z., Bezdan, A., Srdjevic, B. (2016): Group decision making in land evaluation for irrigation: A Case study from Serbia. *Journal of Hydroinformatics* 18(3), 579–598.
3. Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J. A. A., Baartman, J., Ballabio, C., et all. (2021): Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. *Science of The Total Environment*, Volume 780, 146494.
4. De Vente J. (2009): Soil Erosion and Sediment Yield in Mediterranean Geoecosystems - Scale issues, modelling and understanding. PhD Thesis, ISBN 978-90-8649-233-6 Faculteit Wetenschappen, Geel Huis, Kasteelpark Arenberg 11, 3001.
5. Dragović, N., Vulević, T. (2020): Soil Degradation Processes, Causes, and Assessment Approaches. In: *Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals-Life of Land* (Eds. L. Filho, A.M. Azul, L. Brandli, A.L. Salvia T. Wall), Springer Nature Switzerland.
6. Ferro V., Porto P. (2000): Sediment Delivery Distributed (SEDD) Model. *J. Hydrol. Eng.* 2000, 5, 411–422.
7. Gavrilović, S. (1972): *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*. Izgradnja, Specijalno izdanje, Beograd.
8. Hajigholizadeh M., Melesse A.M., Fuentes H.R. (2018): Erosion and Sediment Transport Modelling in Shallow Waters: A Review on Approaches, Models and Applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15 (3), 518.
9. Kangas, J. (1994): An approach to public participation in strategic forest management planning. *Forest Ecology and Management* 70, 75–88.
10. Karydas C.G., Panagos, P. (2012): The G2 erosion model: An algorithm for month-time step assessments, *Environmental Research*, 161. 256-267.
11. Kostadinov, S. (1996): *Bujični tokovi i erozija*. Beograd.
12. Kostadinov, S., Braunović, S., Dragičević, S., Zlatić, M., Dragović, N., Rakonjac, N. (2018): Effects of Erosion Control Works: Case Study—Grdelica Gorge, the South Morava River (Serbia). *Water*, 10(8), 109.
13. Nikolić Jokanović, V., Vulević, T., Lazarević, K. (2020): Risk assessment of forest decline by application of geostatistics and multi-criteria analysis. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 68, 2020, 3, 285–292.
14. PSIAC-Pacific Southwest Inter-Agency Committee (1968): Report „Factors Affecting Sediment Yield and Measures for the Reduction of Erosion and Sediment Yield”. Pacific Southwest Inter-Agency Committee.
15. Renard, K.G., Foster G.R., Weesies G.A, Porter, J.P.(1991): RUSLE: Revised universal soil loss equation *Journal of Soil and Water Conservation* January 1991, 46 (1) 30-33.
16. Rezaei J., (2014): *Best-Worst Multi-Criteria Decision-Making Method*. Faculty of Technology Policy and Management, Delft University of Technology Delft, The Netherlands
17. Rezaei, J. (2016): Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 64, 126–130.
18. Ristić R., Kostadinov S., Abolmasov B., Dragičević S., Trivan G., Radić B., Trifunović M., Radosavljević Z. (2012): Torrential floods and town and country planning in Serbia, *Natural Hazards and Earth System Sciences* (ISSN: 1561-8633), No. 1, Vol. 12, pg. 23-35 (DOI: 10.5194/nhess-12-23-2012).
19. Saaty T.L. (1980): *The Analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York.
20. Srđević Z., Srđević B., Bubulj S., Ilić M. (2019): *Primenljivost i efikasnost Best- Worst metoda pri donošenju odluka u vodoprivredi*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad.
21. Vulević, T., Dragovic, N., Kostadinov, S., Belanovic Simic, S., Milovanovic, I. (2015): Prioritization of Soil Erosion Vulnerable Areas Using Multi-Criteria Decision Analysis Methods. *Polish Journal of Environmental Studies* 24 (1), 317–323.
22. Wischmeier W.H, Smith D.D (1978): *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. USDA Agriculture Handbook No. 537, 285–291. <http://doi.org/10.1029/TR039i002p00285>.
23. Белановић – Симић С. (2022): *Процена деградације земљишта – методе и модели*. Комисија за земљиште и животну средину, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
24. Вулевић Т. (2017): *Вишекритеријумско одлучивање у функцији конзервације земљишних и водних ресурса брдско-планинских подручја централне Србије*. Докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
25. Вулевић, Т., Драговић, Н. (2022): *Примена метода вишекритеријумског одлучивања у процени деградације земљишта*. У: *Процена деградације земљишта – методе и модели* (уредник Снежана Белановић Симић), Универзитет у Београду Шумарски факултет, Српско друштво за проучавање земљишта, Комисија за земљиште и животну средину, 116-145, Београд 2022.
26. Половина С. (2022): *Компарација метода за квантификацију интензитета ерозионих процеса – студија случаја подручја генералног плана Београда*. Докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
27. Gavrilović, S. (1972): *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*. Izgradnja, Specijalno izdanje, Beograd.

АНАЛИЗА МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ ГАБИОНСКИХ ЗИДОВА ЗА  
САНАЦИЈУ КЛИЗИШТА - СТУДИЈА СЛУЧАЈА КЛИЗИШТЕ НА ПУТУ  
СТОЛИЦЕ - КРУПАЊ НА km 0+578,6 - 0+605,90  
ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF GABION WALLS FOR  
LANDSLIDE REHABILITATION - CASE STUDY OF A LANDSLIDE ON THE  
ROAD STOLICA - KRUPANJ AT km 0+578.6 - 0+605.90

Јована Цветковић<sup>1</sup>, Никола Живановић<sup>2</sup>, Вукашин Рончевић<sup>2</sup>, Ненад Шурјанац<sup>1</sup>,  
Стеван Торлука<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт за шумарство, Београд

<sup>2</sup> Универзитет у Београду, Шумарски факултет

<sup>3</sup> Институт ИМС А.Д., Београд

### Извод

У овом раду, анализа стабилности, пре и после примене техничких решења, је вршена на клизишту које се налази на релацији Столице – Крупањ, у западном делу Републике Србије. Клизиште је захватило и део саобраћајнице тако да је кретање саобраћаја било отежано. Анализирано је више решења потпорног зида од габионских корпи и нивелационог решења падине која је захваћена клизиштем. Одабир оптималног решења заснован је на испуњености два критеријума: стабилност конструкције и стабилност целокупне падине. Стабилност пре примене техничких мера и генерална стабилност падине са примењеним мерама испитивана је методом Janbu-a, а локална стабилност методом Bishop-a. Провера стабилности зида извршена је у погледу претурања и хоризонталног померања. Ове анализе извршене су применом софтвера GEO5 (Geotechnical software). Аналитичким путем извршена је и анализа носивости земљишта испод потпорних зидова методом Brinc Hansen-a. Два решења испунила су задате критеријуме, решења I са фактором сигурности  $F_s = 1,81$  и решење II  $F_s = 1,75$ . Анализа носивости земљишта показала је да темељено тло може безбедно да прими оптерећење од конструкције у случају оба решења. За оптимално решење санације клизишта одабрано је решење II.

**Кључне речи:** GEO5, Габионски потпорни зид, Bishop, Janbu, Brinch Hansen.

### Abstract

In this paper, the stability analysis before and after the application of technical solutions was performed on a landslide located on the Stolice-Krupanj route, in the western part of the Republic of Serbia. The landslide also affected part of the road, so the movement of traffic was difficult. Several solutions of the gabion retaining wall and the leveling of the slope affected by the landslide were analyzed. The selection of the optimal solution is based on the fulfillment of two criteria: the stability of the structure and the stability of the entire slope. The stability before the application of technical measures and the general stability of the slope with the applied measures were examined using the Yanbu method, and the local stability using the Bishop method. The stability of the wall was checked in terms of overturning and horizontal movement. These analyzes were performed using GEO5 software (Geotechnical software). Analytical analysis of the load-bearing capacity of the soil under the retaining walls was carried out using the Brinc Hansen method. Two solutions met the set criteria, solution I with a safety

<sup>1</sup> e-mail: jovana.cvetkovic@forest.org.rs

factor  $F_s = 1.81$  and solution II  $F_s = 1.75$ . The analysis of the bearing capacity of the soil showed that the foundation soil can safely receive the load from the structure in the case of both solutions. Solution II was selected for the optimal solution for landslide rehabilitation.

**Keywords:** GEO5, Gabion retaining wall, Bishop, Janbu, Brinch Hansen.

### УВОД

Настанк клизишта условљен је геоморфологијом терена, литолошким саставом, хидрогеолошким и хидролошким условима, присуством вегетације као и антропогеном активношћу. Такође, климатске промене могу утицати на појаву клизишта (Seneviratne et al., 2012). Gariano и Guzzetti (2016) наводе да је у 80% анализираних публикација утврђена узрочна веза између појаве клизиша и климатских промена. Ипак, Anderson, Holcombe (2013) и Froude, Petley (2018) истичу да антропогене активности у виду урбанизације, сече шума, минирања итд. много више утичу на појаву клизишта него климатске промене.

Изградњом и реконструкцијом саобраћајница ремети се стабилност падина и косине поред пута. Врло често падине и косине остају незаштићене од утицаја ерозије. Овакав утицај антропогеног фактора често може да буде узрок гравитационог покретања земљишта, нарочито појаве површинске ерозије као и формирање клизишта (Marković et al., 2019).

Постоје различите мере, интервентне, превентивне, привремене и дефинитивне, које се могу предузети да би се спречило, привремено или трајно зауставило клизиште (Todorović, 1991, Gajić, 2017, Spasić et al., 2018, Cvetković et al., 2022). Један од примера дефинитивног заустављања покренуте земљане масе јесте примена потпорних конструкција у виду габиона (Аууб et al., 2021). Потпорни габионски зидови представљају економично и еколошки прихватљиво решење (Chikute, Sonar 2021). Габиони, захваљујући својој флексибилности, имају велику примену (Campelo et al., 2018). Могу се користити као попречни објекти за уређење бујичних токова, за облагање корита бујичних река, одбрану од поплава, за санацију јаруга, стабилизацију падина и косина, контролу ерозије, мелиорација земљишта итд. (Klingeman et al., 1984, Evette et al., 2009, Utmami et al., 2019, Zuhaira et al., 2023, Liu et al., 2023). Често се користе у санацији и стабилизацији пројектованих косина путева (Naresh, Nirula, 2005, Bhandari, 2006). Употреба габионских конструкција у виду потпорних зидова за заштиту саобраћајница има неколико предности: еластичност корпи која се прилагођава терену; потпорна конструкција представља и својеврсну дренажу (Marwa, Kimaro 2005). На трајност ових конструкција утиче начин уградње, квалитет жице као и квалитет камена које се користи за испуну габионских корпи. С обзиром на услове средине у којима се примењује, камен мора задовољити одређене критеријуме (Winkler, 1973, Rončević et al., 2018). Такође постоје и дефинисани услови које жица за габионске конструкције мора да испуни (Mitrović, 2014).

За анализу стабилности падина и косина примењују се многобројне методе како што су: Fellenius-ова метода, Шведска модификована метода, Bishop-ова метода, метода Janbu-a, метода Nonveiller-a и др., као и многобројни модели и софтверски пакети који поред ових метода пружају могућност анализе стабилности потпорних конструкција: Slide, HYRCAN, Phase 2, FLAC, Plaxis (Kanungo et al., 2013, Wang et al., 2023, Rubay, Al

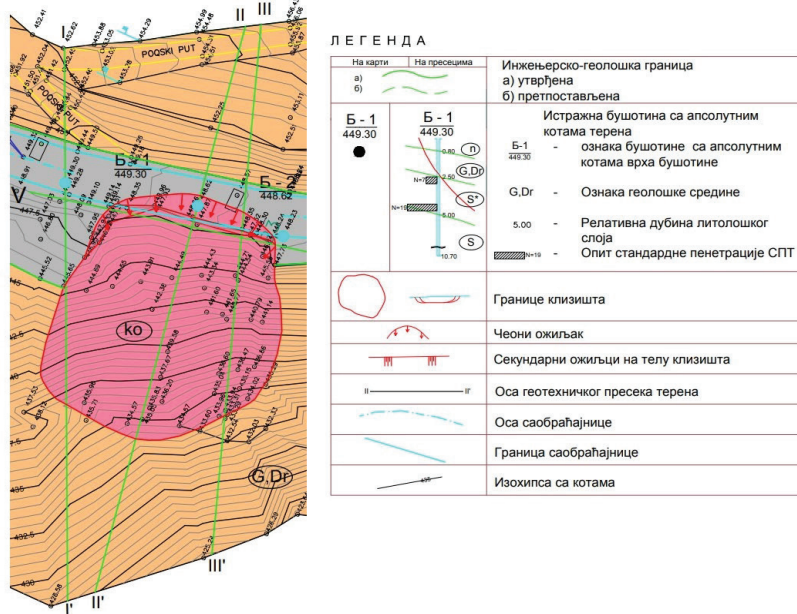
Hakeem, 2023, Sreelakshmi et al., 2023, Seghir et al., 2023). Један од програма за испитивање стабилности потпорних конструкција, падина и косина је и GEO5 (Fine spol. s r.o., Češka).

У овом раду је представљен је предлог решења за санацију клизишта на регионалном путу Столице – Крупањ кроз анализу више решења габионског потпорног зида са нивелацијом терена. Као предлог решења за санацију клизишта и за заштиту саобраћајнице дате су две варијанте. Циљ овог рада је да се прикаже могућност примене потпорних зидова од габиона у санацији клизишта.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

### Материјал

Истраживано подручје налази се у Западној Србији на долинским странама реке Брштице. Нестабилна падина односно клизиште угрозило је регионални пут Р-211 Столице - Крупањ на km 0+578,6 - 0+605,90. Деформације проузроковане покретањем су обухватиле конструкцију пута и косину испод пута (слика 1).



Слика 1. Означено клизиште на инжењерско-геолошкој карти са легендом (Извор: Елаборат, 2011)

Figure 1. Marked landslide on the engineering-geological map with legend (Source: Elaborat, 2011)

Литолошки слојеви, геометрија падине, геотехнички профил, резултати физичко-механичких параметара који су коришћени за анализу и прорачуне, преузети су из „Елабората о геотехничким условима санације клизишта“ - у даљем тексту Елаборат (2011).

Просечна дужина клизишта је око 30,0 m, а измерена просечна ширина око 20,0 m. Дубина до клизне равни у његовом централном делу износи између 4,0 и 4,5 m. А висинска разлика од чеоног ожиљка до ножице је 15,0 m.

