

UTJECAJ DRAVE I DUNAVA KROZ POVIJEST NA POPLAVE U OSIJEKU

Tamara Dadić, mag.ing.aedif.

Građevinski Fakultet Osijek Sveučilišta
J. J. Strossmayera u Osijeku
Crkvena 21, 31000 Osijek, Hrvatska
tamaradadic@gfos.hr

**izv.prof.dr.sc. Lidija Tadić,
dipl.ing.građ.**

Građevinski Fakultet Osijek Sveučilišta
J. J. Strossmayera u Osijeku
Crkvena 21, 31000 Osijek, Hrvatska

**prof. emeritus Ognjen Bonacci,
dipl.ing.građ.**

Fakultet građevinarstva, arhitekture i
geodezije Sveučilišta u Splitu
Matice hrvatske 15, 21000 Split,
Hrvatska

Na području grada Osijeka, kao i okolici, poplave se bilježe već od 18. st. Od tada je pretvoren dio okolnog močvarnog područja u naselja i poljoprivredna područja, skraćen je tok rijeke Drave, a smanjeno je i inundacijsko područje. Blizina ušća Drave u Dunav pokazala se izuzetno važnom zbog utjecaja uspora. Provedene hidrološke analize od 1926. do 2014. god. pokazale su da na maksimalne vodostaje Drave kod Osijeka veći utjecaj ima protok Dunava nego Drave, a najveći je zajednički utjecaj protoka obiju rijeka. Izračunate su RAPS vrijednosti maksimalnih mjesečnih i godišnjih protoka. Rezultati pokazuju da protoci rijeke Drave opadaju od kraja 1976. god., dok vode Dunava bilježe porast od 1995. god.

Ključne riječi: Osijek, poplava, Drava, Dunav, uspor, RAPS

1. UVOD

Poplave su kompleksne pojave dalekosežnih posljedica. Izazivaju velike ekonomske štete koje su deset puta veće nego što su to bile 1950-ih godina (Kundzewicz et al., 2005.). Isti izvor navodi da, bez obzira na taj financijski porast šteta, poplave kao pojava nemaju veću učestalost nego što je to bilo ranije, samo da je pojačana percepcija o poplavama zbog intenzivne medijske popraćenosti. Bez obzira na to, poplave je potrebno poznavati kako bi se smanjile negativne posljedice i poboljšalo njihovo predviđanje. Saznanja o poplavama u prošlosti doprinose boljem razumijevanju procesa koji na njih utječu. Vrlo važan čimbenik poplava je njihov uzrok koji može biti rezultat antropogenih aktivnosti ili klimatske varijabilnosti. Među ljudske aktivnosti svakako se ubrajaju regulacijski radovi koji utječu na riječnu morfologiju i smanjenje inundacijskog područja, a kod klime najznačajnije su

oborine jakog intenziteta. U većini slučajeva tijekom dužeg vremenskog razdoblja prisutna su oba (Wanner et al., 2004.). Poplave ugrožavaju brojna područja, a među njima svakako je i područje grada Osijeka.

Kroz Osijek prolazi rijeka Drava, a na samo 19,4 km nalazi se ušće Drave u Dunav pa se utjecaji obiju rijeka trebaju uzeti u obzir prilikom analiziranja poplava. U tu svrhu korišteni su maksimalni mjesečni i godišnji protoci i vodostaji. Hidrološka analiza bazirana na maksimalnim godišnjim podacima predstavlja neposredan i priznat pristup, ali ima i nekoliko nedostataka. Glavni među njima je taj što je za svaku godinu mjerodavna samo jedna, najveća vrijednost bez obzira na broj poplavnih epizoda u godini (Kundzewicz et al., 2005.). Unatoč nedostacima, u ovom su radu korištene maksimalne vrijednosti jer bolje predočavaju varijacije promatranih parametara.

2. OSIJEK I RIJEKA DRAVA KROZ POVIJEST

Osijek je smješten na višoj, desnoj obali Drave s nadmorskim visinama između 89,00 i 92,7 m n. m., a kao naselje osnovali su ga Kelti u 4. stoljeću pr. Kr. Blizina dvaju velikih rijeka, Drave i Dunava, ali i dobra utvrđenost, bili su temelj brzog razvoja. Kroz povijest, mnogi su osvajači prepoznali potencijal Osijeka, uključujući i turskog vladara Sulejmana II. koji je 1526. god. dao sagraditi poznati drveni most preko močvarnog područja. Most, poznat kao "il famosu ponte d'Essek", bio je 7 km dug i predstavljao je prvi korak u Sulejmanovom osvajačkom pohodu na Europu (Plevnik, 1987.). Austrijska i hrvatska vojska uništile su ga 1686. god. (Mažuran, 1997.). Izgled mosta, kao i morfološke karakteristike okolnog, močvarnog i nenaseljenog terena vidljivi su na [slici 1](#).

Važnost Osijeka kao luke istaknuta je već 1353. god. (Živaković-Kerže, 2002.). Od tada, prijevoz ljudi i dobara

