

UTJECAJ OBORINA NA BRZINU I PROTOK VODE U ISTOČNOM LATERALNOM KANALU „JELAS POLJA“

INFLUENCE OF PRECIPITATION ON WATER FLOW SPEED AND VOLUME IN EASTERN LATERAL CANAL "JELAS POLJE"

**R. Benković, Marina Nikolić, Mihaela Blažinkov, Slavica Antunović,
Nataša Romanjek Fajdetić, J. Haramija, A. Čuljak, Iva Knezović**

SAŽETAK

Odvodnja suvišnih oborinskih, slivnih i voda u tlu kao meliorativna mjera spada u važne mjere upravljanja vodama u područjima zahvaćenim nepovoljnim klimatskim uvjetima. Na području grada Slavonskog Broda u Brodsko-posavskoj županiji, provedeno je istraživanje i analiziranje utjecaja oborina na protok vode u istočnom lateralnom kanalu „Jelas polja“. Cilj ovoga rada bio je kroz tri mjeseca (veljača, ožujak, travanj, 2022. godine) praćenja količine dnevnih oborina utvrditi njihov utjecaj na omočenu površinu (O_p) i količinu protoka vode (P_v) u lateralnom kanalu. Praćenje suvišne vode u kanalskoj mreži sustava za odvodnju može biti dobar pokazatelj učinkovitosti sustava za odvodnju, njenog utjecaja na pokose kanala te može utjecati i na stabilizaciju prinosa poljoprivrednih kultura. Najveći protok vode tokom ovoga istraživanja iznosio je $744,33 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, dok je najmanji bio $33,71 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Najmanja brzina od $0,57 \text{ m s}^{-1}$ zabilježena je u isto vrijeme kada i najmanji volumen protoka vode. Na osnovu prikupljenih podataka može se zaključiti da su kanal i njegovi pokosi dobro hidraulički projektirani te obzirom na prikupljenu vodu koja utječe na omočenu površinu i protok vode ne dolazi do povećanja brzine kretanja vode što može nepovoljno djelovati na stranice kanala.

Ključne riječi: protok vode, klimatske promjene, sustavi odvodnje, gospodarenje vodom

ABSTRACT

Drainage of excess precipitatio, stream water and soil ground water as meliorative measure belongs to an important water management measures in areas affected by unfavorable climatic conditions. In the area City of Slavonski Brod in the Brod-Posavina County, research of the precipitation impact on the

water flow in the eastern lateral canal "Jelas polje" was done. The aim of this work was monitoring of daily precipitation for three months (February, March, April, 2022) to determine its impact on the wetted surface (O_p) and the water flow volume (P_v) in the lateral canal. Monitoring excess water in the canal network of the drainage system can be a good indicator of the efficiency of the drainage system, its influence on the slopes of the canal and can have positive effects on the yield of agricultural crops. The highest water flow volume during this research was $744.33 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, while the lowest was $33.71 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. The lowest water velocity of 0.57 m s^{-1} was recorded at the same time as the lowest water flow volume. Based on the collected data, it can be concluded that the canal and its slopes are well hydraulically designed. Also considering the collected water that affects the wetted surface and the water flow volume, there is no significant increase on the speed of water, which can unfavorably affect the canal slopes.

Keywords: water flow, climate change, drainage, irrigation, water management

UVOD

Voda kao jedna od osnovnih potreba ljudske vrste i biljaka ima veliki značaj u održavanju kvalitete života i ublažavanju klimatskih promjena na zemlji. Odatle dolazi potreba za proširivanjem stečenih stručnih znanja za izgradnju i usavršavanje sustava za održavanje optimalne vlažnosti poljoprivrednih tala i gospodarenje vodama općenito.