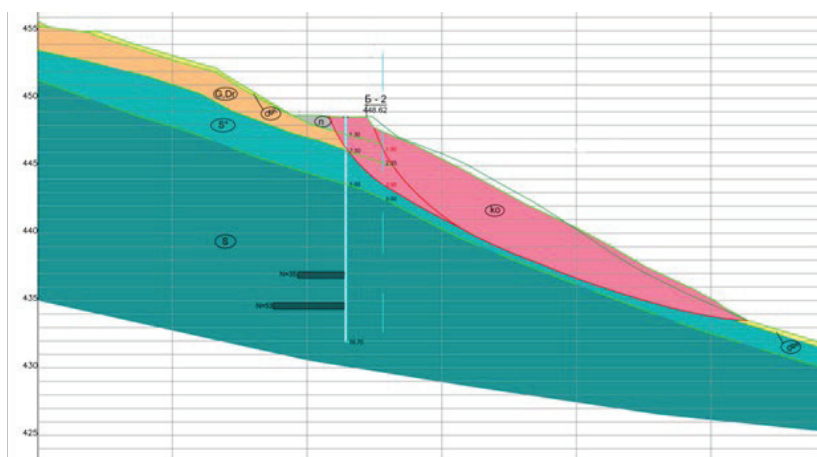
Истражним бушењем, три бушотине (слика 1), утврђено је да покренути материјал чине: насип трупа пута, делувијално прашинасто глиновито до дробински површински покривач, физичко-хемијски измењена повлатна зона глиених шкриљаца у подлози. Вредности физичко-механичких параметара литолошких слојева терена које су добијене истражним бушењем приказане су у табели 1.

Табела 1. Геотехнички подаци литолошких слојева усвојени за прорачун  
Table 1. Geotechnical data of lithological layers adopted for calculation

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{\text{ust}}$ [°]	$\phi_r$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	$c_r$ [kPa]	Mv [kPa]
Насип и коловозна конструкција (n)	21,0			32	0,0		25·10 <sup>3</sup>
Колувијум (ko)	19,0	28	15	22	5,0	3,0	5·10 <sup>3</sup>
Глина са дробином <sup>1</sup> (G, Dr)	18,5		18	22 – 28	5,0 – 20,0	7,0	1-3 · 10 <sup>4</sup>
Глиени шкриљци (S*)	21,0		15 – 22	25	22,0	3,0 - 4,0	8
Глиени шкриљци (S)	23,0			32	30,0		4·10 <sup>4</sup>

Легенда: 1 – глина са дробином до дробина кречњака у прашинасто глиновитој основи;  $\gamma$  – запреминска тежина;  $\phi$  – угао унутрашњег трења; c – кохезија; Mv – модул стишљивости;  $\phi_{\text{ust}}$  – вредност мобилисаног угла трења одређена повратном анализом;  $\phi_r$  – резидуална вредност параметра отпорности на смицање одређена у лабораторијским условима;  $c_r$  – резидуална вредност кохезије добијене у лабораторијским условима.

Између три постављена профила (слика 1), изабран је профил II-II' за потребе анализе стабилности падине, према критеријуму позиције у односу на осу клизања, највеће дужине у правцу клизања и најстрмијег нагиба (слика 2).



Слика 2. Карактеристични геотехнички пресек терена II-II (Извор: Елаборат, 2011)  
 Легенда: n – насип и коловозна конструкција; ko – колувијум, G, Dr – глина са дробином, S\* – глинени шкриљци, S – глинени шкриљци; dgh – глина хумузирана  
 Figure 2. Characteristic geotechnical section of terrain II-II (Source: Elaborat, 2011)

Усвојени геометријски параметри профила коришћени у анализи стабилности су:

- Дужина - 30,0 m;
- Ширина - 20,0 m;
- Дубина до клизне равни у централном делу клизишта - 4,0 – 4,5 m;
- Висинска разлика (од врха чеоног ожиљка до ножичног дела) - 15,0 m;
- Нагиб косине - 28°.

На одабраном профилу издвојене су следеће геотехничке средине: насип и коловозна конструкција, колувијум, глина са дробином и глинени шкриљци.

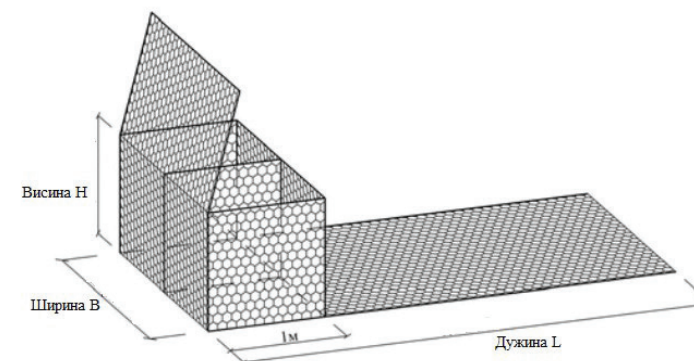
Насип и коловозна конструкција (n) – до 0,10 m је асфалтни застор а испод је дробина кречњака у прашинасто песковитој основи сиво беле боје, дебљина овог слоја варира између 0,2 и 1,0 m. Колувијум је средина захваћена клизиштем. У горњем делу просечна дебљина колувијума је око 3,5 m а у доњем 1,5 m и мање. Дебљина глине са дробином (G, Dr) је у распону од 1,1 до 2,2 m. Глинени шкриљци (S\*) су физичко-хемијски измењени до честице глине, прашине, песка, дробине глинаца и пешчара. Њихова дубина варира између 0,5 и 3,0 m. Глинени шкриљци (S) су графит плаве боје, масног опипа, средње пластичности, полутврдог конзистентног стања; садржи ретке интеркалације пешчара сиво беле боје. Њихова дебљина је преко 3 m.

По завршеном бушењу, подземна вода у терену није утврђена (2011). У погледу водопрпусности, у контактним зонама литолошких средина различите водопрпусности, утврђена су већа провлажавања, знатна прслинска издељеност, гњечивост и дробљивост материјала.

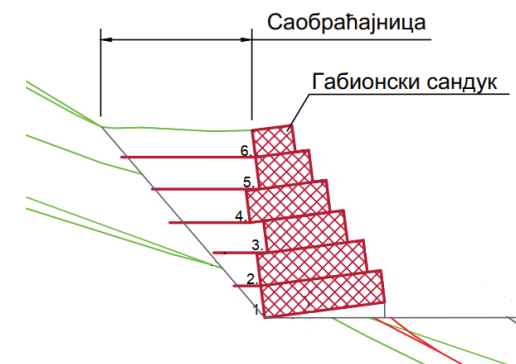
#### Метод

Метод рада састоји се из анализе стабилности падине и увођења техничких мера у циљу санације клизишта и заштитите саобраћајнице.

За санацију клизишта анализирано је више потенцијалних решења од којих је у раду Svetković et al. (2022) приказана могућност санације клизишта потпорном конструкцијом од бетона и од тла и геомреже, док је за потребе овог рада анализирано више решења потпорног зида од габионских корпи и нивелационог решења падине која је захваћена клизиштем (терасирање). Коришћене су различите димензије габионских корпи као и њихов рапоред и положај у конструкцији. Тип габионских сандука који је коришћен у анализи је са продуженим жичаним делом у виду анкера (слика 3). За сва анализирана решења конструкција је пројектована непосредно испод пута (слика 4).



Слика 3. Скица габионског сандука са анкером (Извор: <https://docplayer.ru>)  
 Figure 3. Sketch of a gabion box with an anchor (Source: <https://docplayer.ru>)



Слика 4. Положај габионског зида у односу на саобраћајницу (Извор: Оригинал)  
 Figure 4. The position of the gabion wall in relation to the road (Source: Original)

Коначна решења изабрана су на основу испуњености два критеријума: критеријум стабилности конструкције (формуле 3, 4) и критеријум стабилности целокупне падине (формуле 1, 2).

Све анализе стабилности падине, димензионисања зидова од габиона, локалне стабилности косина са потпорним зидовима, провера стабилности падине са потпорним конструкцијама и пројектованим косинама (генерална стабилност падине) спроведене су у софтверском пакету Geotechnical Software GEO5 (Fine spol. s r.o, Češka).

У раду су примењене методе граничне равнотеже: метода Janbu-a и метода Bishop-a.



Стабилност падине пре примене решења анализирана је методом Janbu-a (Janbu, 1973) због постојања неправилне равни клизања дефинисане приликом геотехничких истраживања (формула 1). Генерална стабилност падине (са примењеним решењима) такође је испитивана методом Janbu-a.

$$E_{i+1} = \frac{[(w_i - Fy_i) \cdot \cos\alpha_i - (K_h \cdot W_i - Fx_i) \cdot \sin\alpha_i - U_i + E_i \cdot \sin(\alpha_i - \delta_i)] \cdot \frac{\tan\varphi_i}{FS} + \frac{c_i}{FS} \cdot \frac{b_i}{\cos\alpha_i} - (W_i - Fy_i) \cdot \sin\alpha_i - (K_h \cdot W_i - Fx_i) \cdot \cos\alpha_i + E_i \cdot \cos(\alpha_i - \delta_i)}{\sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) \cdot \frac{\tan\varphi_i}{FS} + \cos(\alpha_i - \delta_{i+1})} \quad (1)$$

Где је (слика 5):

$W_i$  - тежина блока, укључује и вертикалну компоненту сила земљотреса ( $K_v$ );  
 $K_h \cdot W_i$  - хоризонтална сила инерције која представља утицај земљотреса,  $K_h$  је фактор хоризонталног убрзања током земљотреса;

$N_i$  - нормална сила на површини клизања;

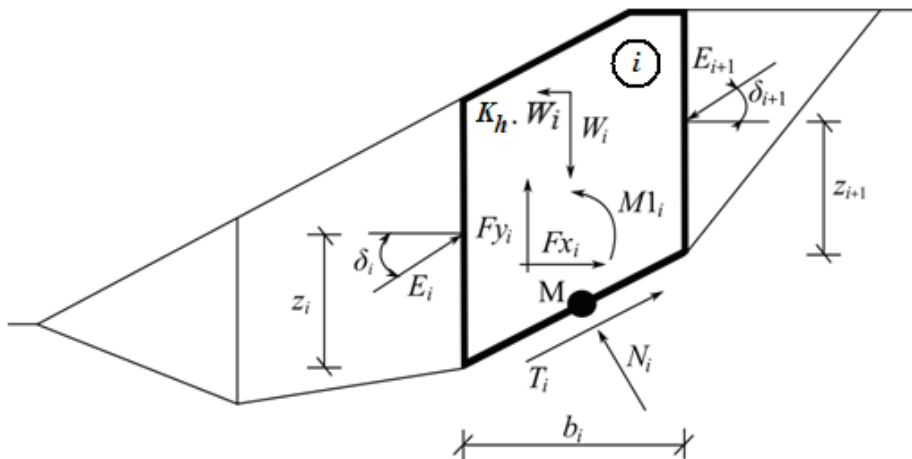
$T_i$  - смичућа сила на површини клизања;

$E_i, E_{i+1}$  - силе које врше суседни блокови, они су нагнути у односу на хоризонталу под углом  $\delta_i$  односно  $\delta_{i+1}$  и леже на висини  $z_i$  одн.  $z_{i+1}$  изнад површине клизања;

$Fx_i, Fy_i$  - друге хоризонталне и вертикалне силе које делују на блок;

Момент  $M_i$  од сила  $Fx_i, Fy_i$  које ротирају око тачке  $M$  која је центар овог сегмента површине клизања;

$U_i$  - резултанта порног притиска на сваком сегменту површине клизања.



Слика 5. Статичка шема - Janbu метода (Извор: GEO5 2022 – User Guide)

Figure 5. Static scheme - Yanbu method (Source: GEO5 2022 – User Guide)

Фактор сигурности за капиталне објекте износи  $F_s = 1,3-1,5$ , а за остале објекте  $F_s = 1,1-1,3$  (Тодоровић, 1991), с обзиром да се ради о регионалом путу, усвојена вредност фактора сигурности износи  $F_s = 1,5$  када се сматра да је падина стабилна.

Локална (парцијална) стабилност пројектованих косина испитана је методом Bishop-а (Bishop, 1955). Метода А.В. Bishop-а примењује се код испитивања стабилности косина и падина када је површина клизања у облику кружног лука. Фактор сигурности методом Bishop-а (GEO5 – User's Guide, 2014) се добија кроз итерацију следеће формуле:

$$F_s = \frac{1}{\sum_i w_i \cdot \sin\alpha_i} \cdot \sum_i \frac{c_i \cdot b_i + (W_i - u_i \cdot b_i) \cdot \tan\varphi_i}{\cos\alpha_i + \frac{\tan\varphi_i \cdot \sin\alpha_i}{F_s}} \quad (2)$$

Где је:

$u_i$  - порни притисак унутар блока

$c_i, \varphi_i$  - ефективне вредности кохезије и угла унутрашњег трења

$W_i$  - тежина блока

$\alpha_i$  - нагиб површине клизања блока

$b_i$  - хоризонтална ширина блока

Димензионисање зидова је извршено анализом нормалних и смичућих (тангенцијалних) сила на контакту конструкције и темељног тла. Провера стабилности је урађена на основу метода прорачуна стабилности потпорне конструкције на хоризонтално померање (4) и на претурање (3).

Провера стабилности зида на претурање се добија на основу следеће формуле (GEO5 2022 – User Guide):

$$\frac{M_{res}}{M_{ovr}} > SF_0 \quad (3)$$

Где је:

$M_{ovr}$  – момент претурања (ротационо покретање);

$M_{res}$  – момент отпора (реактивне силе);

$Sf_0$  – фактор сигурности на претурање.

Провера стабилности на клизање се испитује на основу (GEO5 2022 – User Guide):

$$\frac{[(N \tan\varphi + c(d - 2e) \div \mu + F_{res})]}{H} = SF_s \quad (4)$$

Где је:

$N$  – нормална сила у темељној стопи;

$\varphi$  – угао унутрашњег трења;

$c$  – кохезија тла;

$d$  – ширина темељне стопе;

$e$  – ексцентричност резултатне;

$H$  – смичућа сила у темељној стопи;

$F_{res}$  – сила отпора (као последица геоармирања и преклапања мреже);

$SF_s$  – фактор сигурности на клизање;

$\mu$  – коефицијент редуције на контакту темеља и темељног тла.

Хоризонталне компоненте сила су укључене у силу смицања и момент претурања, док су вертикалне компоненте сила укључене у нормалну силу и момент отпора. Силе и моменти отпора такође обухватају хоризонталне силе од геоарматуре и делова мрежа које се преклапају. Притисак узгона је обухваћен кроз анализу момента претурања.