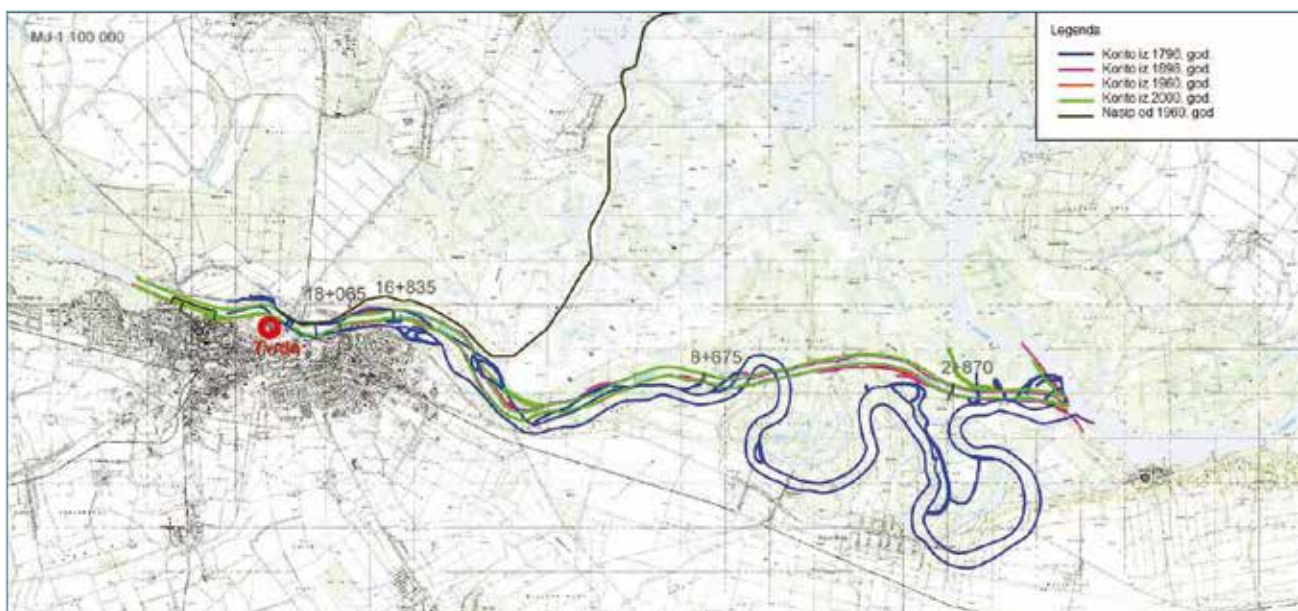
je izuzetno važan za razvoj grada. Malovodna razdoblja uzrokovala su zastoje u plovidbi, ali i potaknula prve regulacijske radove. Osim toga, veliki dijelovi okolnog močvarnog područja pretvoreni su u poljoprivredne parcele koje su postale važan dio gospodarstva. Kako bi ih se zaštitilo, prvi nasipi na lijevoj obali Drave izgrađeni su početkom 18. st., a prvi su regulacijski radovi započeti krajem 19. st. Osijek je danas četvrti najveći grad u Hrvatskoj sa skoro 108 000 stanovnika na 194 km², a prostire se na obje strane rijeke Drave. Uz to, Osijek je administrativni i kulturni centar istočne Hrvatske (Andraković, 2009.).

Promjene položaja korita rijeke Drave od 1796. do 2000. god. prikazane su na [slici 2](#). Skraćivanje korita je jasno vidljivo. Osijek je 1796. god. bio udaljen od ušća Drave u Dunav 33 km, dok je ta udaljenost 1898. god. iznosila 20 km. Od 1960. god. udaljenost se smanjila na 19,4 km. Sve navedene udaljenosti su izmjerene od centra starog dijela grada-Tvrde, jer je taj dio jasno uočljiv i na kartama iz 18. i 19. st. Između 1880. i 1898. god. izvršeni su značajni regulacijski radovi kako bi se poboljšali uvjeti plovidbe. Dva najveća meandra su presječena što je skratilo tok rijeke za 13 km, a i nestala je delta Drave kao i dio poplavnog područja (Biondić, 1999.). Ti su regulacijski radovi bili najintenzivniji u cijeloj povijesti rijeke Drave i trasa korita koja je tada postavljena nije se mijenjala do danas. Tijekom 20. stoljeća postojeći nasipi su nadvišeni i spojeni s nasipima koji se nalaze uz desnu obalu Dunava. Na taj su način značajno smanjena retencijska područja koja su zamijenjena poljoprivrednima s površinskom odvodnjom. Danas postoji oko 20 000 ha močvarnog područja između dvije rijeke koje je zaštićeno kao Park prirode-Kopački rit, dok se prema starim kartama procjenjuje da je veličina močvarnog/retencijskog područja bila gotovo dvostruka.

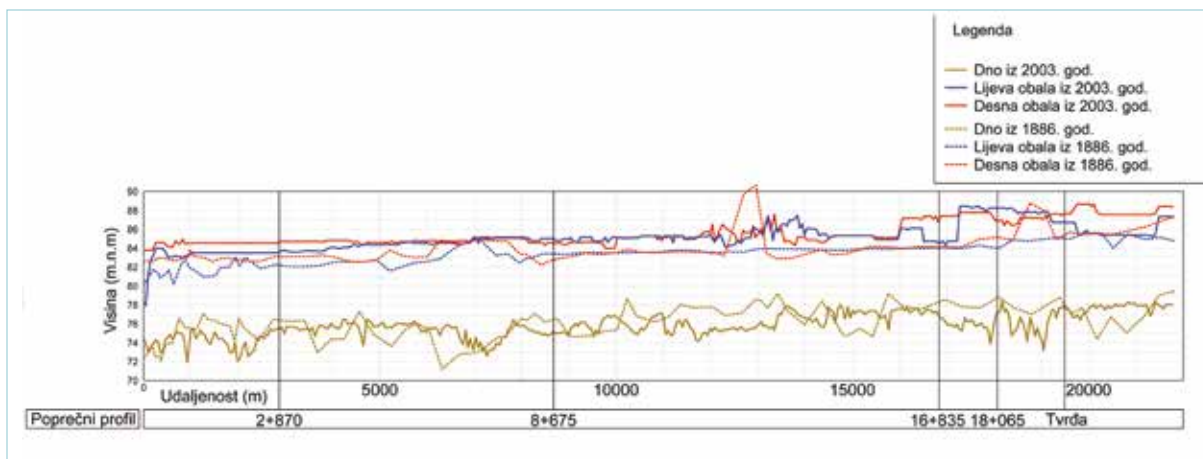
Uzdužni profili Drave od 0+000 do 22+000 rkm iz 1896. i 2000 god. prikazani su na [slici 3](#). Regulacijski radovi su