Pojava ekstremnih oborina kao jedna od posljedica klimatskih promjena s kojima se susrećemo u posljednjih trideset godina u određenom periodu tokom godine dovodi do pojave suvišnih voda koje utječu na odvijanje stabilne poljoprivredne proizvodnje, ekonomiju i društvo u cjelini. Objekti i uređaji za odvodnju suvišne vode su uređeni prirodni vodotoci, lateralni kanali, osnovna i detaljna kanalska mreža, nasipi, crpne stanice i drugi objekti za zaštitu od vanjskih voda (Vidaček, 1998.). Praćenje vremenske i prostorne pojave suviška voda u sustavima za odvodnju može služiti za postizanje povećanja učinkovitosti sustava za odvodnju, stabilizaciju pokosa obale, poboljšanje kvalitete vode u vodotocima te stabilizaciju prinosa poljoprivrednih kultura.

Istraživanja zbivanja i degradacije poljoprivrednih tala pod utjecajem čovjeka ili prirode (Jug i sur., 2014.) i istraživanje promjena u hidrološkom

režimu kao posljedice klimatskih promjena od velike su koristi (Beraković i sur., 2007.; Gajić-Čapka i Cesarec, 2008.; Vučetić i Cesarec, 2009.; 2010.; Trninić i Bošnjak, 2010., Güttler, 2011.). Povezanost između količine oborine i protoka vode istraživana je na nekoliko slivova na području Republike Hrvatske (Kupi, Cetini te na čitavom slivu rijeke Save). Povezanost godišnjeg variranja protoka vode i količine oborine odnosno vodne bilance na slivu rijeke Kupe istražuju Pandžić i Trninić (1991.) i na čitavom slivu rijeke Save (Pandžić i Trninić, 1998.; 1999.).

Svojim geografskim položajem Brodsko-posavska županija je izložena riziku od poplava. Zbog učestalosti i intenziteta padalina na području županije Brodsko posavske izgrađeni su lateralni kanali I. reda koji odvođe suvišnu vodu (slivnu i oborinsku) u rijeku Savu (Tandarić i sur., 2014.). Odvodni kanal I reda predstavlja uređen vodotok koji u određenim okolnostima može poslužiti i kao vodoprijemnik.

Istraživani istočni lateralni kanal „Jelas polja“ dužine je 20,33 km i sabirni je kanal I reda koji prikuplja vodu pritoka sa južnih obronaka Dilj gore, vodu riječice Glogovice na koju se nastavlja (Petrić-Stjepanović, 2008.), vodu prikupljenu meliorativnim kanalima IV, III i II reda te vodu koja se bočnom filtracijom ocijedila sa okolnih poljoprivrednih površina. Osim prednosti odvodnja suvišne vode otvorenim kanalima donosi i određene nedostatke, a to su: veliki gubitak ukupne površine, ubrzani rast hidrofilne vegetacije i korova. Zbog rasta hidrofilne vegetacije i korova na pokosima potrebno je provoditi redovito godišnje održavanje, naročito košnju i čišćenje dna kanala (Šimunić, 2013.) s ciljem održavanja izračunima predviđenog hidrauličnog toka (Slika 1.). Istočni lateralni kanal „Jelas polja“ duž svoga toka prolazi između poljoprivrednih proizvodnih površina koje ga omeđuju. Isti kanal osim odvodnje prikupljene suvišne vode ima u periodima nedostatka oborina funkciju dobave vode koju poljoprivrednici koriste za navodnjavanje svojih usjeva (Slika 1.).



Slika 1. Kanal „Jelas polja“ kao izvor vode za navodnjavanje povrća motornom pumpom za vodu i kišenjem (fotografija: Robert Benković, 2015.)

Figure 1 Channel „Jelas polja“ as a source of water for irrigation of vegetable plantations by motor pump and system of sprinkling (photo: Robert Benković, 2015)

Na osnovi statističke obrade nizova prikupljenih podataka mogu se uočiti znatne promjene kretanja voda kroz godine. Iz toga razloga postoji potreba da se zakonski propisane mjerodavne vrijednosti kod planiranja i gradnje hidrotehničkih sustava zaštite od štetnog djelovanja voda, vodoopskrbe i odvodnje redovito niveliraju i koriste kao podloge projektantima hidrotehničkih objekata. Osim navedenog vrijednosti količine protoka vode za vrijeme niskih vodostaja mogu poslužiti poljoprivrednicima za planiranje mogućnosti navodnjavanja vodom iz kanala.