Аналитичким путем, извршена је анализа граничне (qf) носивости земљишта испод конструкција по методи Бринч – Хансена (Brinch Hansen) (Hansen, 1970).

$$q_f = cN_c s_c d_c i_c + \gamma_1 D_f N_q s_q d_q i_q + 0,5\gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma \quad [\text{kN/m}^2] \quad (5)$$

Где су:

Коефицијенти  $N_q, N_c, N_\gamma$  - фактори носивости;

Коефицијенти  $d_q, d_c, d_\gamma$  - фактори дубине фундарања;

Коефицијенти  $s_q, s_c, s_\gamma$  - фактори облика темеља;

Коефицијенти  $i_q, i_c, i_\gamma$  - фактори закошености;

$\gamma_1$  и  $\gamma_2$  су запреминске тежине изнад и испод коте фундарања;

$D_f$  је ефективна дубина фундарања, а  $B$  ширина темеља,  $c$  – кохезија.

Дозвољена носивост темељног тла (q<sub>a</sub>) извршена је применом глобалног и парцијалног фактора сигурности.

## РЕЗУЛТАТИ

Стабилност покренуте падине анализирана је на одабраном карактеристичном геотехничком пресеку терена II-II' применом резидуалних вредности параметра отпорности на смицање  $\phi_r = 15^\circ$  и  $c_r = 3$  kPa. Добијена вредност критичног фактора сигурности износи  $F_s = 0,86$ . Анализирана падина није стабилна јер није испуњен услов фактора сигурности  $F_s > 1,3$ .

Решења која су испунила критеријуме стабилности зида и целокупне падине су два потпорна зид од габиона - решење I и II.

У табели 2 приказане су усвојене меродавне вредности физичких својстава коришћених материјала, за потребе прорачуна.

Табела 2. Меродавне вредности физичких својстава ломљеног камена за испуну жичане корпе

Table 2. Official values of the physical properties of crushed stone for filling the wire basket

Материјал	Физичка особина	Усвојена вредност
Ломљени камен за испуну	Запреминска тежина	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
	Угао унутрашњег трења	$\phi = 42^\circ$
	Кохезија	$c = 0,0 \text{ kPa}$
Жичана корпа (габион)	Затезна чврстоћа мреже	$R_t = 53 \text{ kN/m}$
	Размак вертикалних преграда	$v = 0,30 \text{ m}$
	Чврстоћа споја	$R_s = 60 \text{ kN/m}$

Усвојено максимално оптерећење од саобраћаја на регионалном путу, за прорачун стабилности габионског зида и косине, износи  $120 \text{ kN/m}^2$ .

## Решење I – Потпорни зид од габиона

Стабилност габионског потпорног зида - решење I, је испитана за случај када је конструкција на темељном контакту постављена под углом од  $\alpha = 7^\circ$  у односу на хоризонталу. Висина зида је 6,6 m (од коте круне 449 до коте дна темеља 442,4), ширина најшире габионске корпе која је уједно и део темеља објекта износи 4,5 m.

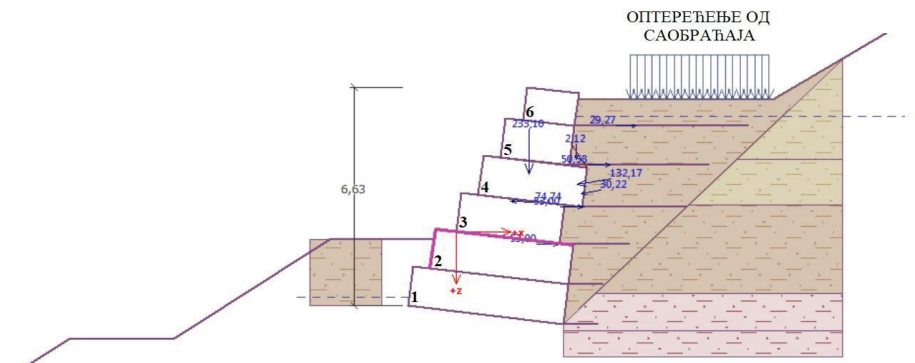
На слици 6 приказан је попречни пресек зида са распоредом габионских корпи. Ово решење се састоји од 6 редова корпи различитих димензија. У табели 3 представљени су усвојени геометријски параметри са којима је извршен прорачун испитивања стабилности потпорне конструкције од габиона.

Табела 3. Димензије габионских корпи код решења I

Table 3. Dimensions of gabion baskets in solution I

Ред габионске корпе	Ширина корпе b [m]	Висина корпе h [m]	Поравнање <sup>1</sup> a [m]	Дужина анкера L [m]
6.	1,5	1,0	0,50	5,0
5.	2,0	1,2	0,50	4,0
4.	3,0	1,2	0,50	3,0
3.	3,0	1,2	0,60	2,0
2.	4,0	1,2	0,50	1,0
1.	4,5	1,2	/	1,0

1 – дужина која представља колико је одређени габионски сандук померен ка унутра у односу на спољну вертикалу претходног



Слика 6. Изглед габионског зида - решење I - на попречном пресеку (Извор: Оригинал)  
Figure 6. Appearance of the gabion wall - solution I - on the cross section (Source: Original)

Резултати провере стабилности габионског зида - решење I на превртање и хоризонтално померање приказани су у табели 4:

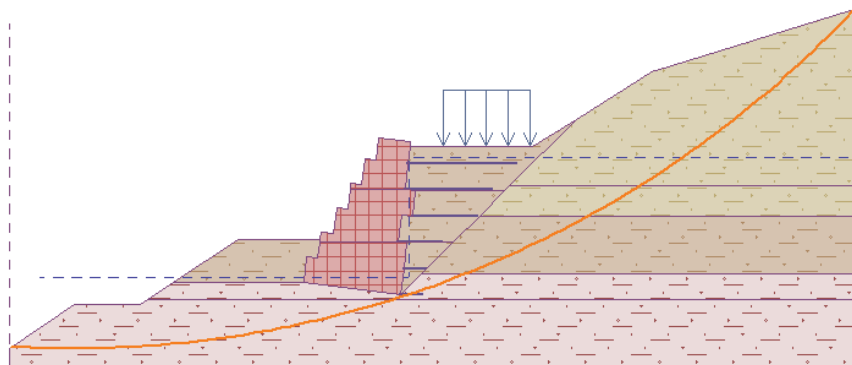
Табела 4. Провера стабилности потпорног зида у софтверу GEO5  
Table 4. Checking the stability of the retaining wall in the GEO5 software

Провера стабилности габионског зида на претурање	Момент отпора	$M_{res} = 1930,10 \text{ kN/m}$
	Момент претурање	$M_{ovr} = 947,37 \text{ kN/m}$
	Фактор сигурности	$F_s = 2,04$
Провера стабилности габионског зида на хоризонтално померање	Хоризонтална сила отпора	$H_{res} = 611,13 \text{ kN/m}$
	Хоризонтална сила деловања	$H_{res} = 611,13 \text{ kN/m}$
	Фактор сигурности	$F_s = 1,57$

Добијене вредности фактора сигурности на претурање и хоризонтално померање испуњавају услов стабилности,  $F_s = 2,04 > 1,50$  и  $F_s = 1,57 > 1,50$ . Испуњењем наведених услова стабилности потпорни зид је стабилан у погледу претурања и хоризонталног померања на темељном контакту.

Део конструкције који трпи највеће затезање је изнад корпе број 2.

Локална стабилност новоформираног дела косине са габионским зидом (решење I) анализирана је за већи број клизних равни применом методе Bishop-a. У табели 5 приказане су вредности сила за клизну раван са најмањом вредношћу фактор сигурности  $F_s = 2,08$  (слика 7). С обзиром да је  $F_s = 2,08 > 1,50$  испуњен је услов стабилности те је косина стабилна.



Слика 7. Критична клизна раван (Извор: Оригинал)  
Figure 7. Critical sliding plane (Source: Original)

Табела 5. Локална стабилност – решење I  
Table 5. Local stability - solution I

Збир активних сила	$F_a = 1\,233,73 \text{ kN/m}$
Збир пасивних сила	$F_p = 2\,565,09 \text{ kN/m}$
Момент померања	$M_a = 60\,686,95 \text{ kNm/m}$
Момент отпора	$M_p = 126\,176,64 \text{ kNm/m}$
Фактор сигурности	$F_s = 2,08$

Дозвољена носивост темељног тла за габионску конструкцију (решење I) анализирана је за димензије темеља ширине  $B = 4,5 \text{ m}$ , дужине  $L = 20 \text{ m}$  и дубину фундарања  $D_f = 2,5 \text{ m}$ . Контакт темеља са темељним тлом налази се у слоју глинених шкриљаца. Резидуалне вредности параметара отпорности на смицање усвојене за прорачун носивости тла приказане су у табели 1, при чему су запреминске тежине тла испод и изнад коте фундарања усвојене за услове потопљеног тла  $\gamma_1 = \gamma_2 = 13 \text{ kN/m}^3$ .

Дозвољена носивост темељног тла износи  $q_a = 696 \text{ kN/m}^2$ . Максимални напон конструкције који се преко темеља пренести на темељно тло износи  $\sigma_{max} = 224 \text{ kN/m}^2$ . С обзиром да је  $\sigma_{max} < q_a$  испуњен је услов носивости земљишта, односно темељно тло може безбедно да прими оптерећење од конструкције.

### Решење II – Потпорни зид од габиона

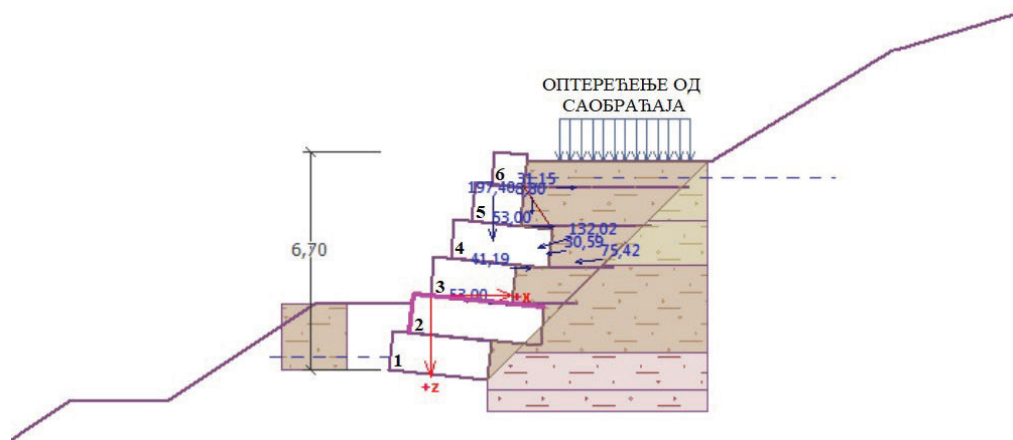
Анализа стабилности габионског зида решење II извршена је за положај конструкције под нагибом  $\alpha = 6^\circ$  у односу на хоризонталу на контакту темеља и темељног тла. Висина зида је  $6,7 \text{ m}$  (од коте круне  $449,0$  до коте дна темеља  $442,3$ ), ширина најшире габионске корпе која је уједно и део темеља објекта износи  $4,0 \text{ m}$ .

На слици 8 је приказан, на попречном пресеку габионског зида, распоред корпи, који се састоји из 6 редова. Димензије габионских корпи као и остале вредности неопходне за прорачун стабилности зида приказане су у табели 6.

Табела 6. Параметри са карактеристикама сваке габионске корпе  
Table 6. Parameters with characteristics of each gabion basket

Ред габионске корпе	Ширина $b$ [m]	Висина $h$ [m]	Поравнање <sup>1</sup> $a$ [m]	Дужина анкера $L$ [m]
6.	1,0	1,0	0,50	5,0
5.	1,5	1,2	0,50	4,0
4.	3,0	1,2	0,50	1,0
3.	2,5	1,2	0,50	2,0
2.	4,0	1,2	0,50	/
1.	3,0	1,2	/	/

1 – дужина која представља колико је одређени габионски сандук померен ка унутра у односу на спољну вертикалу претходног



Слика 8. Изглед габионског зида на попречном пресеку (Извор: Оригинал)  
Figure 8. Cross-section view of gabion wall (Source: Original)

Резултати провере стабилности габионског зида (решење II) на претурање и хоризонтално померање приказани су у табели 7.

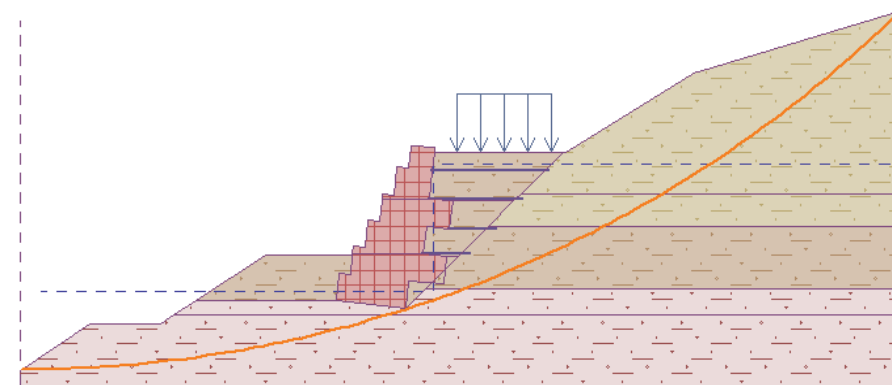
Табела 7. Провера стабилности зида у софтверу GEO5  
Table 7. Wall stability check in GEO5 software

Провера стабилности габионског зида на претурање	Момент отпора	$M_{res} = 2523,85 \text{ kN/m}$
	Момент превртања	$M_{ovt} = 976,12 \text{ kN/m}$
	Фактор сигурности	$F_s = 2,59$
Провера стабилности габионског зида на хоризонтално померање	Хоризонтална сила отпора	$H_{res} = 632,86 \text{ kN/m}$
	Хоризонтална сила деловања	$H_{act} = 380,67 \text{ kN/m}$
	Фактор сигурности	$F_s = 1,66$

На основу вредности фактора сигурности на претурање зида  $F_s = 2,59 > 1,50$  и фактора сигурности на хоризонтално померање  $F_s = 1,66 > 1,50$  може се закључити да је потпорни зид стабилан у погледу клизања и претурања на темељном контакту.

Део габионског зида који има највеће затезање је изнад четврте корпе.

Локална стабилност новоформираног дела косине са габионским зидом (решење II) анализирана је за већи број клизних равни. У табели 8 приказане су вредности сила за клизну раван (слика 9) са најмањом вредношћу фактор сигурности  $F_s = 1,99$ . С обзиром да је  $F_s = 1,99 > 1,50$  испуњен је услов стабилности те је косина стабилна.