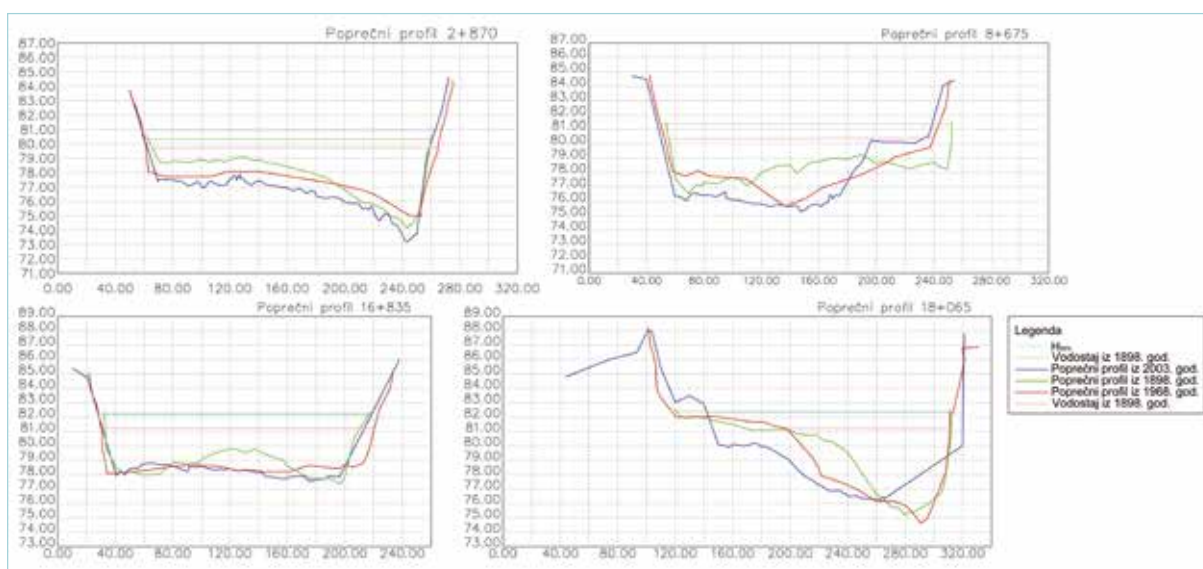
[Slika 1](#). Poznati most Sulejmana II iz 1526. god.



[Slika 2](#). Korito rijeke Drave između 1796. i 2000. god.



Slika 3. Uzdužni profili rijeke Drave iz 1896. i 2000. god. od 0+000 do 22+000 rkm



Slika 4. Poprečni profili rijeke Drave iz 1898., 1968. i 2003. god.

tijekom 20. st. rađeni u nekoliko navrata kako bi se održali uvjeti iz 1896. god. Na gornjem toku, u Austriji, Sloveniji i Hrvatskoj, izgrađene su hidroelektrane čije se posljedice ogledaju u smanjenju pronosa suspediranog nanosa, kao i u trendu smanjenja vodostaja i protoka (Bonacci et al., 1992.). Donji tok Drave meandrira kroz nestabilno aluvijalno tlo s blagim padom (manjim od 0,017%), pri čemu se izmjenjuju procesi erozije i sedimentacije. Ova intenzivna riječna dinamika, tipična za nizinske rijeke, vidljiva je na uzdužnom profilu.

Na otprilike 80% navedene dionice nalaze se riječne regulacijske građevine. Unatoč intenzivnim regulacijskim zahvatima, profili gdje je dominantna erozija (2+870, 8+675, 18+065 rkm) izmjenjuju se sa stabilnim dijelovima (16+835 rkm). Na slici 4 prikazana su četiri poprečna profila iz 1898., 1968. i 2003. godine. Vidljivo je da, unatoč utvrđenosti korita, erozija nije kontinuirana tijekom promatranog razdoblja, a razlog vjerojatno leži u utjecaju uspora s Dunava.

3. PRIKAZ NAJVEĆIH ZABILJEŽENIH POPLAVA

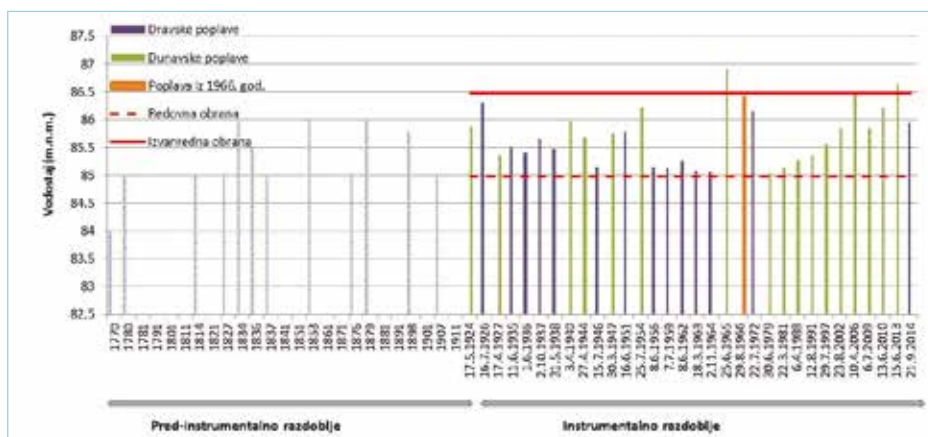
Učestalost plavljenja donjeg toka rijeke Drave može se pratiti od 1770. god. Općenito, razdoblje između 1500. i 1800. god. naziva se pred-instrumentalno razdoblje ili razdoblje povijesnih poplava. Analiza se poplava u ovom razdoblju temelji na ljudskim opažanjima, dokumentima, kartama i sl. Razdoblje prije toga, prije 1500. god. je razdoblje paleopoplava s fizičkim dokazima poplava (oznake na crkvama, mostovima i sl.). Razdoblje od 1800. god. se naziva instrumentalno, zbog dostupnih direktnih mjerenja vodostaja i protoka (Wanner et al., 2004.; Brazdil et al., 2006.).