U analizama, istraživanjima i radovima (Bonacci i Oskoruš, 2014.; Kuspilić i sur., 2014.; Oskoruš i sur., 2014.) koji obuhvaćaju poplavne događaje, utvrđeno je znatno povećanje vrijednosti maksimalnih vodostaja i protoka vode za promatranih posljednjih sto godina.

Cilj istraživanja i praćenja utjecaja brzine i protoka vode u promatranom kanalu je prikazivanje podloga kojima se omogućuje kreiranje sezonskih hidroloških veličina i mogućnosti upotrebe vode u kanalu za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih kultura prema trenutnim ili najavljenim klimatskim prilikama.

MATERIJAL I METODE

Istraživanje utjecaja oborina na protok vode provedeno je u Slavanskom Brodu na istočnom lateralnom kanalu I. reda pod imenom “Jelas polja”. Točna lokacija na kojoj su provedena mjerenja je 45°09'23,9" sjeverne geografske širine i 18°01'50" istočne geografske duljine. Na mjernom mjestu dno kanala je betonirano i široko šest metara dok su pokosi stranica kanala popločeni. U određenom periodu godine vodostaj kanala dostiže visoku razinu, dok je u većem dijelu godine njegov vodostaj i protok nizak. Iz razloga nemogućnosti i opasnosti mjerenja tijekom visokog vodostaja, potencijalna omočena površina prema mogućim visinama vodostaja označena je na pokosu kanala.

Potencijalna širina vodenog toka na površini izmjerena je pomoću laserskog daljinomjera tipa *Finder M50*. Za istu oznaku širine toka istovremeno je izmjerena i dubina vode u kanalu drvenim građevinskim metrom te označena crvenom bojom u spreju na pokosu stranice kanala (Slika 2.).



Slika 2. Označeni pokos kanala (fotografija: Marina Nikolić, 2022.)
Figure 2 Marked canal sides (photo: Marina Nikolić, 2022)

Krajem siječnja 2022. godine označeno je od 0 do 14 različitih širina i dubina na osnovi kojih se formulom izračunavala omočena površina kanala. Mjerenja su provedena svakodnevno od 1. veljače do 30. travnja 2022. godine. odnosno provedeno je 89 mjerenja.

Omočena površina kanala izračunata je prema formuli za izračun površine jednakokračnog trapeza:

$$O_p = \frac{(a + c) \cdot d}{2}$$

a = širina dna kanala (m)

c = širina vodenog toka na površini (m)

d = dubina vode (m)

O_p = omočena površina (m^2)

Brzina vode mjeri se plovcima različitih tipova (drvena kugla, drvena pločica sa zastavom, opterećena boca ili opterećen štap s olovom ili željezom (Žugaj, 2000.)). U četiri ponavljanja puštanjem drvenog plovka izmjereno je vrijeme potrebno da plovak prijeđe put od 8,6 m. Za mjerenje vremena korišten je zaporni sat android telefona *Samsung S9*. Na osnovi srednjih izmjerenih vrijednosti i formule izračunala se prosječna brzina kretanja vode u kanalu.

Brzina kretanja vode u kanalu izračunata je prema formuli:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Δs = prijeđeni put (m)

Δt = vrijeme (s)

v = brzina ($m s^{-1}$)

Na osnovi izračunatih podataka o trenutnoj omočenoj površini i srednjoj prosječnoj brzini na dan mjerenja izračunat je i protok vode u promatranom kanalu prema formuli:

$$P_v = O_p \cdot v$$

O_p = omočena površina (m^2)