Слика 9. Простирање клизне равни (Извор: Оригинал)  
Figure 9. Extension of the sliding plane (Source: Original)

Табела 8. Локална стабилност – решење II  
Table 8. Local stability - solution II

Збир активних сила	$F_a = 1127,80 \text{ kN/m}$
Збир пасивних сила	$F_p = 2239,52 \text{ kN/m}$
Момент померања	$M_a = 60280,68 \text{ kNm/m}$
Момент отпора	$M_p = 119702,43 \text{ kNm/m}$
Фактор сигурности	$F_s = 1,99$

Дозвољена носивост темељног тла за габионску конструкцију (решење II) анализирана је за димензије темеља ширине  $B = 3,0 \text{ m}$ , дужине  $L = 20 \text{ m}$  и дубину фундација  $D_f = 2,4 \text{ m}$ . Контакт темеља са темељним тлом налази се у слоју глинених шкриљаца. Резидуалне вредности параметара отпорности на смицање усвојени за прорачун носивости тла приказане су у табели 1, при чему су запреминске тежине тла испод и изнад коте фундација усвојене за услове потопљеног тла  $\gamma_1 = \gamma_2 = 13 \text{ kN/m}^3$ .

Дозвољена носивост темељног тла износи  $q_a = 671 \text{ kN/m}^2$ . Максимални напон конструкције који се преко темеља пренести на темељно тло износи  $\sigma_{max} = 187 \text{ kN/m}^2$ . С обзиром да је  $\sigma_{max} < q_a$  испуњен је услов носивости земљишта, односно темељно тло може безбедно да прими оптерећење од конструкције.

#### Терасирање тела клизишта

Након изградње потпорног зида, неопходно је извршити терасирање тела клизишта испод потпорне конструкције са циљем постизања целокупне стабилности падине. Предложена мера је део Решења I и Решења II.

Усвојене вредности параметара земљишта за анализу и прорачун стабилности пројектованих тераса су:

- Запреминска тежина –  $\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$ ,
- Угао унутрашњег трења –  $\phi = 22^\circ$ ,
- Кохезија –  $c = 12,0 \text{ kPa}$ .

Предложена ширина сваког планума је  $3 \text{ m}$ , а нагиб планума у односу на хоризонталу је  $3^\circ$  (нагиб низ падину). Висине планума се разликују и идући у смеру од потпорних

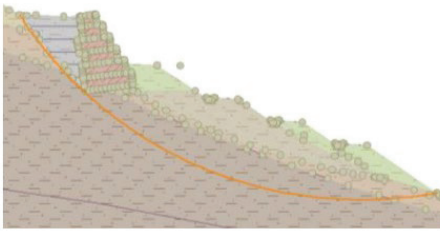
конструкција према дну косине, висине износе 3,0 m, 2,0 m, 2,0 m, 4,4 m (слике 8, 9, 10 и 11).

### Генерална стабилност падине

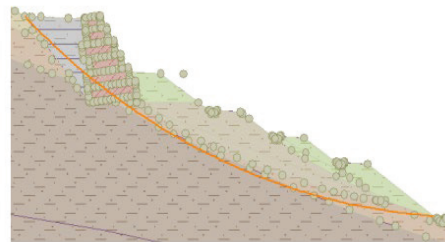
Крајњи резултати фактора сигурности добијени анализом стабилности косине у софтверу методом Janbu-а након примењених мера:

- Потпорни зид од габиона - Решење I –  $F_s = 1,81$
- Потпорни зид од габиона - Решење II –  $F_s = 1,75$

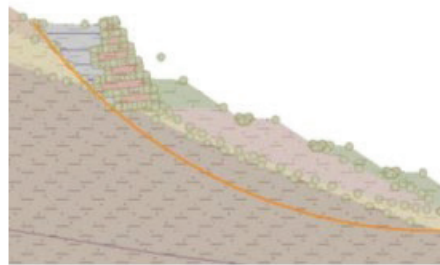
На сликама 10 и 12 приказане су критичне клизне равни а на сликама 11 и 13 клизна раван пролази кроз конструкцију.



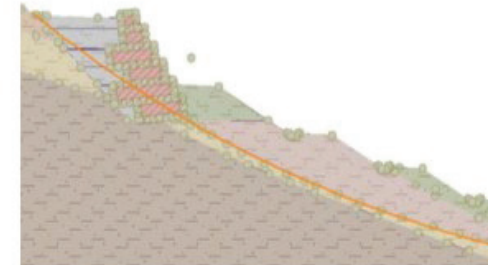
Слика 10. Потпорни зид од габиона, Решење I, анализирана клизна раван 1 ( $F_s=1,81$ ) (Извор: Оригинал)  
Figure 10. Gabion retaining wall, Solution I, analyzed sliding plane 1 ( $F_s=1.81$ ) (Source: Original)



Слика 11. Потпорни зид од габиона, Решење I, анализирана клизна раван 2 ( $F_s=8,70$ ) (Извор: Оригинал)  
Figure 11. Gabion retaining wall, Solution I, analyzed sliding plane 2 ( $F_s=8.70$ ) (Source: Original)



Слика 12. Потпорни зид од габиона, Решење II, анализирана клизна раван 1 ( $F_s=1,75$ ) (Извор: Оригинал)  
Figure 12. Gabion retaining wall, Solution II, analyzed sliding plane 1 ( $F_s=1.75$ ) (Source: Original)



Слика 13. Потпорни зид од габиона, Решење II, анализирана клизна раван 2 ( $F_s=11,78$ ) (Извор: Оригинал)  
Figure 13. Gabion retaining wall, Solution II, analyzed sliding plane 2 ( $F_s=11.78$ ) (Source: Original)

### ДИСКУСИЈА

Постојање клизишта на регионалном путу Столице – Крупањ, потврђено је анализом стабилности падине  $F_s = 0,86$ . С обзиром на значај регионалног пута, неопходно је санарати клизиште. До оптималног решења долази се анализом више решења (Cvetković et al., 2022), а у овом случају различитим облицима габионске конструкције. Габионске конструкције одабране су са циљем смањења антропогеног утицаја на животну средину. Овакве конструкције спадају у еколошки прихватљива (eco-friendly) решења (Chikute, Sonar, 2021). У поређењу са бетонским конструкцијама приликом производње, уградње и експлоатације габионских конструкција не користи се цемент (или је његова употреба минимална), смањује се бука, могуће је озелењавање саме конструкције а постоји могућност рециклирања употребљених материјала (Chikute, Sonar, 2021). Chikute i Sonar (2019) наводе да је приликом изградње оваквих потпорних зидова битно обратити пажњу на заштиту жице од корозије као и на доступност камена за испуну. У нашој земљи доступни су кречњак и доломит који испуњавају критеријуме квалитета материјала за испуну габионских корпи (Rončević et al., 2018). Меродавне вредности физичких својстава ломљеног камена за испуну које су усвојене за приказана решења представљају минималне препоручене вредности за избор камена (Mitrović, 2014).

Два решења, Решење I и Решење II, су испунила постављене критеријуме у погледу стабилности потпорних конструкција на претурале и хоризонтално померање. Фактори сигурности на претурале за Решење I и Решење II већи су од усвојеног граничног фактора стабилности за 36% и 73%, редом. У погледу стабилности на хоризонтално померање, оба су решења испунила услов стабилности. Фактор сигурности Решења I већи је од услова стабилности за 5% док је код Решење II фактор сигурности већи за 11%. Фактор сигурности за локалну стабилност у зони објеката код оба решења је већи од услова стабилности за 39% и за 33%. Постављањем анкераних габионских потпорних зидова постиже се повећање стабилности на рачун повећања силе трења између анкера и тла (Mitrović, 2014). Додатно повећање стабилности потпорне конструкције од габиона може се постигнути постављањем бетона (МБ 15) на темељном контакту у дебљини од 0,2 метара (Ayub et al. 2021).

Како би се обезбедила трајна стабилизација покренуте масе земљишта као саставни део оба решења примењено је и терасирање. У случају Решења I, фактор сигурности за генералну стабилност падине је повећан за 111% а у односу на услов стабилности за 21%. Применом решења II фактор сигурности је увећан за 104% а у поређењу са условом стабилности повећање износи 17%. Приликом анализе стабилности у случају проласка клизне равни кроз конструкцију постигнути су доста већи фактори сигурности у односу на услов стабилности. Код Решења I, фактор сигурности је за 480% већи од услова стабилности, а код Решења II повећан је за 685%. Значајно веће вредности фактора сигурности, у овом случају јављају се због проласка клизне равни кроз саму конструкцију и армирани део тла у залеђу зида, које су дефинисане високим вредностима параметара отпорности.

Услед повећаног затезања које се јавља изнад друге корпе код Решења I (слика 6) и четврте корпе код Решења II (слика 8), потребно је да спојеви између ових корпи буду додатно ојачани, заварени и/или везани, како би се повећала отпорност конструкција.

Решења II у коме су потпорном зиду од габиона смањене димензије темеља као и димензије осталих габионских корпи, при чему је конструкција испунила услове за

I

локалну и генералну стабилност, показано је да је врло важно обратити пажњу на начин конструисања зида. Ово утиче на смањење количине утрошеног материјала а самим тим и на цену изградње објекта. Одговарајући дизајн габионских потпорних зидова је кључ за осигурање стабилности конструкције (Аууб et al., 2021). Имајући у виду претходно наведено Решење II се може изабрати као оптимално решење.

### ЗАКЉУЧЦИ

За потребе овог рада испитана је стабилност покренутог дела падине, стабилност уведених потпорних конструкција за стабилизацију падине као и генерални фактор сигурности косине са примењеним мерама стабилизације.

Увођењем техничких мера за санацију клизишта испуњена су оба критеријума: критеријум стабилности конструкција и критеријум стабилности покренутог дела падине и саобраћајнице.

Применом Решења 1, фактор сигурности за генералну стабилност износи  $F_s = 1,81$ , а применом Решења 2 износи  $F_s = 1,75$ . Такође, код Решења I и Решења II, анализом носивости земљишта потврђено је да темељено тло може безбедно да прими оптерећење од конструкције.

На основу анализе фактора сигурности, за оптимално решење изабрано је Решење 2.

Резултати ових анализа пружају информације о томе да је приликом изградње потпорних конструкција од габиона битно обратити пажњу на распоред и величину габионских корпи како би се дошло до оптималног решења за санацију клизишта.

### ЛИТЕРАТУРА

- Anderson M. G. and Holcombe E. (2013): Community-Based Landslide Risk Reduction: Managing Disasters in Small Steps, World Bank Publications;
- Ayyub, A., Alshameri, B., Jamil, S. M., & Nawaz, N. (2021). Analysis of Gabion Retaining Wall Using Analytical and Numerical modelling with Plaxis 2D. University of Wah Journal of Science and Technology (UWJST), 5, 12-19;
- Bhandari R.K. (2006): The Indian Landslides Scenario, Strategic Issues and Action Point- First India Disaster Management Congress, New Dehli;
- Bishop, A.W. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes (1955): Geotechnique, 5 (1), pp. 7-17. doi: 10.1680/geot.1955.5.1.7;
- Campelo N. S., Santoro Filho M. J. G., Valadares O. C. P., Paes M. D. C., Aragão A. F. (2018): Georeferenced monitoring of displacements of gabion walls, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering 2018 171:1, 64-77;
- Chikute, G. & Sonar, I. (2019): Failures of Gabion Walls. International Journal of Photoenergy, 8. 1384. doi: 10.35940/ijitee.J9731.0981119;
- Chikute, G.C., Sonar, I.P. (2021). Gabion Wall: Eco-friendly and Cost-Efficient Retaining Wall. In: Biswas, S., Metya, S., Kumar, S., Samui, P. (eds) Advances in Sustainable Construction Materials. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 124. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-4590-4\\_22](https://doi.org/10.1007/978-981-33-4590-4_22);
- Cvetković J., Živanović N., Rončević V., Gajić G., Kabiljo M. (2022): Primena potpornih konstrukcija u sanaciji klizišta na regionalnom putu Stolice – Krupanj, Sustainable Forestry: Collection br. 85-86, str. 183-196, doi: 10.5937/SustFor2285183C;
- Cvetković J., Vulević T., Gajić G., Živanović N., Rončević V. (2022): Application of Simple Additive Weighting Method for Selection of Appropriate Measures in the Rehabilitation of the Landslide, Abstract book - SOIL Erosion and Torrential Flood: Prevention: Curriculum Development at the Universities of Western Balkan Countries Conference (SETOF) November 3rd 2022, Goč, 2022, 34-34;

I

(2011): Elaborat o geotehničkim uslovima sanacije klizišta na putu P-211, deonica: Stolice - Krupanj na km: 0+578.6 - 0+605.90, Institut za puteve a.d., Zavod za geotehniku, Kumodraška 257, Beograd;

Evette A, Labonne S, Rey F, Liebault F, Jancke O, Girel J. (2009): History of bioengineering techniques for erosion control in rivers in Western Europe, Environ Manage, 43(6):972-84. doi: 10.1007/s00267-009-9275-y, Epub 2009 Feb 24, PMID: 19238480;

Freeman G. E., & Fischenich J. C. (2000): Gabions for streambank erosion control, Engineer Research and Development Center, US;

Froude M.J., Petley D.N. (2018): Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016, Natural Hazards and Earth System Sciences, 18 (8) , pp. 2161-2181;

Gajić G. (2017): Sanacija klizišta, materijal za pripremu ispita, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd;

Gariano S.L., Guzzetti F. (2016): Landslides in a changing climate, Earth-Science Reviews, Volume 162, Pages 227-252, ISSN 0012-8252, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.011>;

GEO5 2022 – User Guide – Geotechnical software suite and Fine Ltd, “Geo5 User’s Guide”. [www.finesoftware.eu](http://www.finesoftware.eu);

Hansen, J. B. (1970): Revised and extended formula for bearing capacity Bulletin no. 28, Danish Geotechnical Institute Copenhagen, pp. 5-11;

Janbu N. (1973) Slope stability computations. John Wiley Sons, Hoboken;

Kanungo D. & Pain A., & Sharma S. (2013): Stability Assessment of a Potential Debris Slide in Garhwal Himalayas, India. Indian Landslides. 6. 9-20;

Klingeman P. C., Kehe S. M., Owusu Y.A. (1984): Streambank erosion protection and channel scour manipulation using rockfill dikes and gabions. Technical Report WRR-98, Water Resources Research Institute, Oregon State University, Corvallis, 1–169;

Liu J., Tan J., Zhang S, Zhong C, Lv L, Tara A. (2023): Suitability Assessment of Small Dams' Location as Nature-Based Solutions to Reduce Flood Risk in Mataniko Catchment, Honiara, Solomon Islands, Sustainability 2023, 15(4), 3313; <https://doi.org/10.3390/su15043313>;

Marković, M., Živanović, N., & Gajić, G. (2019). Stability analysis of slopes along roads in bio-reinforced soil conditions. Glasnik Sumarskog fakulteta, (119), 91-104;

