

PROCENA RIZIKA OD POPLAVNIH TALASA I PREDLOG ADAPTACIONIH REŠENJA ZA TRETMAN OTPADNIH VODA GRADA NOVOG SADA**FLOOD RISK ASSESSMENT AND ADAPTATION SOLUTIONS FOR THE TREATMENT OF WASTEWATER IN THE CITY OF NOVI SAD**

Daria Ilić, Maja Turk Sekulić, Slobodan Kolaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INŽENJERSTVO TRETMANA I ZAŠTITE VODA-TEMPUS

Kratak sadržaj – U radu je dat prikaz analize rizika od poplavnih talasa i adaptacionih rešenja za tretman otpadnih voda grada Novog Sada. Prikazane su osnove za projektovanje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, moguće opcije lokacija postrojenja i potencijalna rešenja tehnoloških procesa prerade otpadne vode.

Ključne reči: *Otpadna voda, procesi prečišćavanja otpadnih voda, SBR tretman, aktivni mulj, obrada mulja*

Abstract – *The paper analyzes the risk assessment of flood waves and adaptation solutions for the treatment of municipal wastewater in the City of Novi Sad. A detailed analysis of the basis for the design of the wastewater treatment plant, possible options for the location of the plant and options for the wastewater treatment process was performed.*

Keywords: *Wastewater, Wastewater treatment processes, SBR treatment, Activated sludge, Sludge treatment,*

1. UVOD

Otpadne vode predstavljaju otpadne tokove, odnosno iskorišćene vode iz svih tipova naselja, domaćinstava i industrija. Prema sastavu su složene smeše različitih kategorija voda, gde svaka komponenta ima izmenjen izvorni sastav, biološke, fizičke i hemijske parametre. Otpadne vode međusobno fluktuiraju po količini, sastavu, biološkoj aktivnosti i higijenskom statusu.

Ulaze u ciklus kruženja vode u prirodi, pri čemu se tokom upotrebe njihov sastav izmeni u znatno većoj meri nego što se to događa u prirodnim uslovima [1]. Prečišćavanje otpadnih voda podrazumeva separaciju ili redukciju koncentracionih nivoa različitih zagađujućih materija u njima.

Značajni parametri kvaliteta otpadnih voda su organsko opterećenje (definisano preko BPK₅, HPK), količina suspendovanih materija (SS), konduktivnost, nutrijenti azot i fosfor, temperatura, mutnoća, miris, teški metali, boja, patogeni organizmi i pH vrednost.

Redukcija rastvorene i dispergovane biorazgradive organske materije, azota (N), fosfora (P) i stabilizacija

organske materije postiže se putem različitih mikroorganizama, prvenstveno bakterija [1]. Uslovi u pogledu kvaliteta efluenta, definisani su i propisani zakonskim uredbama u pogledu kvaliteta efluenta za ispuštanje u recipient koji služe prilikom dizajniranja tretmana za određivanje potrebnog stepena prečišćavanja otpadne vode.

Kod dimenzionisanja postrojenja za prečišćavanje otpadne vode (PPOV), projektovana veličina postrojenja zavisi od broja stanovnika, načina života koji se vodi u toj regiji, razvoja industrije, geografskog područja, veličine slivne površine, količine i sastava otpadnih voda. Izbor efikasnog i izvodljivog procesa zavisi od kvaliteta ulazne otpadne vode, kvaliteta izlazne prečišćene otpadne vode, prostora potrebnog za postrojenje, nusprodukata i kvaliteta emisija [1].

U svetlu sve većeg stepena zabrinutosti vezanog za postojeće i potencijalne uticaje ekstremnih klimatskih događaja i posledica koje one imaju na socijalno ekonomski aspekt društva i životnu sredinu, potrebno je uraditi procenu uticaja ekstremnih klimatskih promena na sve velike infrastrukturne objekte. U ovom slučaju potrebno je uraditi procenu rizika od pojave poplavnih talasa odnosno analizu rizika i eventualnih adaptacionih rešenja u slučaju prekomernih padavina, poplava i drugih akcidentnih događaja, što je od izuzetnog značaja sa aspekta redukcije stepena rizika i minimizacije finansijskih gubitaka.

Pod pojmom katastrofalnih rizika, pre svega, podrazumevaju se prirodne nepogode kao što su: poplave (fluvi- alne i pluvijalne), visoke vode, oluja, uragan, zemljotres, klizanje tla, požari, eksplozije ili ratni rizici, atomski rizici ili rizici od terorističkih napada, rizik nuklearnog terorizma ili pandemije bolesti. Mogu biti rezultat kako prirodnih, tako i antropogenih uticaja. Za društvo kao celinu, ispoljavanje katastrofalnog rizika dovodi do poremećaja velikog broja funkcija karakterističnih za svako društvo [2].

Katastrofalni rizici klasifikuju se na:

- rizike od prirodnih katastrofa (zemljotresi, olujni vetrovi, poplave, vulkanske erupcije);
- rizik kritične infrastrukture (transportni sistemi, vodosnabdjevanje, sistemi za električnu energiju, kompleksni sistemi);
- katastrofalne ekološke rizike (klimatske promene, genetski inženjering, nuklearne centrale);
- rizike ljudskog faktora, terorizam.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Maja Turk Sekulić, red. prof.

