

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

48. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda

VODA 2019

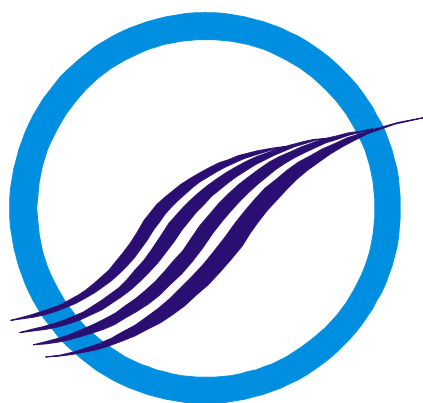
The 48th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society

WATER 2019

Conference Proceedings



Zlatibor, 4. – 6. jun 2019.



www.sdzv.org.rs

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY

II

IZDAVAČ (PUBLISHER):

Srpsko društvo za zaštitu voda, Kneza Miloša 9/1, Beograd, Srbija,
Tel/Faks: (011) 32 31 630

PROGRAMSKI ODBOR (PROGRAMME COMMITTEE):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem., Novi Sad
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol., Budimšešta-Mađarska
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ., Sofija-Bugarska
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol., Skoplje-R.Makedonija
Prof. Dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ, Podgorica-Crna Gora
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem., Beograd
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd
Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd
Dr Aleksandar JOKSIMOVIĆ, dipl.biol., Kotor-Crna Gora
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd
Dr Božica VASILJEVIĆ, dipl.biol., Beograd

UREDNIK (EDITOR):

Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ.

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.

TIRAŽ (CIRCULATION):

250 primeraka

ŠTAMPA:

"Akademska izdanja", Zemun, 2019

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502.51(082) 556.11(082) 628.3(082) 628.1(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (48; 2019 ; Златибор)
Voda 2019 = Water 2019 : zbornik radova 48. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda, Zlatibor, 4. - 6. jun 2019.= Conference Proceedings 48th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society / [organizatori] Srpsko društvo za zaštitu voda u saradnji sa Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd [i JKP "Vodovod Zlatibor", Čajetina] ; [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu voda, 2019 (Zemun : Akademska izdanja). - X, [367] str. : Ilustr. ; 25 cm
Tekst ćir. i lat. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 250. - Str. X: Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-916753-5-6

1. Српско друштво за заштиту вода (Београд) 2. Институт за водопривреду "Јарослав Черни" (Београд) 3. ЈКП Водовод Златибор (Чајетина)
а) Воде - Зборници б) Отпадне воде - Зборници с) Снабдевање водом - Зборници
COBISS.SR-ID 276709644

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

u saradnji sa

Institutom za vodoprivredu "JAROSLAV ČERNI", Beograd

uz podršku

Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

ZBORNİK RADOVA

48. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM TEMAMA
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA

VODA 2019

*48TH ANNUAL CONFERENCE OF THE
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY
"WATER 2019"
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Zlatibor, 4. - 6. jun 2019.

IV

ORGANIZATORI KONFERENCIJE (*CONFERENCE ORGANISERS*):

Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd), u saradnji sa
Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi" (Beograd) i
JKP "Vodovod Zlatibor", Čajetina

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (*ORGANIZING COMMITTEE*):

KOPREDSIEDNICI: Rade JOVANOVIĆ, dipl.inž.el., Čajetina
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd

SEKRETAR: Milena MILORADOV, SDZV, Beograd

ČLANOVI:

Dušan DOBRIČIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Dr Nebojša VELJKOVIĆ, dipl.inž.gradj., Beograd
Goran PUZOVIĆ, dipl.inž., Beograd
Slavko VRNDŽIĆ, dipl.inž.građ., Novi Sad
Milutin IGNJATOVIĆ, dipl.inž., Beograd
Mr Dragan ĐORĐEVIĆ, dipl.ecc, Beograd
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd
Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ. Beograd
Dušan KOSTIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Mileta RADIŠIĆ, dipl.inž., Čajetina
Dušanka ŽILOVIĆ, dipl.inž.građ., Čajetina
Marija VILOTIJEVIĆ, dipl.inž.tehn. Čajetina
Zoran JEČMENICA, dipl.inž., Čajetina
Dragan MAKSIMOVIĆ, dipl.inž.građ., Kladovo
Dragoljub KOSTIĆ, dipl.inž.el., Užice
Mr Olivera DOKLESTIĆ, dipl.inž.građ., H. Novi, Crna Gora
Dr Mirko ĐUROVIĆ, dipl.biol., Dobrota, Kotor, Crna Gora
Zdravko MRKONJA, dipl.hem., Trebinje, R.Srpska-BiH
Duško VUJOVIĆ, dipl.inž.građ., Trebinje, R.Srpska-BiH
Sanja ČUČKOVIĆ, Trebinje, R.Srpska-BiH
Dr Milenko SAVIĆ, dipl.inž.tehn. Bijeljina, R.Srpska-BiH

ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (*SPONSORED BY*):

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
- Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine Republike Srbije, Republička direkcija za vode

Slika na koricama: Ribnička akumulacija na Zlatiboru

SADRŽAJ

CONTENTS

1. TEMATSKA GRUPA: VODOPRIVREDNI, EKOLOŠKI, I ORGANIZACIONI ASPEKTI KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA

1.	S. Prohaska, P. Pekarova, A. Ilić (Beograd, Bratislava-Slovačka, Niš) ISTORIJSKE POPLAVE DUŽ DUNAVA SA ASPEKTA KLIMATSKIH PROMENA	1
2.	Momir Paunović, Petar Smiljanić Nikola Marinković, Jelena Čanak Atlagić, Stefan Andus, Jelena Đuknić, Nataša Popović, Maja Raković (Beograd) NOVI KONCEPT ZAJEDNIČKIH ISTRAŽIVANJA REKE DUNAV – JDS4 PRISTUP	3
3.	Z. Srdjević, P. Benka, B. Srdjević, T. Savić Šljivić (Novi Sad, Beograd) NOVI PRISTUP SMANJENJU RIZIKA I UTICAJA SUŠE U REGIONU DUNAVA: PROJEKAT DRIDANUBE	5
4.	M. Tomić, M. Milanović, D. Radojičić, M. Marjanović, B. Ilić, S. Vukašinović (Lazarevac, Beograd) PRAĆENJE I ANALIZA DUGOROČNIH PROMENA MORFOLOGIJE POVRŠINSKIH VODA KAO POSLEDICE POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE LIGNITA	11
5.	S. Čučković, M. Kalajdžić, B. Milišić (Trebince - R.Srpska – BiH) PRIMER DOBRE PRAKSE UNAPREDJENJA SISTEMA HIDROELEKTRANA TREBINJE 1 i TREBINJE 2 U CILJU ZAŠTITE POVRŠINSKIH VODA OD POTENCIJALNIH ZAGADJENJA NASTALIH U TOKU RADA POSTROJENJA	21
6.	Z. Bijelić, D. Pavlović, B. Milanović (Novi Sad, Čačak) MODEL UPRAVLJANJA ENERGIJOM I EKOLOGIJOM NA BAZI ZNANJA O RAZVOJNIM PROMENAMA.....	29
7.	B. Milišić, S. Čučković, M. Kalajdžić (Trebince – R.Srpska – BiH) IMPLEMENTACIJA SOFTVERSKJE APLIKACIJE HYDRAS 3 U CILJU PRAĆENJA PODATAKA SA AUTOMATSKIH STANICA NA SLIVU RIJEKE TREBIŠNJICE	37
8.	B. Batinić, D. Pavlović, A. Randjelović (Beograd) VELIKE VODE I HIDROTEHNIČKA BEZBEDNOST ISPUNJENIH JALoviŠTA	45
9.	S. Prohaska, P. Marjanović, J. Nikolić (Beograd) METODOLOGIJA ZA OPTIMIZACIJU BROJA PROTIVGRADNIH RAKETA NA LANSIRANE STANICE U SISTEMU ZA ODBRANU OD GRADA NA TERITORIJI REPUBLIKE SRBIJE	51
10.	O. Doklestić, M. Stojanović, D. Vlatković (Herceg Novi - Crna Gora) UPRAVLJANJE VODOVODNIM SISTEMOM – ASPEKT BRZINA I KVALITET POPRAVKI	61
11.	B. Ristanović, B. Miljanović, M. Cimbalević, Đ. Miljković, M. Živković, A. Popović (Novi Sad, Šid) TEHNIČKO-HIDROLOŠKI OBJEKTI ZA ZAŠTITU BUJIČNIH POPLAVA U SLIVU LIKODRE – RADJEVINA /ZAPADNA SRBIJA/	69