Prva zabilježena poplava u Osijeku bila je 2. srpnja 1770. god. Ne znači da poplava nije bilo i ranije, ali je uz lijevu obalu rijeke Drave bilo veliko močvarno područje koje je imalo veliki retencijski kapacitet (slika 5).

Poslije 1770. god. poplave su zabilježene 1780. i 1814. god. kada je stanovnicima na tom području poslana poruka



Slika 5. Močvarno područje na lijevoj obali rijeke Drave iz 1796. god. (Državni arhiv u Osijeku)



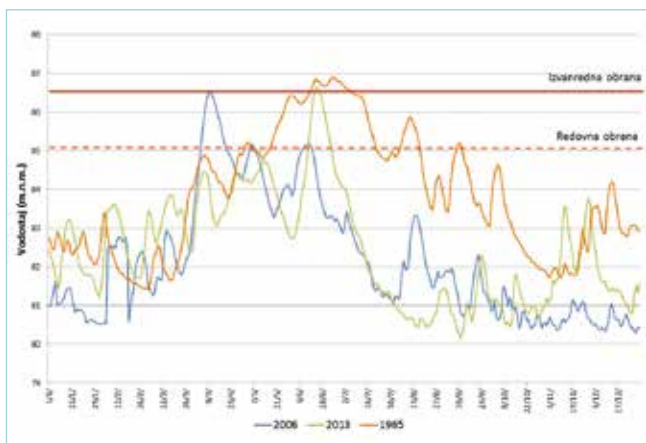
Slika 6. Zabilježene poplave u Osijeku od 1770. do 2013. god.

„ostavljajte sve-spašavajte živote“. Već u lipnju 1827. god. dogodila se nova, katastrofalna poplava. U gradskim analima je zapisano da je rijeka Drava toliko poplavila polja da se samo voda mogla vidjeti. Zbog blizine Dunava nije moguće utvrditi koja je rijeka uzrokovala poplavu (Đuroković et al., 2008.). Te su godine započeta i mjerenja vodostaja rijeke Drave, ali nisu sačuvana (Plevnik, 1987.).

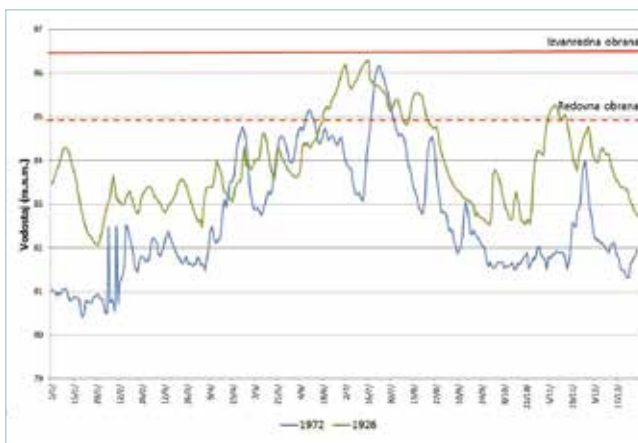
Na slici 6 prikazane su poplavne situacije, odnosno prekoračenje vodostaja mjerodavnog za redovnu obranu od poplava, u Osijeku u razdoblju između 1770. i 2013. god. Naznačena su trajanja predinstrumentalnog i

kraja 1970-ih godina, dok je u posljednje vrijeme češći uzrok poplava uspor Dunava (slika 6).

Najveće poplave nastale isključivo visokim vodama Dunava bile su 1965., 2006. i 2013. god. (slika 7). Nivogrami poplavnih valova 2006. i 2013. god. su jako strmi, što znači da je vodni val naišao u jako kratkom vremenskom razdoblju. Visoki vodostaji su trajali oko 15 dana. Poplava iz 1965. god. bila je znatno drugačijeg karaktera. Vodni val, onaj najveći, trajao je 70 dana. Osim njega, bilo ih je još nekoliko manjih; jedan prije i još tri manja poslije. Poplava je trajala od ožujka do listopada, a Drava je



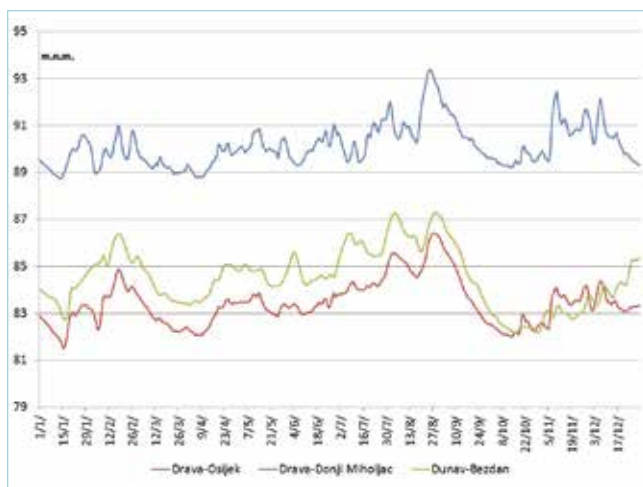
Slika 7. Nivogrami poplavnih vodnih valova zabilježenih na postaji Osijek izazvani usporom Dunava



Slika 8. Nivogrami poplavnih vodnih valova zabilježenih na postaji Osijek izazvani velikim vodama Drave

instrumentalnog razdoblja, kao i vodostaji mjerodavni za redovnu obranu (84,95 m.n.m.) i izvanrednu obranu od poplava (86,48 m.n.m.). Vodostaj mjerodavan za proglašenje izvanrednog stanja obrane od poplava (86,98 m.n.m) do sada nije dosegnut.