Hazard (događaj) koji je nemoguće predvideti, ali znamo da će do njega doći, nazivamo štetnim događajem. Rizik od datog štetnog događaja, u ovom slučaju poplava, predstavlja verovatnoću pojave štete na ugroženom području. Događaj smatramo katastrofalnim ako je izazvao štetu velikih razmera u tri različite kategorije: život i zdravlje ljudi, ekonomija/ekologija i društvena stabilnost. Nakon pojave nekog katastrofalnog događaja kao odgovor na njegov uticaj i spremnost za budući, nastupa period od šest faza, od kojih svaka faza zahteva drugačiji spektar aktivnosti reagovanja: odgovor (faza vanredne situacije), oporavak, razvoj, prevencija, ublažavanje i spremnost [2].

2. OSNOVE ZA PROJEKTOVANJE PPOV

Projektno rešenje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda grada Novog Sada obuhvata odabir tretmana obrade vode, gde je predloženo da se vrši predtretman, primarno, sekundarno, tercijarno prečišćavanje otpadnih voda i tretman mulja.

Predtretman podrazumeva separaciju krupnih nečistoća, inertnog materijala, peska, masti i ulja na gruboj i finoj rešetci, kao i ujednačavanje sastava i protoka efluenta. Pesak i masnoća uklanjaju se u kružnim primarnim taložnicima. Primarni taložnici uklanjaju do 10% ukupnog azota, 10% ukupnog fosfora, do 30 % BPK i 55 do 60 % ukupne suspendovane materije, smanjujući opterećenje daljih procesnih jedinica [4]. Mulj i plivajuće materije koji su uklonjeni u primarnim taložnicima (PST) prenose se do jedinice za prečišćavanje mulja. Na osnovu niza procena i analiza, za sekundarno prečišćavanje, kao najadekvatnija rešenja, pokazali su se: konvencionalni aktivni mulj (CAS), sekvencionalni šaržni reaktor (SBR) i membranski bioreaktor (MBR), kao i anaerobno prečišćavanje mulja [3]. Konvencionalni aktivni mulj predstavlja masu mikroorganizama uzgojenih u procesu prečišćavanja u cilju potpune ili delimične razgradnje organskih materija do ugljen dioksida, vode i određenih neorganskih jedinjenja. Postupak sa aktivnim muljem bi imao tri osnovne komponente: reaktor, u kojem se nalaze suspendovani aerobni mikroorganizmi koji u dodiru sa otpadnom vodom započinju prečišćavanje; jedinica za separaciju tečnosti i čvrstih materija koja se naziva sekundarni taložnik (SST); i sistem recirkulacije mulja, za recirkulaciju aktivnog mulja na početak procesa [3].

SBR je sistem punjenja i pražnjenja aktivnog mulja. Ciklus rada svakog SBR ima četiri faze. Tokom faze "punjenja" aktivan je sistem mehaničkih miksera i kompresora vazduha. Nakon punjenja SBR-a druga faza je faza "aeracije" u kojoj se odvija glavna redukcija organskog ugljenika kao i nitrifikacija amonijaka. Tokom treće faze, koja se naziva "taloženje", aktivni mulju se taloži u mirnim uslovima [1]. Kao poslednja faza ciklusa planira se "izvlačenje", gde bi se gornji sloj bistrog efluenta izdvajao iz SBR-a pomoću dekantera. Za potencijalnu nadogradnju, za fazu tercijarnog prečišćavanja sugerise se povećanje broja SBRa, kako bi se omogućili procesi nitrifikacije – denitrifikacije. Mikseri koji su projektovani za SBR rezervoare, obezbeđuju ujednačen kvalitet otpadnih voda i sprečavaju taloženje tokom procesa potencijalne denitrifikacije [3].

MBR je sistem aktivnog mulja sa membranama, smeštenim na kraj rezervoara sa aktivnim muljem, za separaciju tečnosti i čvrste materije. Membrane su montirane u module, koji se spuštaju u bioreaktore. Moduli su sačinjeni od membrana, potporne konstrukcije za membranem, ulazne i izlazne veze napajanja i celokupne potporne konstrukcije. Membrane su pod vakumom (manjim od 50 kPa), koji obezbeđuje protok vode kroz membrane, dok čvrste materije ostaju u reaktoru. Kako bi se minimiziralo taloženje čvrstih materija i prljanje spoljašnjosti membrane, uvodi se, putem distributivne cevi sa više otvora, komprimovani vazduh na dnu membranskog modula.