VELIKE VODE I HIDROTEHNIČKA BEZBEDNOST ISPUNJENIH JALOVIŠTA

Božidar Batinić, Dragutin Pavlović, Anja Randelović

Univerzitet u Beogradu - Građevinski fakultet, Bul.kralja Aleksandra 73, Beograd
dpavlovic@grf.bg.ac.rs, arandjelovic@grf.bg.ac.rs

REZIME

Po prestanku rada rudnika treba rešiti pitanja bezbednosti jalovišta, posmatrano sa više aspekata. Brojni ekološki incidenti u nedavnoj prošlosti rezultat su oštećenja brana jalovišta usled nekontrolisanog prolaska poplavnih talasa. Ako se voda evakuše šahtnim prelivom, realne propusne moći manje od protoka poplavnih talasa, treba nadvisiti branu. Dobija se dodatna zapremina za prijem talasa, uz produženo vreme za pražnjenje vode iz akumulacije. Povećanje evakuacionog kapaciteta moguće je izgradnjom dodatnog slobodnog preliva prilagođenog koti krune nadvišene brane. U ovom radu prikazana je primena ovog principa na jalovištu rudnika olova, cinka i bakra i flotacije „Rudnik” na planini Rudnik. Time se obezbeđuje veća sigurnost prijema i evakuacije poplavnog talasa, uz maksimalno korišćenje postojećih objekata jalovišta i minimalne investicije, uz pozitivne posledice po strukturu i ekološku bezbednost sistema.

KLJUČNE REČI: jalovište, velike vode, bezbednost

FLOOD FLOWS AND HYDRAULIC SECURITY OF FILLED MINE TAILING RESERVOIRS

ABSTRACT

After a mine closure its tailing reservoirs are exposed to various safety issues. Numerous recent ecological incidents are the result of flood flows induced dam damages. If excess waters are evacuated by bell-mouth spillways with inadequate capacity, a dam overtopping can be the safety solution. The gain is the additional water storage space although the flood transformation time is extended. The controlled reservoir outflow capacity can be increased introducing additional free flow spillway matching new dam height. This article presents the application of this principle on mine tailing reservoir of the Lead, Zinc and Copper Mine and Flotation “Rudnik”, mount Rudnik, Serbia. The achieved goal is improved flood flows and eco safety with maximum utilization of the existing reservoir structures and minimum investments.

KEY WORDS: mine tailing dam, flood flow, security

UVOD

Flotacijsko jalovište „Rudnik“ rudnika olova, cinkove i bakrove rude se nalazi na obroncima planine Rudnik (Slika 1). U polimetalskoj rudi se nalazi varijabilna količina olova, cinka i bakra, ali i relativno visok sadržaj srebra, bizmuta i kadmijuma. Pored napred navedenih sulfidnih minerala, prisutni su i minerali gvožđa (pirotin, pirit), čiji sadržaj raste sa dubinom rudarenja (dok istovremeno sadržaj olova, cinka i bakra opada) (Adamović et al., 2000).

Da bi se obezbedila zaštita životne sredine, kod flotacijskog jalovišta „Rudnik“ se prati kvalitet vazduha, vode i otpada. Praćenje kvaliteta voda vrši se na izlazu iz rudničke jame, izlazu iz pogona flotacije, izlazu iz bočnog kolektora, drenažne vode, površinske vode uzvodno i nizvodno od uliva otpadnih voda i podzemne vode na 5 pijezometara. Uzorkovanje i analiziranje radi akreditovana laboratorija četiri puta godišnje. Posebna pažnja se posvećuje količinama voda koje se ispuštaju u javni vodotok – ova merenja se sprovode kontinuirano.



Slika 1. Satelitski snimak jalovišta rudnika „Rudnik“ (izvor Google Earth).

Figure 1. The satellite image of the “Rudnik” mine tailing reservoir with dam (lower left corner).



Slika 2. Levo: Nasuta brana jalovišta. Desno: Pogled na jalovište.
Figure 2. Left: Side view of the embankment dam. Right: A view to tailing reservoir.

Osim bezbednosti jalovišta sa aspekta uticaja na kvalitet životne sredine, neophodno je razmatrati i stabilnost samih objekata, koji su najpre ugroženi nekontrolisanim količinama vode (flotacijske, drenažne, atmosferske itd.).