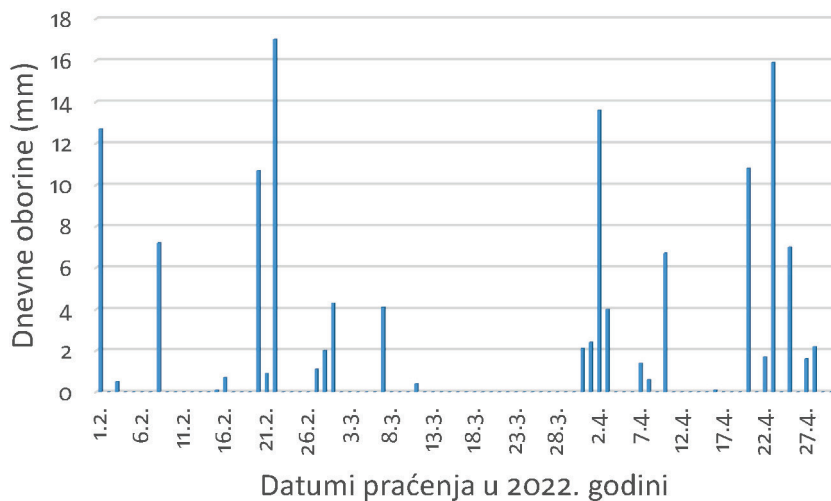
v = brzina ($m s^{-1}$)

P_v = protok vode ($m^3 s^{-1}$)

Podatci o dnevnoj količini oborina dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ). Za statističku obradu prikupljenih podataka korišten je računalni program RStudio te za njihov grafički prikaz korišten je tablični kalkulator računalnog programa Microsoft Excell, 2019.

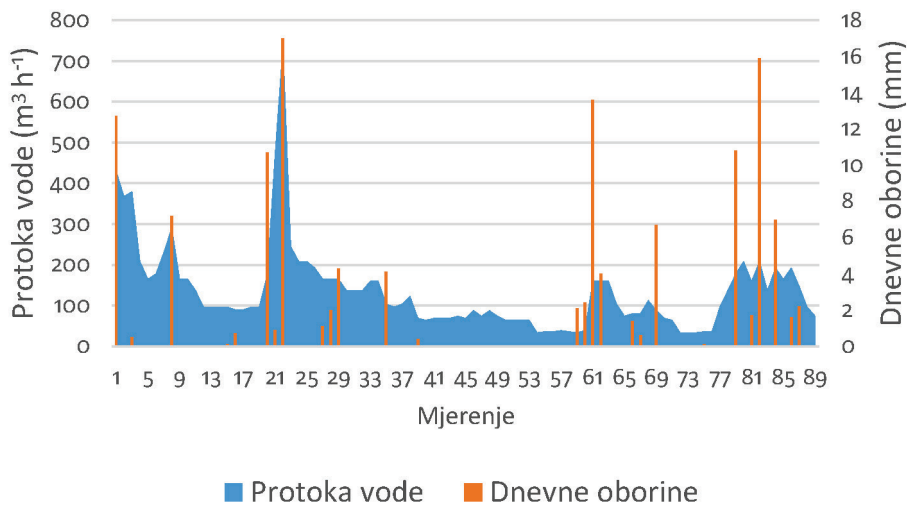
REZULTATI I RASPRAVA

Tijekom provedbe istraživanja u 2022. godini najintenzivnije razdoblje oborina zabilježeno je u mjesecu travnju s ukupnom količinom od 68,0 mm. Najsušnije razdoblje je izmjereno u ožujku sa svega 10,9 mm. Osim najmanje količine oborina u ožujku je zabilježeno i najdulje razdoblje bez oborina (27 dana). U mjesecu veljači ukupna količina oborina iznosila je 53,6 mm. Prema kategoriji oborinskih prilika u Hrvatskoj za 2022. godinu veljača pripada u kišno, ožujak u ekstremno sušno, a travanj u normalno razdoblje. U usporedbi količine oborina u ožujku s prethodnim godinama, zabilježene su značajno veće vrijednosti i to kako slijedi 26,8 mm 2019. godine, 35,8 mm 2020. godine, 33,4 mm 2021. godine (DHMZ). Na slici 3. prikazane su količine oborina i njihov raspored za promatrani period.



Slika 3. Oborine na mjernoj postaji Slavonski Brod za promatrani period
Figure 3 Precipitation at the weather station Slavonski Brod for the observed period

Najveća omočena površina (Slika 4.) zabilježena je dana 22.02. i iznosila je $11,5 \text{ m}^2$, dok je najmanja omočena površina kanala od $0,98 \text{ m}^2$ zabilježena u periodu 26. do 31. ožujka.