Poplave na području grada Osijeka mogu nastati zbog nekoliko razloga: visoke vode Drave, visoke vode Dunava (uspor), podudarnosti velikih voda obaju rijeka i nakupljanja leda. Analizom dostupnih nizova vodostaja ustanovljeno je da je 17 poplava uzrokovao uspor Dunava, 14 poplava je bilo zbog visokih voda Drave, jedna je bila jako blizu podudarnosti (1966. god.), a do sada nijedna nije bila uzrokovana nakupljanjem leda. Uspoređivanjem vodostaja Drave u Osijeku s vodostajima Drave u Donjem Miholjcu i Dunava u Bezdanu utvrđeno je koja je rijeka uzrokovala poplavnu situaciju. Poplave uzrokovane visokim vodama Drave bile su češće na osječkom području do



Slika 9. Nivogrami poplavnih vodnih valova iz 1966. god.

dosegla svoj najveći ikad zabilježeni vodostaj, 86,90 m n.m. Razlog takvoj poplavi je bila izrazita saturacija tla na slivnom području Drave koja je prouzročila veliko površinsko otjecanje.

Na slici 8 prikazani su nivogrami najvećih poplavnih valova iz 1926. i 1972. god. uzrokovanih visokim vodama Drave. Najveći vodni val iz 1926. god. bio je izrazito opasan zbog trajanja od 50 dana. Drugi, koji je uslijedio 3 mjeseca kasnije, bio je osjetno kraći. Poplavu iz 1972. god. karakterizira nekoliko kraćih vodnih valova koji su prouzročili saturaciju tla, veliko površinsko otjecanje i destabilizaciju nasipa. Prva iduća poplava, nakon ove iz 1972. god., uzrokovana visokim vodama Drave bila je tek 2014. god.

Poplava koja se dogodila 1966. god., a koja je bila jako blizu podudarnosti velikih voda Drave i Dunava, bila je najopasnija bez obzira što maksimalni vodostaj nije premašen (slika 9). Opasnost ove poplave leži u dugom trajanju vodnog vala i visokim vodostajima na obje rijeke zbog čega se Drava nije uljevala u Dunav, nego su i dunavske vode zbog uspora ugrožavale Osijek.

4. HIDROLOŠKE ANALIZE

Kako bi se analizirale poplave na području Osijeka, potrebno je, osim rijeke Drave, promatrati i rijeku Dunav zbog velikog utjecaja. U tu svrhu analizirani su vodostaji i protoci kod Donjeg Miholjca (Drava), vodostaji kod Osijeka (Drava) i protoci i vodostaji kod Bezdana (Dunav). Udaljenost Bezdana od ušća Drave u Dunav iznosi 42 km. Karakteristike navedenih postaja nalaze se u tablici 1.

Tablica 1. Karakteristike hidroloških postaja korištenih u radu

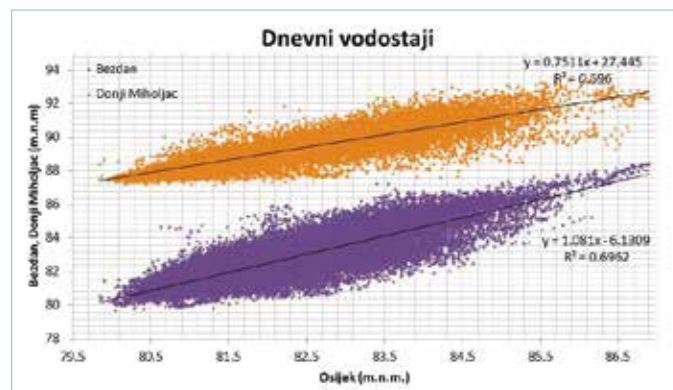
Postaja	Rijeka	Koordinate	Površina sliva (km ²)	Udaljenost od ušća (km)	Mjereni parametri	Raspoloživo razdoblje
Bezdan	Dunav	45°51'18" 18°51'54"	210.250	1425,50	Protok	1950.-2013.
					Vodostaj	1926.-2014.
Osijek	Drava	45°33'37" 18°42'15"	39.982	19,20	Vodostaj	1926.-2014.
Donji Miholjac	Drava	45°87'03" 18°12'17"	37.142	77,00	Protok	1926.-2014.
					Vodostaj	1926.-2014.

Kako bi se demonstrirao utjecaj Dunava na vodostaje u Osijeku, na slici 10 prikazani su dnevni vodostaji Drave u Osijeku i Donjem Miholjcu te Dunava u Bezdanu. Jača je povezanost vodostaja Dunava u Bezdanu i Drave u Osijeku ($R^2=0,696$; $r=0,834$), nego Drave u Donjem Miholjcu i Drave u Osijeku ($R^2=0,596$; $r=0,772$). Taj je odnos posebno izražen kod maksimalnih vrijednosti vodostaja gdje je uspostavljen gotovo linearan odnos, dok je kod Donjeg Miholjca i Osijeka prisutno rasipanje. Kako maksimalne vrijednosti uzrokuju poplave, u nastavku će samo one biti i analizirane. Veza između maksimalnih godišnjih vodostaja rijeke Drave izmjerenih na postaji Osijek i maksimalnih godišnjih protoka rijeke Drave s uzvodne postaje Donji Miholjac prikazana je na slici 11. Slika 12 pokazuje povezanost maksimalnih godišnjih vodostaja rijeke Drave izmjerenih na postaji Osijek i protoka na