Rešenje kontrole poplavnih talasa jalovišta podrazumeva rezervisanje zapremine iznad jalovine i ispuštanje evakuacionim organima (prelivima, ispuštima, itd.) (Slika 2). Sa starenjem jalovišta, prostor rezervisan za poplavni talas se popunjava jalovinom, pa je povremeno neophodno povećavati visinu pregradnih nasipa. Nadvišavanje pregradnih nasipa i rekonstrukcija i/ili izgradnja novih evakuacionih organa se izvodi etapno. Brana flotacijskog jalovišta „Rudnik“ građena je od 1953. godine u 9 etapa, koje predstavljaju jednu celinu. Po prestanku deponovanja jalovine, potrebno je finalno rešiti propuštanje poplavnih talasa nizvodno od jalovišta i time obezbediti dugoročnu stabilnost brane i bezbednost nizvodnog poteza.

U ovom radu su prikazani rezultati proračuna poplavnih talasa koji se mogu očekivati na slivu brane jalovišta Rudnik. Proračunati poplavni talasi su veći od projektnih, zbog čega je neophodno preduzeti konstruktivne mere kako bi se sačuvao integritet objekata.

MERODAVNA KIŠA

Obzirom da je u pitanju mali sliv, i da je važno unutar računskih kiša imati i padavine jakog intenziteta, a ne samo značajne zapremine, formiran je računski hijetogram primenom metode naizmeničnih blokova. Metod je zasnovan na zavisnosti visina-trajanje-povratni period kiše (Chow, 1988) i omogućava definisanje računskih kiša za sva trajanja manja od 24h.

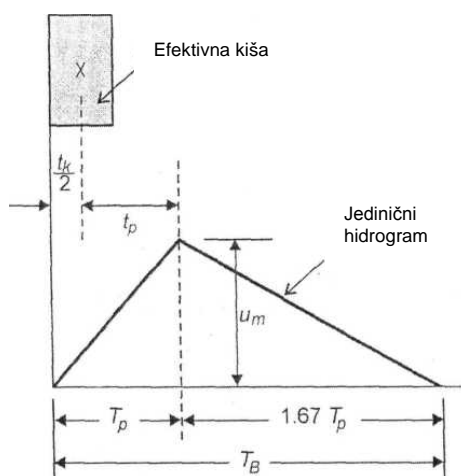
Metoda naizmeničnih blokova je primenjena na zavisnost visina-trajanje kiše koja je ista za sve povratne periode i koja je prikazana za jalovište u prethodnom odeljku relativno u odnosu na 24-časovnu kišu. Sumarna kriva padavina je predstavljena numeričkim vrednostima koje su date u tabeli 1.

Tabela 1. Sumarna kriva neravnomerne 24-časovne kiše (relativno u odnosu na 24-časovnu računski kišu)

Table 1. Cumulative rain of a non-uniform 24h rain (relative to 24h design rainfall)							
vreme [min]	P/P ₂₄ [-]	vreme [min]	P/P ₂₄ [-]	vreme [min]	P/P ₂₄ [-]	vreme [min]	P/P ₂₄ [-]
60	0.0007	420	0.0093	780	0.9564	1140	0.9956
120	0.0014	480	0.0130	840	0.9757	1200	0.9968
180	0.0023	540	0.0192	900	0.9840	1260	0.9978
240	0.0035	600	0.0313	960	0.9887	1320	0.9987
300	0.0049	660	0.0671	1020	0.9918	1380	0.9994
360	0.0068	720	0.8649	1080	0.9939	1440	1.0000

RAČUNSKI HIDROGRAMI

Računske velike vode su procenjene korišćenjem NRCS (ranije SCS) metode (NRCS, 1986). Transformacija efektivne kiše u hidrogram oticaja je urađena pomoću jediničnog hidrograma (Slika 3), gde su karakteristične vrednosti: T_p – vreme do maksimuma jediničnog hidrograma, t_p – vreme kašnjenja, T_r – vreme opadanja, i u_m – maksimalna ordinata jediničnog hidrograma.