Marwa, Ernest & Kimaro, Didas. (2005): Geomorphological mapping for route selection and road construction at lower Kihansi in Tanzania. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 64, 333-339. 10.1007/s10064-005-0012-3;

Mitrović, P. (2014): Rehabilitation of landslides and insufficient load-bearing soil, AGM book, ISBN: 978-86-86363-43-5;

Rončević V., Živanović N., Gajić G. (2018): Analysis of physico-mechanical characteristics of stone in Serbia for the needs of erosion control works, Erozijska, 2018, 44, 32-39, ISSN: 0350-9648;

Rončević V., Živanović N., Gajić G. (2018): Analysis of Physico-Mechanical Characteristics of Building Stone for the Needs of Antierosion Works in Serbia, Abstract book - 1st Young researchers' conference - Erosion and torrent control (ETC 2018), international conference, November 28 - 30, 2018, Belgrade, 2018, 27-27;

Rubay S., and Al Hakeem N. (2023): Stability Analysis of Partially Saturated Soil Slope by Random Limit Equilibrium Method, Disaster Advances; Vol. 16(8); 67-76; doi: <https://doi.org/10.25303/1608da067076>;

Seghir T., Fourar F.Z., Zeroual, A. Fourar A., & Massouh F. (2023): Comparative study of the seismic performance of earth dams-case of Ouarkiss dam. Modeling Earth Systems and Environment, <https://doi.org/10.1007/s40808-023-01833-z>;

- Seneviratne S.I., Nicholls N., Easterling D., Goodess C.M., Kanae S., Kossin J., Luo Y., Marengo J., McInnes K., Rahimi M., Reichstein M., Sorteberg A., Vera C., Zhang X. (2012): Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment, in: Field C.B., Barros V., Stocker T.F., Qin D., Dokken D.J., Ebi K.L., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Plattner G.-K., Allen S.K., Tignor M., Midgley P.M. (Eds.) *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230;
- Shakya N. M., Nirula D. R. (2005): *Integration of Bioengineering Techniques in Slope Stabilization Works: a Cost Effective Approach for Developing Countries* - International Seminar on Sustainable Slope risk Management for Roads, Kathmandu Nepal;
- Spasić, M., Živanović, N., & Gajić, G. (2018). Influence of lime stabilization on shear strength parameters of silty clay soil. *Glasnik Sumarskog fakulteta*, (117), 143-156;
- Sreelakshmi G., Lini Dev K., Nithesh N., Harshan H.S. (2023): Stability Analysis of Non-homogeneous Slopes and Assessment of Failure Characteristics Using HYRCAN, *Lecture Notes in Civil Engineering*, Volume 274, Pages 455 - 465, doi: 10.1007/978-981-19-4055-2\_36;
- Utmani N., & Ahmad S., & Rabbi Ur I., & Abbas M., (2019): Gabion wall used in road construction and flood protection embankment, *Journal of Civil Engineering and Environmental Sciences*, 001-004, 10.17352/2455-488X.000031;
- Wang W, Bai M, Liu Q, Fekadu HF (2023): Multiple reinforcement measures of flysch landslide. *PLoS ONE* 18(8): e0290099. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290099>;
- Zuhaira, A. A., Mohamad, S. A., & Al-Hamd, R. K. S. (2023): Scale effects of non-aerated flow properties over gabion stepped spillways, *AIP Conference Proceedings*, 2631(1): pp.020028-1-020028-13. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0131164>.

## ОБЕШУМЉАВАЊЕ И ДЕГРАДАЦИЈА ЗЕМЉИШТА ПО ОБНАВЉАЊУ СРПСКЕ ДРЖАВНОСТИ У XIX ВЕКУ

### Deforestation and land degradation after restoration Serbian statehood in the 19th century

Иван Малушевић

Универзитет у Београду, Шумарски факултет

[ivan.malusevic@sfb.bg.ac.rs](mailto:ivan.malusevic@sfb.bg.ac.rs)

**Абстракт:** Током првих деценија обновљене српске државе, дошло је до великих промена у њеном друштвеном и политичком животу. Изолованост и слаба покретљивост народа, тврдоглаво истрајавање на неодрживим обичајима, демографска експлозија, промена начина пољопривредне производње, лоша законска регулатива условљена нестабилном унутрашње политичком ситуацијом и неповољним спољно политичким околностима, утицали су да дође до потпуно неконтролисаног обешумљавања чији је интензитет био до тада незабележен. До реакције државе је дошло тек када су се деградациони процеси и бујичне поплаве толико интензивирали, да их више није било могуће игнорисати. Успркос више од 100 година противерозионног деловања, ми се и данас боримо са бујичним токовима који су активирани током првих деценија обновљене српске државе.

**Кључне речи:** обешумљавање, ерозија, бујичне поплаве, антропогени утицај.

**Abstract:** During the first decades of renewed Serbian state, significant changes occurred in its social and political life. The isolation and low mobility of the people, the stubborn persistence of unsustainable customs, the demographic explosion, the change in the way of agricultural production, and the inadequate legal regulations conditioned by the unstable internal political situation and unfavorable external political circumstances influenced the process of deforestation, which was utterly uncontrolled and whose intensity was unrecorded until then. The state's reaction came when the degradation processes and torrential floods intensified so much that ignoring them was no longer possible. Despite more than 100 years of anti-erosion action, we are still fighting torrential flows activated during the first decades of the restored Serbian state.

**Keywords:** deforestation, erosion, torrential floods, anthropogenic impact

### 1. УВОД

Највећи део територије Србије има изражен рељеф, неотпорну геолошку подлогу, развијену хидрографску мрежу и климу која се одликује изразито неравномерним распоредом атмосферских талоба током године. Све те карактеристике чине да овај простор, при сваком значајнијем поремећају еколошке равнотеже, било уклањањем вегетационог покривача или неадекватном коришћењу земљишта, представља веома погодан терен за активирање ерозионих процеса и бујичних поплава (Ђекић, 1955).

Прве деценије нове српске државе представљале су прекретницу у њеном друштвеном и политичком животу. Оне су биле праћене променама начина коришћења земљишног простора, пре свега трансформацијом шумског земљишта у пољопривредно. У овом раду ће бити изложени подаци о претходном стању земљишта и шумске вегетације током периода српске средњовековне државе и османске окупације, као и најважнијим факторима који су утицали на интензивирање обашумљавања током првих деценија обновљене српске

државе, што је створило услове за активирање ерозионих процеса и бујичних поплава на широком подручју басена Западне Мораве, Ибра, Лима, Јужне Мораве, Топлице, Нишаве и Тимока, и, у нешто мањој мери, Колубаре и Дрине.

## 2. МЕТОДОЛОГИЈА РАДА

Методолошки апарат је заснован на фактографском приступу који се базира на класификовању извора, и аналитичком, којим се ови извори тумаче. Истраживање се састојало из прикупљања и систематизације истраживане грађе, односно, формирања информационе основе, при чему су коришћени методи дескрипције, систематизације, класификације, као и историјски метод.

Да би се формирала информациона основа било је неопходно извршити анализе грађе примарних и секундарних извора. Примарне изворе су чинила сведочанства путописаца, од Евлија Челебија до Феликса Каница, као и подаци Управе државне статистике Краљевине Србије, радови Јосифа Панчића, Анте Алексића, Јована Цвијића, односно сведочанство Владана Ђорђевића о Берлинском конгресу. Секундарни извори се протежу од Калајевих и Ђоровићевих историјских текстова, веома утицајног доктората Драгана Симеуновића из 1957. године, до новијих научних радова који се баве друштвеним, економским и историјским чињеницама значајним за нашу тему.

## 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

### 3.1. Реконструкција претходног стања земљишта и пошумљености на основу историјских извора

Реално стање земљишта и пошумљености на територији Србије може се сагледати тек од средине XIX века, по обнављању српске државности, јер су специфичне историјске околности, коначног пада српске средњовековне државе под турску власт 1459. године, односно, вишевековног периода стагнације испуњеног бунама и ратовима, учиниле да је претходно стање могуће само реконструисати на основу малог броја сачуваних докумената из доба Немањића, односно, записа појединих западних путописаца.

У Душановом законнику су постојале поједине одредбе који су одређивале својинске односе над природним добрима и дефинисале начине коришћења шума, пре свега дрвета и жира (Николић, Ракочевић, 1992; Јовић, Медаревић, 1992). Иако је дрво коришћено за огрев, производњу ђумура и изградњу кућа, ефекти ове експлоатације били су занемарљиви, док је пољопривредна производња била више оријентисана на сточарство него на ратарство, што је погодно очувању земљишта.

Први забележен пример деградације на територији српске средњовековне државе био је узрокован интензивним развојем рударства средином XIII века. Тада су из Угарске дошли Саси и од краља Милутина добили право да секу шуму и користе дрво за топионице, а искрчену земљу присвоје и обрађују за своје потребе. Вероватно је да су у овом периоду формиране голети на Копаонику и другим серпентинским и кречњачким масивима (Дражић, 1992). Обим деградације настале на овај начин био је тако велик, да му је посвећен 123. члан Душановог законика:

„Сасима; О трговима; што су куда посекали Саси горе до овога сабора (мисли се на државни сабор 1349. године када је донето првих 135 чланова Душановог законика), ту земљу нека имају; ако су кому властелину без права узели земљу, да се суде с њима властела по закону Светога краља (односи се на, данас изгубљене, правне прописе донете за време краља Милутина), а отсада унапред Сасин да не сече, а што посече, оно да не обрађује и људе да не смешта, само да стоји пушта, да расте гора; нико да не забрани Сасину горе, колико треба тргу, толико да сече” (Калаји, 1882; Шаркић, 2014).

Овај члан законика, као и други, који се баве својинским односима и начином коришћења шума, ако и не доказују постојање одређеног нивоа еколошке свести, илуструју тежњу ка одрживом управљању природним ресурсима.

Записи путописаца из тог периода показују да је овакав приступ доносио резултате. Забележено је да је 1096. године крсташким трупама требало осам дана да прођу кроз густу шуму између Београда и Ниша (Halpern, 1999). Француз Гијом Адам (Guillaume Adam), постављен од папе 1324. године за Барског надбискупа, даје пасторлну слику краљевине Рашке, описујући је као земљу пуну блага, богату житом, вином, уљем и месом, кроз коју пријатно протичу изворске воде и реке украшене густим шумама, ливадама, луговима и планинама, пуним дивљачи сваке врсте. Италијански хроничар Матија Вилани (Matteo Villani), описујући 1359. године рат угарског краља Лајоша I Анжујског (Anjou Lajos) против цара Уроша, помиње велике Рашке планине код Рудника, које «као природна шумска утврђења, чине да нико не може да ратује против Срба без великих губитака» (Стојановић, 1992).

Међутим, свега тридесет година касније пораз од османске војске на Косовом пољу означио је прекретницу у историјском развоју српског народа, утицавши на све сегменте живота, укључујући и еколошке. Србија је постала део Румелијског ејалета који су чинили сви европски поседи Османског царства. Међутим, овај период нема карактеристике агресивне експлоатације природних ресурса, попут европских колонијалних управа. Ако су Османске власти у Истанбулу и имале такве амбиције, историјске околности, прво ратна дејства, а затим и унутрашња економска питања и административни сукоби током XVII и XVIII века, спречили да се то догоди. (Вокс, 2017). Експлоатација шума не само да је била временски и просторно ограничена (Симеуновић, 1957), него је током османске власти, на територији Србије дошло до потпуног обнављања шумског покривача. Најзначајнији фактори који су утицали на то су:

- смањење броја становника
- начин пољопривредне производње
- географска издвојеност од главних трговачких путева

У Србији је после Турског освајања, уследио период вишевековног исељавања, који је окончан тек обновом српске државности. Талас сеоба започет је већ после Маричке битке, 1371. године, када су Турци заузели српске области јужно од Шар планине, а интензивирао се после Косовске битке 1389. године. Са сваким смањењем српске територије, односно пресељењем престонице (у Крушевац, 1371; Београд, 1405; Смедерево, 1428.) долазило је и до сеобе значајног дела становништва (Ђоровић, 1989). Вероватно је најзначајнији фактор био данак у крви (devşirme), обичај да сваке четврте године, као вид редовног



опорезивања, султанови изасланици одводе једну петину хришћанске деце старе између 6 и 9 година. Током два и по века трајања (1420 - 1676) данка у крви, ефекат је био исти као да је сваке четврте године долазило до нове миграције (Ђоровић, 1989). Током периода турске окупације, Србија се у више наврата налазила на линији фронта, у ратовима између Аустријског и Турског царства (1593-1606; 1663-64; 1683-99; 1716-18; 1736-39; 1788-1791). Сваки од ових ратова увлачио је у свој ковитлац незадовољно српско становништво, које је сањало о ослобођењу, и после сваког неуспеха, долазило је до нових иселовања, од којих је по обиму и историјским консеквенцама најзначајнија Велика сеоба Срба из 1690. године, током које је у Аустријску монархију пребегло, зависно од извора, између 40.000 и пола милиона људи, али је вероватно најближа истини бројка коју износи Иларион Руварац, од 70.000-80.000 људи (Гавриловић, 2013). Сеобе мањих група никада нису престајале, али је до следећег врхунца у њиховом интензитету дошло после пада Кочине крајине, током Аустријско-Турског рата 1788-91. Пре овог рата у Србији је било око 80.000 домаћинстава, да би после њега остало свега 20.000 (Halpern, 1999). Постоје подаци да је само током јуна 1788. у правцу Аустрије избегло око 50.000 људи (Недељковић et al. 2022). Велики делови Србије постали су пустаре, а тамо где је и било насеља, она су била мала и привремена (Радуловић et al. 2012).

Околности тешких животних услова и неизвесности су узроковале да се сточарство, које је још од Немањинског периода доминантан облик пољопривредне производње, сада јави и у оним областима које су до тог доба биле земљорадничке. Непримењивост читључког економског система на овај тип производње и мобилност сточара у односу на ратаре, везане за земљу, представљале су значајну предност (Цвијић, 1966). Иако Турци нису трпели гајење свиња, оно се несметано развијало у изолованим шумским подручјима, нарочито у Шумадији, где, због слободне доступности храстовог и буковог жира (буквица), није изискивало готово никаква улагања. Процењује се да је до краја XIX века, свако домаћинство у Шумадијском округу поседовало је између 20 и 200 свиња (Voko, 2017).