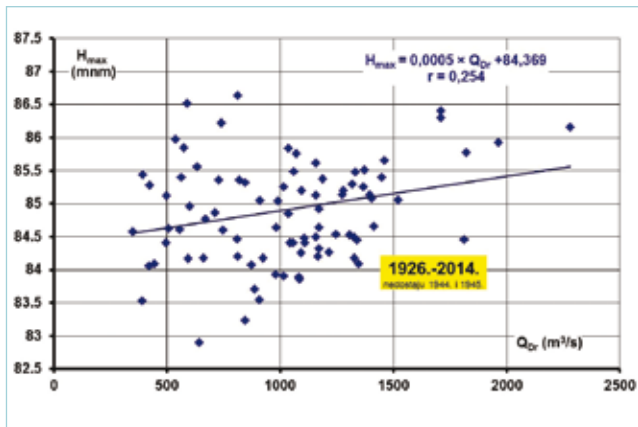
uzvodnoj postaji izmjerenih na isti dan u razdoblju između 1950. i 2014. god. To je razdoblje odabrano kako bi rezultat korelacije bio usporediv s ostalima. Na objema slikama se jasno vidi slaba povezanost vodostaja u Osijeku i protoka u Donjem Miholjcu.

Promatrana je i korelacija između protoka Drave i Dunava izmjerenih na isti dan kada su zabilježeni maksimalni vodostaji u Osijeku za razdoblje između 1950. i 2014. god. (slika 13). Vidljivo je da nema podudarnosti između pojave maksimalnih godišnjih protoka Drave i Dunava, odnosno nema statistički značajne linearne veze.

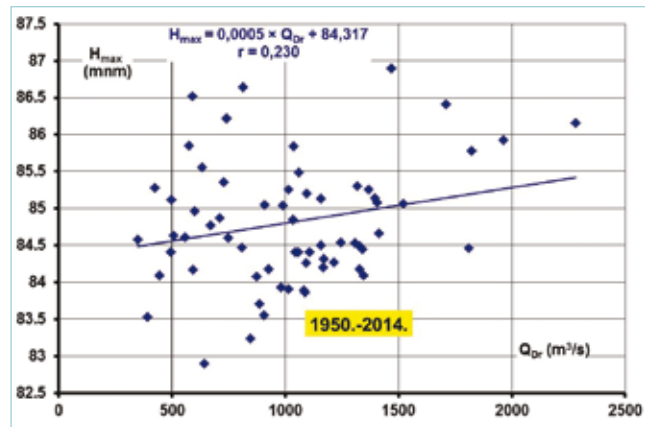
Osim povezanosti maksimalnih godišnjih vodostaja u Osijeku i protoka Drave kod Donjeg Miholjca, rađena je i usporedba vodostaja Drave s protocima Dunava zabilježenih na dan pojave maksimalnih godišnjih vodostaja, ali i sa sumom protoka obje rijeke, što



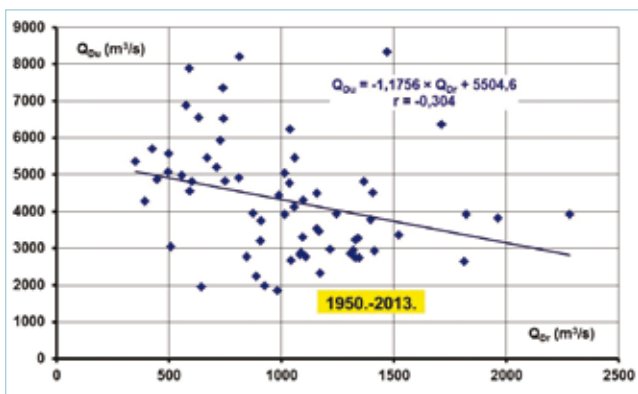
Slika 10. Odnos dnevni vodostaja Drave kod Osijeka i Donjeg Miholjca te Dunava kod Bezdana i Drave kod Osijeka



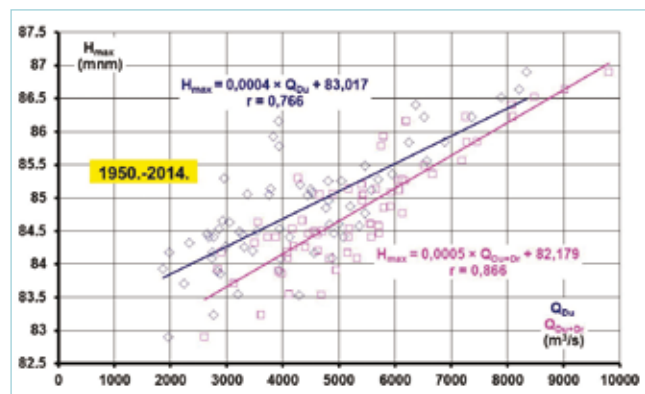
Slika 11. Povezanost maksimalnih godišnjih vodostaja u Osijeku i maksimalnih godišnjih protoka zabilježenih u Donjem Miholjcu



Slika 12. Povezanost maksimalnih godišnjih vodostaja u Osijeku i protoka zabilježenih u Donjem Miholjcu na isti dan u razdoblju 1950.-2014. god.



Slika 13. Povezanost maksimalnih godišnjih protoka Drave u Donjem Miholjcu i Dunava u Bezdanu za razdoblje 1950.-2013. god.



Slika 14. Povezanost maksimalnih godišnji vodostaja Drave kod Osijeka i protoka Dunava (plava boja) i sume protoka Drave i Dunava (ružičasta)



Slika 15. RAPS maksimalnih mjesečnih protoka rijeke Drave zabilježenih na postaji Donji Miholjac u razdoblju od 1926. do 2014. god.