Slika 3. Sintetički jedinični hidrogram prema NRCS-u
Figure 3. Synthetic unit hydrograph NRCS method

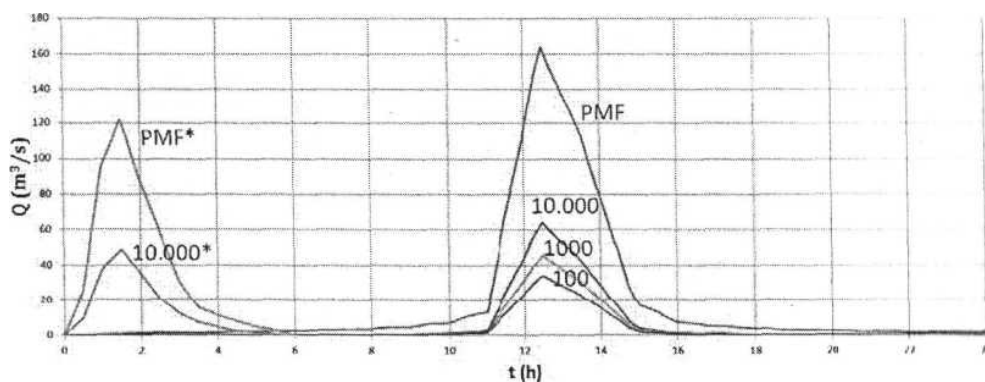
Neravnomerne 24-časovne računski kiše definisane u prethodnom odeljku sa jednočasovnom diskretizacijom se koriste kao ulaz za proračun hidrograma oticaja pomoću jednočasovnog jediničnog hidrograma. Finalni hidrogram usled 24-časovne kiše je dobijen

konvolucijm elementarnih hidrograma usled jednočasovnih kiša uz računski korak od 15 minuta da bi se obuhvatila dinamika malog sliva.

Za date karakteristike slivne površine jalovišta Rudnik (površina 490 ha, dužina toka 4270 m, prosečan nagib 7,6%) i biranjem jednočasovnog koraka za diskretizaciju padavina, dobijaju se sledeći elementi hidrograma:

$$t_p = 57\text{min}, T_p = 87\text{min}, T_r = 145\text{min}, u_m = 704.3 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}\text{mm}^{-1}$$

Na slici 4 prikazani su računski hidrogrami za povratne periode od 100 do 10 000 godina, kao i MPF, gde su sa zvezdicom su označeni rezultati koji su preuzeti iz postojećih hidroloških podloga. Maksimalni protoci i zapremine poplavnih talasa su dati u Tabeli 2. Uočava se da postoji značajna razlika u zapremini otekle vode, što se i očekivalo, s obzirom da je proračun ponovljen sa kišama dužeg trajanja (24h).



Slika 4. Računski hidrogrami za povratne periode od 100 do 10000 godina kao i MPF
Figure 4. Hydrographs for return periods of 100 to 10000 years, including MPF

Tabela 2. Pregled rezultata određivanja računskih protoka za jalovište „Rudnik”
Table 2. Design flows for different return periods – mine „Rudnik“

Povratni period [godina]	Ukupne padavine [mm]	Ukupni sloj oticanja [mm]	Zapremina oticanja [10 ⁶ m ³]	Maksimalni protok [m ³ /s]
100	109	58	0.284	34.3
1000	133	78	0.385	45.4
10000	166	109	0.533	64.0
MPF	395	326	1.598	163.5

ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati proračuna poplavnih talasa, gde se pokazalo da sa analizom koja uključuje kiše dužeg trajanja, prevazilazi projektni kapacitet prostora rezervisanog za prihvat poplavnog talasa. Kako bi se sprečilo narušavanje integriteta flotacijskog jalovišta, predviđeno je nadvišavanje brane, ali i evakuacionog organa (šahtnog preliva), čiji se detalji mogu videti u radu Batinić et al. (2018).

Zahvalnica

Ovaj rad je urađen u sklopu projekata TR37010 Sistemi za odvođenje kišnih voda kao deo urbane i saobraćajne infrastrukture i TR37009 Merenje i modeliranje fizičkih, hemijskih, bioloških i morfoinamičkih parametara reka i vodnih akumulacija.

LITERATURA:

- Adamović, M., Radosavljević, S., Marinko, M. (2000) Increase in copper recovery from polymetallic ores. *Journal of Mining and Metallurgy*, 36 (1-2)A, p. 11-22
- Batinić B., Pavlović D., Randelović A., (2018) Bezbedna evakuacija provirnih voda jalovišta - primer jalovišta Rudnik. SDZV, Konferencija VODA 2018, Zlatibor, jun 2018.
- Chow, V.T. (1988) *Applied hydrology*, McGraw-Hill Book Company, Printed in Singapore
- NCRS (1986) United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Conservative Engineering Division – Urban Hydrology for Small Watersheds – TR-55

ISBN 978-86-916753-5-6