Земљорадња је била на изузетно примитивном нивоу. Османлијама се није исплатило да улажу у њен развој, јер нису имали могућност продаје пољопривредних производа. Трговцима је било тешко да профитабилно транспортују жито, индустријске усеве и дрвну грађу са овог подручја, јер је због њихове тежине копнени транспорт ових материјала био спор и скуп. Услед лошег квалитета путева и опасности које су вребале на њима, цена пшенице би се на сваких 100 километара пута удвостручила. Путописи Евлије Челебија с краја XVII века указују на опасности које су вребале на овом простору. За кретања путем Ниш-Београд, (који назива хајдучким гнездом), или околином Кочана, где „ни птица није могла да безбедно прође“, било је неопходно ангажовање додатних наоружаних људи, уз кретање обилазним путевима, и прављење чистине крчењем шуме (Челеби, 1967; Voko, 2017). Све ово је утицало да возарине 1787. године буду два пута веће од европских, што је узроковало нерентабилност робе и обесмислило организовање њене експлоатације и извоза. Транспорт воденим путем такође је био тежак и ризичан, јер Србија није била повезана рекама ни са Егејским ни са Јадранским морем, а на путу према Црном мору требало је проћи кроз Гвоздена врата - Ђердапску клисуру, која је, све до изградње ХЕ „Ђердап“ представљала један од најопаснијих пловних путева у Европи. Једино западно тржиште којем је роба са територије Србије имала приступ било је тржиште Хабзбуршке монархије, и то тек после Пожаревачког мира (1718. године). Дрво и дрвна грађа почеле су да се извозе пре свега крајем XVIII и почетком XIX века, а до значајнијег раста извоза

огревног дрвета је дошло тек у периоду Наполеонових ратова. Ипак, његов интензитет није био довољан да би пореметио еколошку равнотежу овог простора (Voko, 2017).

На основу расположивих података, добијамо слику слабо насељеног простора, прекривеног густом шумском вегетацијом, са развијеном сточарском производњом, на којем се сасвим мали проценат становништва бави ратарством. Сви ови фактори указују на занемарљив интензитет антропогене ерозије. Истраживања показују да гашење пољопривредних или рударских активности, у трајању дужем од двадесет година, углавном омогућава рефорестацију. Двадесет година раста на напуштеном пољопривредном земљишту или пашњаку је довољно да пионирске врсте попут храста лужњака (*Quercus robur*) или европске букве (*Fagus sylvatica*) достигну висину од најмање пет метара, што је висина дрвета која (према дефиницији ФАО) указује на трансформацију тог простора у шуму. (Voko, 2017).

Овакво стање потврђује и наредба кнеза Милоша из 1823. године, да се шуме на путу од Крагујевца до Београда и од Крагујевца према Смедереву, добро искрче и уравнију да би кола могла слободно да пролазе (Стојановић, 1992). Као и записи Тихомира Ђорђевића: „Ако бисмо замислили једну велику област, чијом се средином и северном границом простиру равнице неједнаке величине и која је даље од њих испуњена брежуљцима, бреговима и, не баш високим планинама, и сва покривена густим шумама, кроз коју гдешто ни пешак никуд проћи не може а то ли коњик, имали бисмо приближну слику Србије Кнеза Милоша“ (Ђорђевић, 1922).

Свега неколико деценија касније (1862), у извештају једног од начелника Министарства финансија о стању шума у београдском, ваљевском, шабачком и рудничком округу, биће написано: „Широм Србије...шуме има и нема... Издалека се може рећи да је цела земља прекривена шумама; а кад се уђе у шуму види се да праве шуме нема“ (Samardžić et al. 2017).

### 3.2. Промене у прекривености шумском вегетацијом по обнављању српске државности

Иако нема прецизних статистичких података о пошумљености Србије током XIX века, нити о томе када је озбиљно обешумљавање почело, постоје одређене процене, попут оне Косте Б. Ђорђевића, изнесене у тексту „Привреднички поглед на употребу шума“ објављеном 1882. године у часопису „Тежак“: „У нашој пак земљи, тек од пре двајестину година почела се у понеким крајевима јављати оскудица у дрвету за гориво и грађу, а од 1875. скоро по свим крајевима, који су удаљенији од великих планина, из узрока тога што се шуме сувише проређују и крче и онда где не би требало, где је земљиште лоше и чисто шумско“ (Симеуновић, 1957).

Поред тога што су се уништавале да би се помогло насељавање становништва и створио простор за оранице, шуме су уништаване и зарад ограда, огрева, сточне хране. Нарочито је период од стицања аутономије до ратова 1876-78, карактерисала интензивна сеча шума (Samardžić et al. 2017). Феликс Каниц, аустријски путописац, на својим путовањима по Србији шездесетих година XIX века сликовито је приметио да је у Србији „објављен рат“ шумама (Каниц, 1987).

Темпо уништавања био је брз. Већ 1852. године тврдило се да су се шумске површине за непуних двадесет година смањиле за половину, да би 1867. године шуме чиниле око 25 % површине Србије (Каниц, 1987; Palairret, 1997). Треба узети у обзир да су статистички подаци из овог периода веома несигурни. Године 1885 је процењено да је 19,79% Србије под шумама. Дванаест година касније (1897) тај проценат износио свега 9,96, да би 1903. године волшебно нарастао на 14,96%. Према Шумарству 1905. је износио 17,49%, а према Извештају о раду шумарског одељења из исте године, чак 31,04%! Савремени аутори се, углавном слажу да је почетком XX века, свега једна петина српске територије била под шумама (Краљ, 2019).

### 3.3. Основни узроци обешумљавања

Од фактора који су одлучујуће утицали на овакав степен обешумљавања, треба нарочито нагласити:

- одсуство свести о ограничениости ресурса
- демографски фактор
- промену начина пољопривредне производње
- лошу законску регулативу
- неповољне спољнополитичке прилике

#### 3.3.1. Одсуство свести о ограничениости ресурса

Један енглески путник кроз Србију друге половине XIX века пише одушевљено о густини храстових шума, истовремено запрепашћен огромним количинама дрва остављеним да труле поред пута. Он закључује: „Кад бисмо имали само сва ова бескорисна стабла у Енглеској!” (Halpern, 1999).

Овакво расипништво према природним богатствима може се објаснити како изолованошћу и слабом покретљивошћу народа који је увек био окружен шумама и имао утисак да је Србија сва под шумама и да је њено шумско богатство неисцрпно, тако и одсуством свести о негативним последицама обешумљавања. О образованости се у том периоду није могло говорити, јер је писменост била на тако ниском нивоу да Вук Караџић наводи како се почетком XIX века „на 1000 душа једва могао наћи један човек да зна помало читати”. Колико је описмењавање текло споро, може се видети на основу статистичког податка по којем је у Србији 1900. године било 76,97% неписмених, а на селу чак 84,99% неписмених. Такав народ се ослањао пре свега на обичаје и био је врло спор у њиховом мењању. Памтио је како је за време Турака могао слободно и неограничено да искоришћава шуме, али није схватао да тада до веће деградације није долазило само због малог броја становника, и да иста правила не могу да се примењују и на вишеструко насељенијем простору (Симеуновић, 1957).

#### 3.3.2. Демографски фактор

Први значајнији прилив становништва на овај простор, од пада српске средњовековне државе, догодио се после Аустријских успеха у рату против Турске 1716-18. године. Тада је дошло до великог досељавања народа из динарских предела, што ипак није

негативно утицало на еколошку равнотежу простора јер се истовремено велики број Турака иселио, али је променило демографску слику овог подручја и омогућило стварање важног људског ресурса неопходног за коначно ослобађање од турске власти (Ђоровић, 1989). После успешног устанка 1815. године, овакве миграције су се интензивирале, а свако следеће територијално увећавање Србије (1833, 1878. и 1912. године), пратило је досељавање хришћана из околних области Османског царства (Џвијић, 1966).

Процењује се да је непосредно после I устанка број становника Србије износио око 400.000. Према попису из 1820. године, тај број износио око 500.000 становника, док је попис из 1834. године, забележио 666.859 становника и густину насељености од свега 17,78 становника по 1 km<sup>2</sup> (Џвијетић, 1984). Са сваким територијалним проширењем, растао је и број становника, како због локалног становништва новоослобођених територија, тако и због досељавања становника из још увек окупираних подручја. У 1866. години Србија је имала 1,215.576 становника. Овај број се до 1900. године готово удвостручио (2,529.196 становника), а 1910. године је износио 2,922.058 становника. И поред тога што је у Србији просечан животни век износио свега око двадесет пет година (Palairret, 1997), од краја I устанка, до краја XIX века, становништво Србије се, што досељавањем, што високим природним прираштајем, увећало више од шест пута (Николић et al. 1992; Краљ, 2019). Стопа раста становништва у Србији је у периоду 1820-1910, била највећа на Балкану и износила је 1,55 % годишње (Николић et al. 1992; Palairret, 1997).

Табела 1: Број становника Краљевине Србије у периоду 1890-1910 (извор: Управа државне статистике, 1911)

Table 1 : Number of inhabitant of Serbia Kingdom in the period 1890 – 1910 ( source : Authority of State Statistics, 1911)

Година:	Број становника:
1890	2,185.450
1895	2,341.680
1900	2,529.200
1905	2,724.860
1910	2,922.060

Са повећањем броја становника, повећавала се и густина насељености. Она је у Србији 1801. године износила 3-4 становника по km<sup>2</sup>. Између 1820. и 1864. године, густина насељености се готово удвостручила (са 15,1 становника по km<sup>2</sup> на 29,4) (Palairret, 1997). Године 1900 износила је 52,36 становника по km<sup>2</sup> да би 1910. године износила чак 60 становника по km<sup>2</sup> (Дражић, 1992; Краљ, 2019). Притом је повећање броја становника било неуједначено. Највећи пораст се дешавао у селима, док је урбани раст био релативно мали (Halpern, 1999).

Број кућа у Србији се током XIX века повећао готово двадесет пута (са 21.651 на 416.074 куће). Густина њиховог распореда је порасла са једне куће на 2 km<sup>2</sup> на 8.6 куће по km<sup>2</sup>. Како су тада све куће грађене од дрвета (готово искључиво најквалитетније храстовине)

овакав раст је неминовно утицао на нестајање шума. Процењује се да је за изградњу једне сеоске куће било неопходно посећи 30 стабала. Поред грађевинског материјала, огромне количине дрвета коришћене су за огрев. Отворена огњишта и обичај да ватра у кући не сме да се угаси, учинили су да количина дрвета, коју су тада трошила домаћинства буде између 150 и 220 m<sup>3</sup> просторног дрвета годишње, што је за данашње појмове огромна потрошња. На основу броја кућа, можемо закључити да је 1801. године, само за потребе огрева утрошено најмање три милиона просторних метара дрва. Ова количина се сваке године повећавала, тако да је 1816. године трошено око девет милиона просторних метара, а 1841. године око двадесет милиона (Симеуновић, 1957; Стојановић, 1992; Николић et al. 1992).

Поред тога, демографски притисак је учинио неопходним ослобађање земљишног простора за пољопривредну производњу, а затим и за трговину, односно, зачетак индустријског развоја у другој половини XIX века. Како је крчење шума секирама захтевало много напора и времена, људи су зарад освајања пољопривредног земљишта често прибегавали њиховом спаљивању (Стојановић, 1992; Николић et al. 1992).

### 3.3.3. Промена начина пољопривредне производње

Према попису из 1886. године, чак 90% становништва се бавило пољопривредном производњом (Јевтић et al. 1992). Промена историјских околности учинила је да ратарство преузме примат. Простор неопходан за оранице освајао се у почетку заузимањем површина које нису биле под шумом, међутим, такве површине су нестале већ у првој половини XIX века, после чега се приступило крчењу шума. У почетку се највише крчило у долинама река, да би се затим прешло и на просторе који по својим карактеристикама нису били погодни за земљорадњу, што је значајно утицало на интензивирање обешумљавања (Краљ, 2019).

Иако је сточарство постало секундарна грана пољопривреде, и оно је значајно утицало на смањење шумског фонда, пре свега јесењим кресањем лисника зарад обезбеђивања сточне хране током зимских месеци. Овај процес остављао је огољена и ослабљена стабла на којима је у пролеће ницало сасвим мало лишћа, недовољно да би обезбедило адекватну исхрану биљака. Последично, дрво би слабило и најзад се сушило. Неминовно смањење шумских површина приморало је сточаре да постепено традицију шумске испаше (која је омогућавала бесплатно напасање животиња), замене држањем животиња у оборима преко целе године, уз исхрану кукурузом, који су сами производили (Palairret, 1997).

Степен развијености пољопривреде у техничком смислу био је веома низак. Оруђа која су земљорадници користили за обраду земље састојала су се од дрвеног (ређе гвозденог) плуга, лопате и пијука (Simonović et al. 2010). Није била позната примена ротације усева или угара. Најранији преглед угара је из 1897. године и показује да је био присутан на свега 3,3% обрадивих површина. Кукуруз, који је био најзаступљенији усева (1847. године заузимао је 55% ораница), гајен је на истом земљишту дуги низ година, континуирано, као монокултура, све док не би дошло до очигледног пада приноса. Чим би ратар приметно да се плодност њиве смањила, он би крчио и спаљивао део најближе шуме и претварао га у обрадиво земљиште. Раних седамдесетих година обрађено земљиште већ премашује укупне површине под шумом. Обрадиве површине и ливаде су 1867. године чиниле 15 % копнене површине Србије (Симеуновић, 1957), док је век касније (1965. године) око 62 % територије Србије било под ораницама (Palairret, 1997).

### 3.3.4. Лоша законска регулатива

У време формирања српских националних институција и доношења првих закона, док су ослободилачки ратови (1804-1817) још беснели, историјске околности утицале су да се држава повинује захтевима сељака за задржавањем обичаја наслеђеног из времена турске власти - правом слободне сече. Тако су се, првих година по ослобођењу, шуме сматрале општим добром, те су и званично назване „општенародне шуме”. Мештани сваког села могли су у свом атару без икаквих ограничења да секу шуме. Само ако би шуму желело да сече лице из другог села, морало је за то да добије дозволу Магистрата или Карађорђевог канцеларије, јер су током првих година постојања обновљене српске државе, све унутрашње и судске послове вршили Магистрати и Карађорђевог канцеларија, те је и брига о шумама потпала под њихову надлежност (Николић et al. 1992; Шашић et al. 1992).

Од свих регулатива које су се односиле на шуме, одредба по којој је земљиште припадало ономе ко би га искрчио, вероватно је најодлучније утицало на девастацију шума. Овом одредбом је започет период слободног заузимања земље и насељавања, који је трајао готово до средине XIX века (Цвијић, 1966; Николић et al. 1992; Palairret, 1997; Simonović et al. 2010). И староседеоци и досељеници могли су слободно да запоседну земљу коју су турски господари напустили. Нарочито су током прве три деценије XIX века уништаване шуме без икаквих ограничења и у врло великим размерама. Сечене су најквалитетније шуме и то углавном чистом сечом, у циљу крчења и добијања пољопривредног земљишта. Сачувано је сведочење како је Карађорђе још у пролеће 1808. године мобилисао 3.000 људи да раскрче шуме око Тополе не би ли ослободили простор за пашњаке и оранице (Симеуновић, 1957; Halpern, 1999).