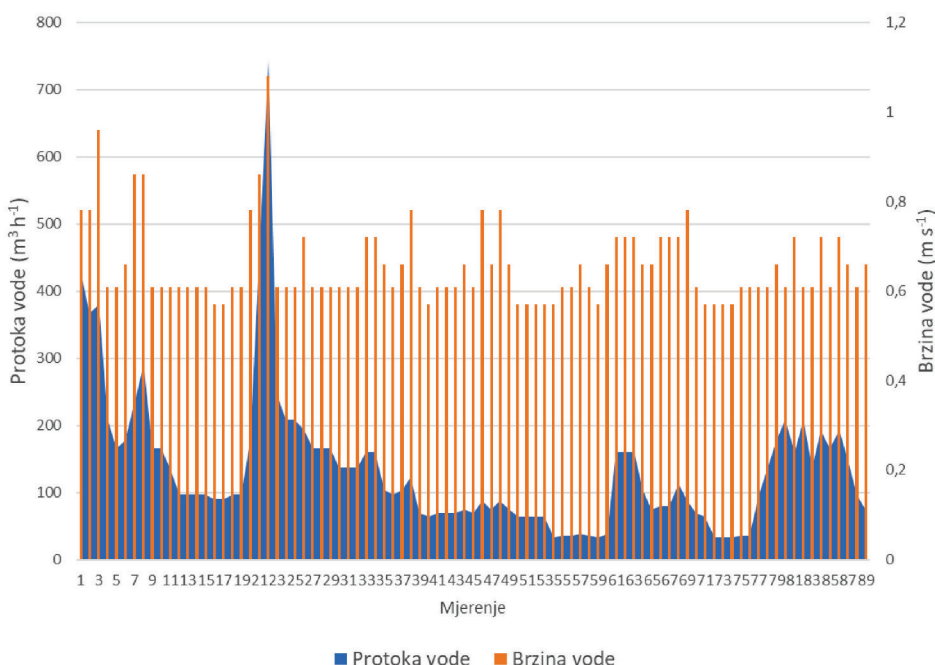
Slika 4. Utjecaj dnevnih oborina na protok vode u kanalu
Figure 4 Influence of daily precipitation on channel water flow

Dnevne oborine su utjecale na protok vode za vrijeme većih količina oborina i u sušnom razdoblju. Značajne količine oborina od $17,01 \text{ mm}$ u veljači zabilježene su u 22. mjerjenju gdje se razina vodostaja podiže na oznaku 10. na pokosu kanala što označava $11,54 \text{ m}^2$ omočene površine. Dugotrajno razdoblje bez oborina u ožujku rezultiralo je niskom razinom vodostaja u kanalu koji se zadržao između oznaka 0 i 1.

Nedostatak oborina utjecao je na stanje vlažnosti tla na poljoprivrednim proizvodnim površinama koje se nalaze uz promatrani kanal i uz ostale kanale detaljne odvodnje. Značajno odstupanje izmjereno je u 61. mjerjenju kada je količina oborina iznosila čak $13,6 \text{ mm}$, a razina vodostaja u kanalu dosegla je samo oznaku 3. Značajne količine oborina u koje su pale tijekom 60., 61. i 62. mjerjenja nisu proporcionalno povećale protok vode u kanalu. Ova se pojava može pripisati velikom retencijskom kapacitetu okolnih teških pseudoglejnih tala koja su nakon infiltracije oborina, vlagu zadržala te se nisu ocijedila u kanale osnovne i detaljne odvodnje. Velika količina oborine u mjerjenju 82.