Slika 16. RAPS maksimalnih godišnjih protoka rijeke Drave zabilježenih na postaji Donji Miholjac u razdoblju od 1926. do 2014. god.

je prikazano na slici 14. Jasna je jača povezanost maksimalnih vodostaja Drave u Osijeku s protocima Dunava kod Bezdana ($r = 0,766$), ali je korelacija sa sumom protoka najjača i iznosi 0,866.

Izračunata je i jednadžba višestruke linearne regresije za proračun maksimalnih vodostaja rijeke Drave kod Osijeka koja glasi:

$$H_{\max} = 81,5543 + 0,001074 * Q_{Dr} + 0,000502 * Q_{Du} \quad (1)$$

Pomoću navedene jednadžbe maksimalni vodostaj u Osijeku (H_{\max} -m.n.m.) se može izračunati iz protoka Drave kod Donjeg Miholjca (Q_{Dr} -m³/s) i Dunava kod Bezdana (Q_{Du} -m³/s) zabilježenih na isti dan.

Kako bi se utvrdio razlog nepostojanja podudarnosti između maksimalnih godišnjih protoka Drave i Dunava (slika 13), detaljnije su analizirani nizovi maksimalnih mjesečnih i godišnjih nizova protoka RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sum) metodom. Na taj se način promatrano razdoblje dijeli na podrazdoblja koja se međusobno statistički značajno razlikuju, što se utvrđuje T-testom i f-testom (Bonacci, 2010). Slika 15 prikazuje rezultate RAPS metode za maksimalne mjesečne protoke rijeke Drave, a slika 16 rezultate maksimalnih godišnjih protoka rijeke Drave. Kako se u Osijeku ne mjeri protok, analiziran je protok zabilježen na uzvodnoj postaji Donji Miholjac.

Analizom maksimalnih protoka Drave RAPS metodom utvrđeno je postojanje četiri podniza za mjesečne podatke i dva za godišnje, čije se srednje vrijednosti značajno statistički razlikuju na razini ($p < 0,05$), što je potvrđeno T-testom i f-testom. Važno je primijetiti da zadnji podniz koji traje od 1976. do 2014. god. karakterizira opadanje protoka. Podnizovi pojedinačno nisu prikazani zbog obima rada.

Bez obzira što je zabilježen niz maksimalnih protoka Dunava kod Bezdana značajno kraći u odnosu na niz protoka Drave, cijelo je razdoblje podijeljeno na četiri značajno statistički različita podniza ($p < 0,05$) za maksimalne mjesečne, odnosno dva podniza za maksimalne godišnje protoke. Zanimljiva su zadnja dva podniza dobiveni na bazi maksimalnih mjesečnih protoka: opadanje vrijednosti protoka prema RAPS metodi je trajalo do 1994. godine od kada slijedi porast i traje do 2013. god. (slika 17). Prema godišnjim maksimumima, porast se bilježi od 1994. god. do kada je trend protoka bio u opadanju (slika 18).

Smanjenje maksimalnih protoka na rijeci Dravi koje traje od 1976. god. može biti posljedica puštanja u pogon prve hidroelektrane na području Hrvatske godinu dana ranije (HE Varaždin, 1975. god.). Od tada su puštene u rad još dvije HE u razdoblju od 1975. do 1989. god. (Bonacci et al., 2010.). Dobiveni oprečni rezultati za Dunav i Dravu su u skladu sa činjenicom da su u posljednje vrijeme češće poplave na području grada Osijeka uzrokovane usporom Dunava, a ne visokim vodama Drave kako je bio slučaj u prošlosti. Kako je ranije navedeno, nijedna poplava nije uzrokovana istovremenim visokim vodama Drave i Dunava (samo je poplava 1966. godine bila blizu), a vrlo je vjerojatno da se to neće ni dogoditi jer su protoci i vodostaji rijeke Drave u opadanju, a Dunava u porastu.

5. ZAKLJUČAK

Poplave, osim zbog velikih šteta koje uzrokuju, izazivaju veliko zanimanje zbog svoje složenosti. Je li učestalost poplava veća u zadnjih nekoliko desetljeća i što je glavni uzrok; ljudska intervencija ili klimatske promjene, samo su neka od često postavljanih pitanja. Na području grada Osijeka još je više izražena složenost poplava zbog blizine Dunava.

Izvođenje regulacijskih radova na dionici od ušća do Osijeka na rijeci Dravi započelo je još u 19. stoljeću i nakon toga opsežnih regulacijskih radova tih razmjera nije bilo. Osim brojnih regulacijskih radova izgrađeni su i nadvišeni nasipi čime ja znatno smanjen inundacijski pojas, a i korito je skraćeno presjecanjem meandara. Kako



Slika 17. RAPS maksimalnih mjesečnih protoka rijeke Dunav zabilježenih na postaji Bezdan u razdoblju od 1950. do 2013. god.



Slika 18. RAPS maksimalnih godišnjih protoka rijeke Dunav zabilježenih na postaji Bezdan u razdoblju od 1950. do 2013. god.

se ovim radovima ograničava korito u poprečnom profilu, rezultat bi trebala biti izražena erozija zbog povećane brzine strujanja. Promatranjem uzdužnih i porečnih profila snimanih kroz posljednja tri stoljeća, generalni utjecaj bilo erozije ili taloženja ne može se dokazati. Ljudska intervencija je na promatranom potezu nadjačana prirodnim tokom Drave, ali i snažnim utjecajem vode koja dolazi usporom Dunava. Smanjenje maksimalnih protoka na postajama Donji Miholjac i Osijek, što je dokazano RAPS metodom, može se povezati s utjecajem izgrađenih hidroelektrana uzvodno od Osijeka.