Када су, доношењем Хатишерифа 1830. и 1833. године, створени услови за државно-правне реформе које би омогућиле стварање приватне земљишне својине, и коначни распад отоманског економског концепта, који је почивао на систему спахилука, аграрна политика по којој је сваки сељак имао право да заузме онолико обрадиве земље колико је могао да обради, онемогућила је формирање великих земљишних поседова, тако да је по преласку на примену римског права, ново законодавство представљало само озакоњење постојећег стања својине на малим земљишним поседима (Тодоровић, 2012; Самарџић, 2017).

Међутим, принцип приватног власништва признат је само обрадивом земљишту, док су шуме остале опште добро. Замисао да се „ничије” шуме временом трансформишу у државне, комуналне или приватне шуме, је по доношењу Сретењског устава 1835. године пропала. Тада је, да би ублажио народно незадовољство због пореског терета који је значајно повећан доношењем новог Устава, кнез Милош уступио народу на потпуно и неограничено коришћење све шуме у Србији и прогласио их општенародним добром (Јовановић, 1991). У самом Сретењском уставу, члану 129. посвећеном шумама, писало је да „и сеоске горе и шуме досадашњи алија јесу општенародно добро, сав народ има уживати их...” (Николић et al. 1992; Јовић et al. 1992). Исти тренд је настављен и у закону из 1845. године у којем се експлицитно налаже да се „природна шума не може приватизовати” (Palairret, 1997).

Законима из 1857. и 1861. године, држава је одговорила на демографски притисаки и трансформацију начина пољопривредне производње из сточарске у ратарску. Њихове

одредбе легитимисале су постојећи тренд крчења шума стварањем законодавног оквира. (Samardžić et al. 2017).

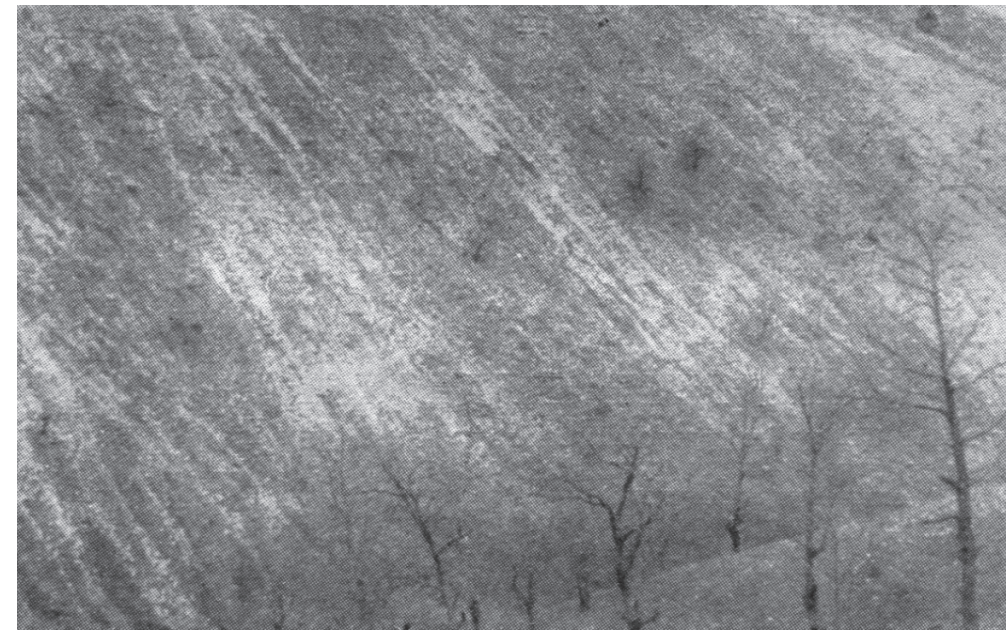
Право својине и сече шуме постало је вруће политичко питање, које нико није желео да потезе. Сваки законски акт о шумама је у народу доживљаван као атак на слободу и традицију и као покушај државе да одузме нешто што су и турци толерисали - слободно располагање шумама. Овакви сентименти су коришћени у међустраничким и међудинастичким обрачунама, и одлучујуће утицали да се и оно мало непотпуних правних прописа, на терену не бране и не примењују. Без економске и моралне подршке, без теренских органа који би контролисали њихово спровођење, ови покушаји су били осуђени на пропаст (Симеуновић, 1957). Један од примера је уредба о сечењу шума донета 22. јула 1839. године, непун два месеца након абдикације кнеза Милоша Обреновића. Та уредба није предвиђала никакво ограничење ни у погледу броја ни врсте стабала која су се могла посећи, док се дозвола за сечу могла добити за свега један грош. На овај начин је сељацима омогућена неконтролисана сеча и слободно ширење граница њихових имања. Разлог оваквог популизма лежао је у покушају пацификације народа пред прво рушење династије Обреновића, које су Уставобранитељи увелико припремали (Станковић, 2012).

Значај питања слободне сече у политичком животу Србије је потврђен када је доношење правилника о озбиљнијем тарифирању систематске сече, 1857. године, толико утицао на непопуларност кнеза Александра Карађорђевића, да је значајно допринео његовом паду са власти две године касније. Једна од првих одлука које је Милош Обреновић донео по повратку у Србију било је укидање ове мере. (Palairret, 1997).

Све до 1890. године Министарство војно је за своје потребе имало право на сечу без накнаде таксе. Осим војске ову привилегију су, према рударском закону из 1866. имали су и рудници. Они су имали право да у рударском простору у државним шумама дрво секу бесплатно. А ако таквих шума у рударском простору није било, рудници су имали право да дрво секу у удаљенијим шумама. Те повластице су остале недирнуте и после измене Рударског закона 1891. године (Николић et al. 1992; Алексов et al. 1992).

Још у Немањинској Србији шума се делила на родну и неродну гору, при чему су родну гору чиниле жирородне врсте чија је сеча била ограничена, док су неродну гору чинили четинари. И у обновљеној српској држави је та подела остала на снази. Тако се Уредбом о сечењу горе из 1839. године прописује да се родна гора сме сећи само за грађу (јапију) тек пошто се добије дозвола. Међутим, четинарске врсте су остале потпуно незаштићене, и као такве биле су десетковане, пре свега зарад производње катрана и луче. Интензитет девастације се може сагледати на основу податка да је у периоду 1862-75, у Аустроугарску, Турску и Румунију извезено укупно 220.343 ока катрана (једна ока износи 1,28 кг) (Николић et al. 1992). Ова, потпуна незаштићеност утицала је да се током XIX века површина четинарских шума смањи готово за половину. Треба додати да ни жирородна гора овим прописима није сачувана. Напротив, храстови су највише уништавани. Простирани су се најприступачнијим, равничарским теренима и тако се нашли први на удару приликом ослобађања простора за пољопривредно земљиште. Осим што их је висок квалитет чинио најинтересантнијим дрветом за стране трговце, у Србији је био обичај да се све гради искључиво од храстовине, укључујући и ограде, покућство и алате (Симеуновић, 1957).

Сиромашан народ је страним купцима продавао најквалитетније дрво, секавши га немиле и без идеје о било каквој одрживости. При том су некомерцијални делови спаљивани а у сечишта пуштана на испашу стока која је брстила преостали подмладак, онемогућавајући обнову шуме. Тако су се формирали пашњаци, који су временом постајали све сиромашнији, да би се на крају трансформисали у голети (Дражић, 1992).



Слика 1. Ерозија на серпентиниту на месту уништене мешовите шуме храстова на Гочу (извор: Научне основе борбе против ерозије, 1955)

Figure 1. Soil erosion on serpentine on locality of deforestation of oak forest on mountain Goč (source: Scientific base of erosion control, 1955)

Значајан утицај на уништавање шума имале су и повластице које је, у циљу развоја капиталистичке привреде, предвидео закон из 1899. године. По њему, сви домаћи предузетници који би покренули некакав обимнији посао, добијали су грађу из државних шума по повољној такси, како за грађење предузећа тако и као сировину за израду (Симеуновић, 1957).

Бурни политички догађаји, нестабилност државне администрације и читавог система владавине у другој половини прошлог века утицала је на непримењивање донесених закона. За непуних педесет година на челу државе променила су се четири владоца, два намесништва, извршене су три уставне промене, неколико државних удара, једна буна у земљи и три рата, од којих је у једном Србија била побеђена (Симеуновић, 1957).

### 3.3.5. Неповољне спољнополитичке прилике

Победа у два рата са Турском, 1876-78, који су Србији донели територијална проширења на југу и истоку, услед сложене спољно политичке ситуације, донели су Србији на мировним

конференцијама велике економске, а испоставиће се и еколошке губитке. Русија је тада подржавала стварање велике Бугарске и одбијала је да потврди српска територијална проширења Сан-Стефанским миром. Како је постојала опасност да изгуби Пирот, Врање, па чак и Ниш, Србија је морала да се окрене Аустро-Угарској за подршку. Њена потпора на Берлинском конгресу 1878 године, Србији је донела територијално увећање и међународно признату независност, али је ту подршку Србија платила неповољним трговинским уговорима и обавезом да ће у року од три године самостално изградити железничку пругу која ће повезати Отоманске и Аустројске железнице:

„Србија се обавезује да у року најдаље од три године сагради железницу, која ће имати да пролази кроз целу територију књажевине, од Београда, тачке за свезу са угарском железничком мрежом, па до Ниша, тачке за свезу са линијама Цариград-Дедеагач и Солун-Митровица. Експлоатација свију ових линија биће једнообразна (uniforme) и дотична правила (règlements) морају се слагати (concorde) са онима која су у важности на старој Румелијској мрежи. У Бечу, где је седиште друштва за оријенталне железнице установиће се комисија, састављена од изасланика Аустроугарске, Турске, Србије и Бугарске, која ће надзиравати и управљати, у име до тичних држава, и у границама своје надлежности, експлоатацијом свију тих линија” (Ђорђевић, 1890).

Овакав споразум који је економски неразвијена Србија, исцрпљена трогодишњим ратовањем, под притиском страних сила, потписала, толико је утицала на девастацију шумских ресурса, да слободно можемо рећи да је Србија својим шумама платила независност. Током 30 година изградње, само на железничке прагове утрошено је око 1,5 милиона m<sup>3</sup> дрвета (Николић et al. 1992). Осим тога, изградње железница и путева у овом периоду олакшала је извоз дрвета и тако значајни утицала на развој трговине овим ресурсом. Шуме су се масовно секле, наводно, за сопствене потребе, док је дрво било препродавано и извозено. Само у току једне године (1886/87) званичан број нелегално исечених стабала био је 32.320. С обзиром да је вероватно тек сваки трећи или пети горосечац бивао ухваћен, процењује се да је ова бројка 3-5 пута већа (Симеуновић, 1957).

Како је дрво за железничке прагове често сечено на обронцима падина у највећој близини пруге, већ са првим падавинама започињао је процес ерозије који ће ускоро формирати бујичне токове чија ће активност из године у годину ометати железнички транспорт, чинити материјалне штете, односити људске животе и на тај начин приморати државу да реагује. Управо ће непрестани прекиди железничког саобраћаја одлучујуће утицати на развој противерозионих радова и касније формирање противерозионих система.

#### 3.4. Последице обешумљавања

Обимна и нерационална експлоатација шума током прве половине XIX била је резултат потпуног одсуства свести о ограничениости ресурса и последицама нестајања шума. Тек по испољавању тих последица дошло је до разумевања значаја шума и опасности обешумљавања (Симеуновић, 1957). Већ средином XIX века, ефекте деградације земљишног простора више није било могуће игнорисати (Дражић, 1992).

Последице и учесталост њиховог јављања, као и обим штета које су чиниле, изазвале су

реакцију државе, прво кроз развој законске регулативе, а затим и формирање школованог шумарског кадра чији ће рад утабати пут за извођење првих организованих ПЕР радова почетком XX века.

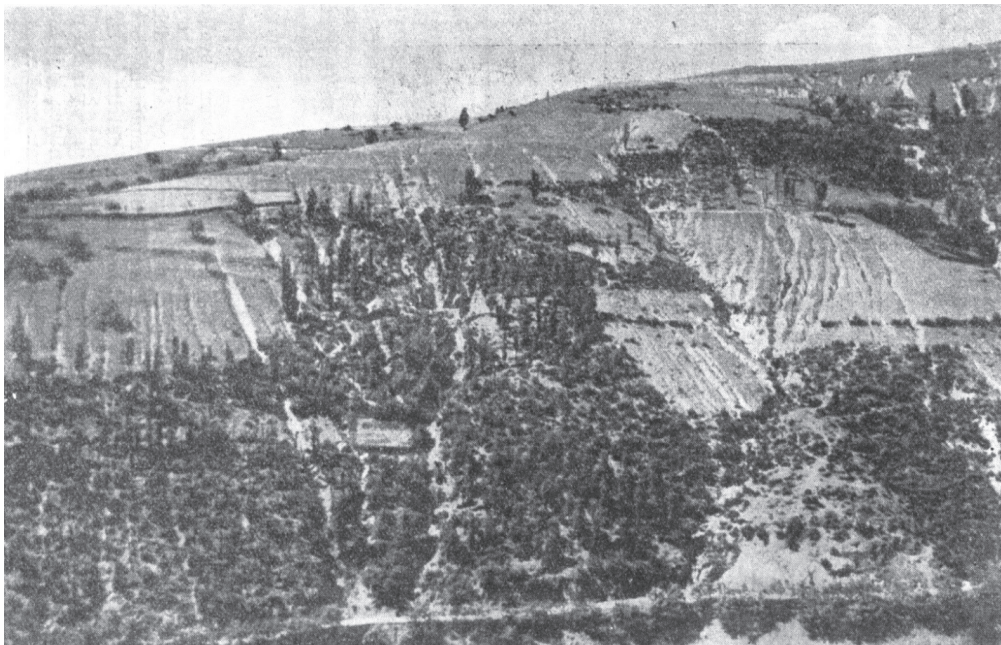
Појава ерозије је уочена у свим обешумљеним областима Србије. У Ужичком округу су 1849. године пролећне поплаве однеле више од сто јутара ораница. У извештају Министарства финансија из 1862. године, указује се на све очигледнији проблем крчења планинских падина и могућих катастрофалних дугорочних последица. Деспотовачка клисура је описана као „потпуно каменита, тако да се не види ништа осим стена, а тек ту и тамо виде се пуста брвна као тужно подсећање да је овај крај некада цветао на исти начин на који се сада претвара у савршену пустињу”. Панчић најугроженијим тачкама Србије проглашава делове Рудничког, Чачанског, Ужичког, Јагодинског, Књажевачког и Крајинског округа. Он пише да су „ови стеновити терени толико девастирани и лишени сваке корисне флоре, да се људи који ту живе суочавају са највећом оскудицом пашњака и потребних шумских производа” (Панчић, 1893). Инерција уништавања је ипак превелика да би се оно правремено зауставило. У многим крајевима Србије обешумљавање достиже врхунац 80-их година XIX века, иако је становништво већ увелико било свесно негативних ефеката које је доносила.