(23. travnja) iznosila je 15,9 mm, a rezultirala je najvišom razinom vodostaja do oznake 5. Takvom povećanju vodostaja i protoka vode prethodila je poprilično veća količina oborina od 10,8 mm zabilježena u 79. mjerjenju koja je zasitila okolna poljoprivredna zemljišta do njihovog poljskog vodnog kapaciteta. Kao posljedica toga oborine iz mjerjenja 82. površinskim otjecanjem i bočnom filtracijom završile su u otvorenoj kanalskoj mreži povećavajući protok lateralnog kanala „Jelas polja“ na 208,24 m³ h⁻¹

Najveći protok vode tijekom ovoga istraživanja iznosio je 744,33 m³ h⁻¹, dok je najmanji bio 33,71 m³ h⁻¹. Na Slici 5. prikazan je protok vode u m³ h⁻¹ i njegova povezanost s brzinom vode u kanalu izražena u m s⁻¹. Najveća brzina vode u kanalu bila je 1,08 m s⁻¹ u 22. mjerjenju kada je zabilježen i najveći protok vode od 744,33 m³ h⁻¹. Najmanja brzina od 0,57 m s⁻¹ bila je u isto vrijeme kada i najmanji protok 33,71 m³ h⁻¹ odnosno u 54., 59., 72., 73. i 74. mjerjenju.



Slika 5. Utjecaj protoka vode na brzinu kretanja vode u kanalu
Figure 5 Influence of water flow on speed of the water in the channel

Brzina kretanja vode vrlo je ujednačena u odnosu na protok vode koji prosječno iznosi $0,66 \text{ m s}^{-1}$ što je u skladu sa literaturom o preporučenoj brzini kretanja vode od $0,05$ do $0,8 \text{ m s}^{-1}$ (Šimunić, 2013.). Razlog ujednačene brzine su pravilno izvedeni pokosi kanala koji pri značajnom povećanju količine vode koja protječe za posljedicu nemaju povećanje brzine kretanja iste. Ekstrem manjeg povećanja brzine iznad preporučene pojavio se u samo 12 mjerenja.

ZAKLJUČAK

U analizama koje promatraju poplavne događaje istraživači su utvrdili znatno povećanje vrijednosti maksimalnih vodostaja i protoka vode u odnosu na posljednjih pedeset i više godina.

Na osnovi prikupljenih podataka ovog istraživanja uočavaju se promjene protoka vode u odnosu na količinu oborina tijekom promatranog razdoblja. Podatci o količini oborina ukazuju na to da redovite višednevne oborine utječu na povećanje omočene površine i količinu protoka. Istraživanje je utvrdilo i potpuno suprotnu pojavu da nakon dugotrajnog izostanka oborina nove obilne oborine ne uzrokuju nužno povećanje vodostaja vode u kanalu, što je najvjerojatnije posljedica nedostatka vode u tlu okolnih poljoprivrednih površina te smanjenog površinskog otjecanja i smanjene filtracije tla. Sam kanal i njegovi pokosi dobro su hidraulički projektirani i s obzirom na protok vode ne dolazi do povećanja brzine koja može nepovoljno djelovati na integritet stranica. Na osnovi prikupljenih podataka mogu se predvidjeti različiti scenariji klimatskih nepogoda te izračunati količina protoka vode iz oborina. Za potrebe dostavljanja podloga projektantima hidrotehničkih sustava u dijelu odvodnje, navodnjavanja, zaštite od štetnog djelovanja, korištenja voda, vodoopskrbe i itd., istraživanja ove vrste potrebno je redovito provoditi.

LITERATURA

1. Beraković, M., Beraković, B., Cesarec, K. (2007.): Climate changes-some observations in Croatia. Proceedings of The third International Conference on Climate and Water, Helsinki, Finland, 3.-6.9.2007., Heinonen, M. (Ed.), Finnish environment institute SYKE, 51-56.
2. Bonacci, O., Oskoruš, D. (2014.): Analiza nekih hidroloških vidova evakuacije velikih voda na području grada Zagreba. Hrvatske vode, 22, (87): 31-38.
3. Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), izvor:
https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=ocjena&el=msg_ocjena&MjesecSezona=3&Godina=2022 (11. srpanj, 2022.)