Sve provedene analize potvrđuju da na vodostaje u Osijeku znatno veći utjecaj imaju vode Dunava koje od 1994., odnosno 1995. god. imaju trend porasta za razliku od Drave gdje su maksimalni protoci u opadanju. Upravo je to razlog na kojem se temelji tvrdnja da se vrlo vjerojatno u budućnosti neće, kao što nisu ni do sada, istovremeno dogoditi velike vode na Dravi i Dunavu, što bi za Osijek imalo značajne posljedice. ■

LITERATURA

- Andraković V.; Jukić M. (2009): Dinamika stanovništva grada Osijeka od 1857.-2011. godine. U: Martinčić J (ed) Anali Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Osijeku 25, pp 23-46
- Biondić, D. (1999.): Erozija korita rijeke Drave. *Građevinar*, 51(5), 321-328.
- Bonacci, O. (2010.): Analiza nizova srednjih godišnjih temperature zraka u Hrvatskoj. *Građevinar*, 62, 9, 781-791.

- Bonacci, O.; Tadić, Z.; Trninić, D. (1992.): Effects of dams and reservoirs on the hydrological characteristics of the Drava River. *Regulated Rivers: Research and Management*, 7(4), 349-357. DOI: 10.1023/A:1023417102053.
- Bonacci, O.; Oskoruš, D. (2010.): The changes in the lower Drava River water level, discharge and suspended sediment regime. *Environmental Earth Sciences*, 59, 1661-1670. DOI 10.1007/s12665-009-0148-8.

- Brazdil, R.; Kundzewicz, Z. W.; Benito, G. (2006.): Historical hydrology for studying flood risk in Europe. *Hydrological Sciences Journal*, 51(5), 739-764. DOI: 10.1623/hysj.51.5.739.
- Državni arhiv u Osijeku: karte iz 1976. i 1898. god.
- Đuroković, Z.; Haničar, D.; Grđan, L.; Brezak, S. (2008.): Flood protection experiences on the Drava River basin in Croatia. *International Symposium „Drava River Vision“*, http://www.life.drau.at/?page=symposium&tid=59&menu=15&lng=1&sub_id=15. Accessed 12 October 2014
- Kundzewicz, Z. W.; Graczyk, D.; Maurer, T.; Pińskwar, I.; Radziejewski, M.; Svensson, C.; Szwed, M. (2005.): Trend detection in river flow series: 1. Annual maximum flow, *Hydrological Sciences Journal*, 50(5), 797-810. DOI: 10.1623/hysj.2005.50.5.797.
- Mažuran, I.; Vrbošić, J. (1997.): *Osijek na obalama stoljeća*. Matica Hrvatska ogranak Osijek, Osijek.
- Plevnik, B. (1987.): *Stari Osijek*. Matica Hrvatska ogranak Osijek, Osijek.
- Wanner H.; Beck C.; Brazdil R.; Casty C.; Deutsch M.; Glaser R.; Jacobett J.; Luterbacher J.; Pfister C.; Pohl S.; Sturm K.; Werner P. C.; Xoplaki E. (2004.): Dynamic and socioeconomic aspects of historical floods in Central Europe. *Erdkunde*, 58(1), 1-16. DOI:10.3112/erdkunde.2004.01.01.
- Živaković-Kerže, Z. (2002.): Drava kao os života, razvoja i odnosa kroz povijest – Poseban osvrt na donji tok rijeke. In Martinčić J (ed) *Anali Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Osijeku* 18, 41-77.

THE DRAVA AND DANUBE IMPACTS ON THE FLOODS IN OSIJEK THROUGHOUT HISTORY

Abstract. Floods in the City of Osijek area and its surroundings have been recorded since the 18th century. From that time period, a part of the surrounding wetland area has been transformed into settlements and agricultural surfaces whereas the Drava course has been shortened and its inundation surfaces reduced. The vicinity of the Drava and Danube confluence proved to be of utmost importance due to the backwater impact. Hydrological analyses performed from 1926 to 2014 showed that maximum Drava water levels at Osijek are under a stronger influence by the Danube than by the Drava, while the joint influence of both river flows exert the strongest influence. The RAPS values of the maximum monthly and annual discharges were calculated, and the results show that the Drava discharges have decreased since the end of 1976, while the Danube records increases since 1995.

Key words: Osijek, flood, Drava, Danube, backwater, RAPS

DIE FLÜSSE DRAU UND DONAU UND DIE ÜBERSCHWEMMUNGEN IN OSIJEK IM LAUFE DER GESCHICHTE

Zusammenfassung. Auf dem Gebiet der Stadt Osijek und in ihrer Umgebung werden Überschwemmungen seit dem 18. Jahrhundert registriert. Seit dieser Zeit ist ein Teil des Sumpfbereiches in Siedlungen und landwirtschaftliche Nutzfläche umgewandelt, der Flusslauf der Drau verkürzt und das Vorland verkleinert worden. Die Nähe der Mündung der Drau in die Donau ist auch wegen der Auswirkung des Wasserrückstaus besonders wichtig. Die zwischen 1926 und 2014 ausgeführten hydrologischen Analysen zeigen, dass der Durchfluss der Donau einen größeren Einfluss auf maximale Wasserstände der Drau bei Osijek hat als der Durchfluss der Drau, und dass der gemeinsame Durchfluss beider Flüsse den größten Einfluss hat. Mit Hilfe der RAPS-Methode (rescaled adjusted partial sums) sind maximale Monats- und Jahresdurchflüsse errechnet worden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Durchflusswerte der Drau seit dem Ende des Jahres 1976 niedriger werden, während die Durchflusswerte der Donau seit dem Jahr 1995 höher werden.

Schlüsselwörter: Osijek, Überschwemmung Drau, Donau, Wasserrückstau, RAPS