Планински региони постали су бујична подручја, а њихово становништво је могло да рачуна на нове бујичне поплаве сваког пролећа и јесени. И велике реке су, под утицајем бројних активираних бујичних токова плавиле чешће него раније. Памте се поплаве из 1840, 1864, 1869, 1871, 1874. и 1896. године (Симеуновић, 1957; Јевтић et al. 1992; Samardžić et al. 2017).

Пошто је обишао пострададе од поплаве Мораве, 1864. године, кнез Михаило је на отварању прве седнице Народне скупштине кнежевине Србије у Крагујевцу, поред осталог рекао:

„Наше шуме које су наш капитал, извор богатства земље немилице се сатиру. Радујем се када сам у средину народа ове лепе земље, али ме за свагда тугом испуњава опустошавања која се чине са шумама... Немојте рећи да опустошене шуме нису велики узрок што ове године имамо толико страдалника од поплава. Потомство ће нас клети ако се не побринемо да сачувамо шуме, наше богатство” (Дражић, 1992; Јевтић et al. 1992).

Јосиф Панчић је први указао на тешке поремећаје еколошке равнотеже пре свега на серпентинским подлогама голих стрмих падина. Он први код нас примећује „разлике између шума на брду или у равници, између шума у присоју и у осоју, између шума на доброј и каменитој земљи” (Дражић, 1992). Такође, у свом опису пута по Србији са лицејцима 1859. године, први помиње голети: „Стрмените стране ових река су, једанпут шуме лишене, лишиле се сваког биљнораста, који у сјени шума буја и преобразиле су се у голети по којима је органски живот изумро”. Он указује на опасности од „виловитих потока” односно, бујичних поплава које прете оваквим пределима: „Напротив ћеду Ивањици бујне кише често оправљати велике незгоде, јер су стране особито југозападне врло стрмените, пак ако се не буде по тим странама боље чувала шума, но што се сад чува, оне ћеду се скорим сваког биљног уреса лишити: и, кромје тога што ћеду жалостан изглед имати, излагати ћеду подложну долину дејству сваке напрасите кише” (Петровић, 1955; Симеуновић, 1957).



Слика 2. Појава ерозије после уништавања шуме у Корбевачкој реци, почетак XX века (фото: Ф. Рајнер)

Figure 2. Soil erosion after deforestation on the slope of Korbevačka reka river, at beginning of XX century (Photo : F. Rayner)

Приликом затварања првог излога земаљских производа (што је био еквивалент данашњем Сајму пољопривреде) 4. октобра 1870. године у Крагујевцу, Јосиф Панчић је прочитао свој рад „Нешто о нашим шумама” који је исте године штампала Државна штампарија у Крагујевцу, а 1893. године објавила Српска књижевна задруга у збирци Панчићевих текстова „Из природе”. У овом раду, Панчић указује на важност коју шуме имају за опште здравље, као и улогу коју имају у прочишћавању ваздуха и заштиту од ветрова, али је са становишта противерозионе заштите најзначајнији следећи део:

„Не мање важна је она корист, што нас шуме чувају од поплаве. Вода која кишом на шумовити предео пада, задржава се већим делом на лишћу, гранама и стаблу од дрвећа и на оној маховини или другим биљкама, којима је у шуми земља обрасла, а безбројне цевчице на површини свеколиког тог райфа упијају уз ту воду и друге свакојаке ствари и обраћају све то или на своје органичке потребе- да расту, док се она по закону теже полако кроз земне слојеве не провере, и ту као већи или мањи извор на видик не изађе... А шта бива са водом, која из облака пада на камен или на голу земљу? Она тече, ничим не задржана, обично врло великом брзином низ брдске стране руши све што јој се на путу нађе и сноси лом и камење у нижа, питомија места. Тешко стаду или селу, које се таковој бујици на путу задеси, неизбежне су јој последице смрт и пустош. ... Још су нам шуме од превелике користи тим, што усмеравају жегу и цичу и што од њих зависи распоређење влаге на земљи. Крајеви, где има много шума, обично су хладнији од оних што су голи. Наша Србија бива све топлија, чим се више шуме крче... Где су шуме и гола места сразмерно подељена, ту

влада она температура која је ком појасу природна. Гола се земља брже и јаче загреје од сунчане топлоте. Нема тога који не увиђа, да се у густом хладу шума скупља вода у изворе, потоке и речице, и да шуме задржавају силу ветрова и бујица” (Панчић, 1893).

Анта Алексић, тадашњи официр српске војске, а каснији члан Српског ученог друштва и пионир наше хидрологије, описао је ову катастрофалну поплаву из 1864. године:

„Гора је посечена, бусен опрат, пак низ крш вода нагло јури у поток и отуд поплава произилази. Бујична вода после тога тече преко њива и ливада, кроз забране и села, куће руши, грмове обара и из корена чупа, пак собом носи, кладе из далека довлачи, друмове раскопава, стоку, људе и све, што на свом путу сретне, прикупља у своје наручје, да све разори, да све животе лиши” (Алексић, 1876; Јевтић et al. 1992).

Он је предлагао извођење следећих радова у главном току и притокама Велике Мораве:

- изградња напера којима би се давао правац току и браниле обале;
- уклањање свих препона из корита (око 2000 клада);
- изградња насипа и обезбеђивање обала каменом итд (Алексић, 1876; Јевтић et al. 1992).

Ти радови су чекали нека друга времена, али остаје чињеница да су се у овом периоду на свест о деградацији надовезале и идеје о томе како проблеме деградације решити. Доста рано је уочен утицај ерозије на појаву бујица и бујичних поплава, као и значај који шуме имају за све водне токове. Никола Стаменковић је 1897. године у пољопривредном листу „Тежак” објавио чланак „Спречавање наглих поплава” који показује велико разумевање механизма водне ерозије и формирања бујичних токова. У чланку је закључено да је шума најбоље средство за регулисање отицања воде, јер она „услед шушња у њој и услед жила дрвећа, чува да киша земљу не разрива, већ је држи у вези, а тиме се избегава затрпавање река у равници” (Јевтић et al. 1992).

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Друштвено-економски и политички фактори су одувек имали значајан утицај на стање животне средине. У време османске окупације, они су изазвали смањење броја становника, одржавање сточарства као доминантног типа пољопривредне производње, као и немогућност локалне управе да организује експлоатацију природних ресурса, што је утицало на обнављање и конзервацију шумског земљишта и одржавање ерозионих процеса на нивоу блиског геолошкој ерозији. На територији Србије, XVIII век вероватно представља зенит покривености шумском вегетацијом. Ово показује да историјске околности које негативно утичу на квалитет живота становништва, изазивањем демографске имплозије и одсуства антропогених активности, имају позитивну конзервациону улогу.

Међутим, када постоји оптималан или појачан демографски притисак, неопходно је да држава доноси адекватне мере и планове не би ли антропогене активности усмерила и кориговала тако да оне буду еколошки одрживе. По ослобођењу од турске власти, са променом друштвено-економских и политичких фактора, у Србији долази до демографске експлозије, као и доминације ратарске производње у односу на сточарску. Међутим, власти не реагују на адекватан начин него доносе низ популистичких закона и мера, које угађају обичајном праву сељака и пропуштају да законски регулишу власништво над

шумама, остављајући доношење Закона о шумама за повољнији политички тренутак, који никада није дошао, јер је нестабилна политичка ситуација, испуњена династичким борбама и периодичним ратовима, трајала до краја XIX и наставила се током XX века. До првих реакција државе на обешумљавање дошло је тек када су се деградациони процеси и бујичне поплаве толико интензивирали, да их више није било могуће игнорисати. Први организовани противерозиони радови у Србији изведени су 1907. године, и успркос више од 100 година противерозионог деловања, ми се и данас боримо са бујичним токовима који су активирани током првих деценија обновљене српске државе.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алексић, А. (1876): Морава, њено садашње стање и могућност пловидбе. Гласник Српског ученог друштва.
- Алексов, И., Рецић, А., Вукићевић, М., Нешић, М. (1992): Развој прераде дрвета. (ур. Сретен Николић, Ана Тонић) Шумарство и прерада дрвета у Србији кроз векове, Савез инжењера и техничара шумарства и индустрије за прераду дрвета Србије, Београд.
- Гавриловић, В. (2013): Велика сеоба Срба као миграциони талас у време Великог бечког рата. Истраживања, *Journal of Historical Researches*, (24), pp.167-177.
- Дражић, М. (1992): Пошумљавање у Србији. (ур. Сретен Николић, Ана Тонић) Шумарство и прерада дрвета у Србији кроз векове, Савез инжењера и техничара шумарства и индустрије за прераду дрвета Србије, Београд.
- Текић, Р. (1955): Ерозија земљишта у Србији као економско-социјални проблем. Научне основе борбе против ерозије. Прво саветовање. Коларчев народни универзитет, издавачко одељење, Београд, стр. 63-96.
- Ђорђевић, В. (1890): Србија на Берлинском конгресу. Штампарија Краљевине Србије, Београд.
- Ђорђевић, Т. (1922): Из Србије кнеза Милоша. Геца Кон. Београд.
- Јевтић, Љ., Костадинов, С., Златић, М., Вучићевић, Д., Милојевић, В. (1992): Уређење бујица и заштита од ерозије (ур. Сретен Николић, Ана Тонић) Шумарство и прерада дрвета у Србији кроз векове, Савез инжењера и техничара шумарства и индустрије за прераду дрвета Србије, Београд.
- Јовановић, С. (1991): Кнез Милош и сељачко питање. Из историје српске историје и књижевности I. Сабрана дела Слободана Јовановића, књ.11. БИГЗ, Југославијапублик, СКЗ. Београд.
- Јовић, Д., Медаревић, М. (1992): Уређивање шума. (ур. Сретен Николић, Ана Тонић) Шумарство и прерада дрвета у Србији кроз векове, Савез инжењера и техничара шумарства и индустрије за прераду дрвета Србије, Београд.
- Калаји, Б. (1882): Историја Српскога народа. Књијар издавач Петар Ђурчић, Штампано у државној штампарији, Београд.
- Каниц, Ф. (1987): Србија, земља и становништво, Српска књижевна задруга, Београд.
- Краљ, М. (2019): О последицама дефорестације у другој половини XIX века. Зборник за историју Матице српске, Нови Сад, стр. 43-55.
- Недељковић, С.Д., Ђорђевић, М.З., Поповић, А.М. (2022): Источно питање и фактори интеграције српског народа у периоду од 1774. до 1807. године. *Лесковачки зборник*, 62, стр.73-90.
- Николић, Д., Ракочевић, В. (1992): Законодавство у области шумарства. (ур. Сретен Николић, Ана Тонић) Шумарство и прерада дрвета у Србији кроз векове, Савез инжењера и

техничара шумарства и индустрије за прераду дрвета Србије, Београд.

- Панчић, Ј. (1893): Из природе. Српска књијвна задруга, Београд
- Петровић, Д. (1955): Распрострањеност бујица и ерозије у Н.Р. Србији. Научне основе борбе против ерозије. Прво саветовање. Коларчев народни универзитет, издавачко одељење, Београд, стр. 281-288.
- Радуловић, С., Бобић, А., Секулић, М., Бобинац, М. (2012): Утицај историјских и политичких промена на развој насеља у два посавска предела од 18. века до данас. *Социологоја и простор*, 50, 192 (1), стр. 109-128.
- Симеуновић, Д. (1957): Узроци нестајања шума у Србији у XIX веку. Задружне књиге, Београд
- Станковић, У. (2012): Доношење и садржина Уредбе о шумама од 1857. године. Зборник радова Правног факултета у Новом Саду, 3/2012, стр. 401-414.
- Стојановић, Љ., 1992. Развој праксе и теорије гајења шума. (ур. Сретен Николић, Ана Тонић) Шумарство и прерада дрвета у Србији кроз векове, Савез инжењера и техничара шумарства и индустрије за прераду дрвета Србије, Београд.
- Тодоровић, М. (2012): Хатишерифи из 1830. и 1833. године и земљишна својина у Србији. Зборник радова Правног факултета у Нишу, 62(62), стр.463-478.
- Ђоровић, В. (1989): Историја Срба, БИГЗ, Београд.
- Управа државне статистике (1911): Претходни резултати пописа становништва и домаће стоке у Краљевини Србији 31. децембра 1910. године. Издање Управе државне статистике, Београд.
- Цвијић, Ј. (1966): Балканскополуострво и јужнословенске земље. Основни антропогеографије, књ. 2., Завод за уџбенике СР Србије, Београд.
- Цвијетић, Л. (1984): Попис становништва и имовине у Србији 1834. године. Мешовита грађа, књ. 13. Историјски институт, Београд
- Челеби, Е. (1967): Путопис: одломци о југословенским земљама. Свјетлост, Сарајево.
- Шаркић, С. (2014): Може ли се говорити о заштити животне средине у средњовековној Србији? Зборник радова Правног факултета, Нови Сад. vol. XLVIII, br. 1, str. 45-52
- Шашић, М., Нонић, Д. (1992): Организација шумарства (ур. Сретен Николић, Ана Тонић) Шумарство и прерада дрвета у Србији кроз векове, Савез инжењера и техничара шумарства и индустрије за прераду дрвета Србије, Београд.

\*\*\*

- Boko, D. (2017): *Early Modern Reforestation: The Case of the Ottoman Western Balkans*. Simon Fraser University, British Columbia, Canada.
- Halpern J.M. (1999): *The ecological transformation of resettled area, pig herders to settled farmers in Central Serbia (Šumadija, Yugoslavia)* (Ed. Bartosewicz, L, Greefield, H.J.) *Transhumant Pastoralism in Southern Europe*. Archeoligua, Budapest.
- Palairat, M. (1997): *The Balkan economies c. 1800-1914*. Cambridge University Press
- Samardžić, M. (2017): *Agricultural Land Optimum in Serbia in the 19<sup>th</sup> Century*. *Istraživanja. Journal of Historical Researches*, 28 (2017), pp. 105-117.
- Samardžić, M., Bešlin, M. (2017): *Deforestation of the Principality of Serbia, 1830-1878: Overview*. *Geographica Pannonica*, Vol.21. Issue 1, 1-8.
- Simonović, Z., Simonović, D. (2010): *A Review of Agricultural policy of Serbia in the period of First Serbian Uprising to World War II (1804-1941)*, *Economics and Organisation*, vol.7, No.4, pp.469-46.

## 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).