4. Gajić-Čapka, M., Cesarec, K. (2008.): Trends and variability in precipitation and discharge in the Drava River basin, Croatia. Proceedings of the Hydrological changes and managements from headwater to the ocean, Kyoto, Japan, 1.-3.10.2008., P01-P07
5. Güttler, I. (2011.): Promjene u površinskom otjecanju u Hrvatskoj prema simulacijama regionalnog klimatskog modela. Zbornik radova 5. Hrvatske konferencije o vodama, 66-75.
6. Jug, D., Komljenović, I., Jug, I., Birkás, M., Vukadinović, V., Marković, M., Đurđević, B., Stipešević, B., Brozović, B., Knežević, Š., Kotorac, F. (2014.): Prilagodba sustava obrade tla u nepovoljnim vremenskim prilikama, 7th International Scientific/Professional Conference, Agriculture in Nature and Environment Protection, Vukovar, Croatia, 28th-30th May 2014., pp. 168-173.
7. Kuspilić, N., Oskoruš D., Vujnović, T. (2014.): Katastrofalna poplava Save i poplavni rizici. Građevinar, 66, (7): 653-661.
8. Oskoruš, D., Abdulaj, R., Miković, N., Vujnović, T. (2014.): Velike vode donjeg toka rijeke Save tijekom svibnja 2014. Hrvatska vodoprivreda, 207: 14-16.
9. Pandžić, K., Trninić, D. (1991.): Principal Component Analysis of the Annual Regime of Hydrological and Meteorological Fields in a River Basin. International Journal of Climatology, 11,(8): 909-922.
10. Pandžić, K., Trninić, D. (1998.): The Relationship Between the Sava River Basin Annual Precipitation, its Discharge and the Large-Scale Atmospheric Circulation. Theoretical and Applied Climatology, 61: 69-76.
11. Pandžić, K., Trninić, D. (1999.): Relationship between the Sava River monthly precipitation, its discharge and large-scale circulation. Geofizika, 16-17: 53-63.
12. Petrić-Stjepanović, V. (2008.): Zaštita Slavenskog Broda od poplava bujičnih tokova, Građevinar, 60 (8): 695-703
13. Šimunić, I. (2013.): „Uređenje voda“, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2013.
14. Tandarić, N., Drčić, Mateja, Tomić, D., Zastavniković, Ivana (2014.): Prirodni rizici u Brodsko-posavskoj županiji, izvor:
<http://www.geografija.hr/hrvatska/prirodni-rizici-u-brodsko-posavskoj-zupaniji/>
15. Trninić, D., Bošnjak, T. (2010.): Impact of climate variability and changes on the Kupa River runoff . Proceedings of the Conference on Water Observation and Information System for Decision Support
16. Vidaček, Ž. (1998.): Gospodarenje melioracijskim sustavima odvodnje i natapanja, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje, Zagreb

17. Vučetić, V., Cesarec, K. (2009.): Research of climate change in the Croatian lowland in the frame of the Cost action 734 Climate change – Global Risks. Chalanges&Decisions, Copenhagen. doi:10.1088/1755-1307/6/9/292027.
18. Vučetić, V., Cesarec, K. (2010.): Climate variations of temperature, precipitation and water regime in the Croatian lowland Global change: Facing risks and threats to water resources. Proceedings of the Sixth world FRIEND conference, Fez, Morocco, 25.–29.10.2010.
19. Žugaj R. (2000.): Hidrologija, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb

Adresa autora – Author's address:

Dr. sc. Robert Benković,
e-mail: rbenkovic@unisb.hr
Marina Nikolić, struč. spec. ing. agr.
e-mail: mnikolic@unisb.hr
Prof. dr.sc. Mihaela Blažinkov
e-mail: mblazinkov@unisb.hr
Doc. dr. sc. Slavica Antunović
e-mail: santunovic@unisb.hr
Doc. dr. sc. Nataša Romanjek Fajdetić
e-mail: nrfajdetic@unisb.hr
Alen Čuljak, prof.
e-mail: aculjak@unisb.hr
Iva Knezović, mag.nutr.
e-mail: iknezovic@unisb.hr

Primljeno- Received:

10.03.2023.

Sveučilište u Slavanskom Brodu, Biotehnički odjel
Trg Ivane Brlić Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod

doc. dr. sc. Josip Haramija,
e- mail: josip.haramija1@gmail.com
Hrvatsko agronomsko društvo,
Berislavićeva 6, 10000 Zagreb