Kako se mehurići vazduha podižu prema površini, dolazi do spiranja površine membrane. Vazduh, takođe, omogućava održavanje aerobnih uslova u u reaktoru, kao i čvrstih materija u suspendovanoj fazi. U potencijalnoj fazi nadogradnje čitavog procesa, za tercijarno prečišćavanje trebalo bi da bude obezbeđena, pre rezervoara za aeraciju, dodatna komora za denitrifikaciju, slično kao kod konvencionalnog aktivnog mulja. U komori bi bili postavljeni mikseri koji obezbeđuju ujednačen protok i kvalitet otpadne vode i sprečavaju taloženje. Pored recirkulacije mulja, recirkuliše se i otpadna voda od aerisanog do anoksičnog dela kako bi se obezbedila denitrifikacija nitrata nastalih oksidacijom amonijaka koji je prisutan u otpadnim vodama. Jedinice za obradu mulja uključuju stabilizaciju i dehidrataciju [3].

3. PROCENA OPASNOSTI OD POPLAVA

U današnje vreme, rizik od različitih vrsta poplava konstantno se povećava. Klimatske promene, rezultiraju povećanjem količine padavina, porastom temperature, frekvencije i intenziteta kišnih oluja, što sve direktno utiče na status poplavnih talasa. Poplave su u Evropi postale učestalije od 1985. godine. Statistika beleži više nego dvostruko veći broj bujičnih poplava u poređenju s kasnim osamdesetim godinama prošlog veka. Prema navodima Evropske agencije za životnu sredinu [5], usled sve snažnijih i učestalijih poplava na lokalnom i regionalnom nivou, negativne posledice rečnih i bujičnih poplava na teritoriji Evrope postaju sve značajnije.

Zakonom o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama („Službeni glasnik RS”, broj 87/2018) uređuje se smanjenje rizika od katastrofa, prevencija i jačanje otpornosti i spremnosti pojedinaca i zajednice za reagovanje na posledice katastrofa. Zaštita i spasavanja ljudi, materijalnih, kulturnih dobara i druga pitanja od značaja za organizovanje i funkcionisanje sistema smanjenja rizika od katastrofa i upravljanja vanrednim situacijama.

Postoji više različitih vrsta poplava, u zavisnosti od njihovog porekla ili posledica koje imaju. Različite vrste poplava mogu se prepoznati na osnovu: porekla vode (izvor), geografija područja prijema, uzroka, brzine nastupanja. Kako razlikujemo poplave i njihove posledice, tako se i verovatnoća pojave takođe razlikuju, i na kraju i rizik. Pre nego što se izvrši procena opasnosti, potrebno je utvrditi koje vrste poplava su dominantne i katastrofalne u slivu, jer u praksi izbor opasnosti i primenjene metode procene rizika variraju u zavisnosti od vrste poplave.

Opšte prihvaćena definicija u svetu za rizik od poplave je definisan na sledeći način [6]:

$$\text{rizik od poplave} = \text{opasnost (od poplave)} \times \text{ranjivost (društva/područja)}.$$

Kao što je navedeno u radu [7], navedena definicija rizika od poplava prihvaćena je i od strane EU Floods Directive, 2007. Pojedini stručnjaci smatraju da je definicija rizika kreirana na Univerzitetu tehnologije u Delftu preciznija [7]:

$$\text{rizik od poplave} = \text{verovatnoća (od poplave)} \times \text{posledice},$$

Autori smatraju da je za procenu opasnosti od poplave neophodno utvrditi i uzeti u obzir sve katastrofalne događaje iz prošlosti. Takođe, potrebno je proceniti veličinu i učestalost poplava. Poplave se ne dešavaju svake godine ili u poznatim i definisanim vremenskim intervalima. Njihov opseg je takođe različit. Velike poplave se javljaju ređe od srednjih ili malih.

Cilj procene opasnosti od poplave jeste procena verovatnoće pojave poplave tokom određenog vremenskog perioda. Iz razlika u verovatnoće pojava poplava različitih razmera, proizilazi koncepta povratnog perioda, odnosno prosečnog vremenskog perioda za poplave koje su jednake ili premašuju neki zacrtani nivo.

Povratni period je takođe poznat kao interval ponavljanja predstavljen simbolom T i izražen kao periodu godinama. Što je veći broj godina u intervalu ponavljanja, to je manja verovatnoća da će se ta poplava odviti u određenoj godini. Sve analize verovatnoće pojave nekog ekstremnog događaja se baziraju na obradi podataka iz prošlosti [7]. Pretpostavlja se da će klimatske karakteristike iz prošlosti, tokom proteklih 100 godina, biti iste ili slične u narednih sto i više godina.

Treba imati u vidu da klimatske promene imaju veću neizvesnost u proceni opasnosti i ugroženosti. Ovo će znatno otežati predviđanje i procenu rizika od katastrofa u budućnosti. Potrebno je naglasiti da se pojedini antropogeni uticaji na kapacitet korita reke, da prihvati ekstremni talas, tumače i posmatraju kao klimatske promene. Pod tim se podrazumevaju: izgradnja objekata u koritu reke, sužavanje korita za veliku vodu izgradnjom nasipa, veći koeficijent oticaja sa sliva zbog seče šuma ili izgradnja naselja.

U okviru procene rizika od poplava, posebno se razmatra događaj sa maksimalno mogućom štetom od poplave. To je šteta koju bi izazvala poplava najvećeg ikada izmerenog nivoa vode, po najgorem scenariju. Odbrambeni nasipi na rekama u Srbiji dimenzionisani su na 100-godišnji povratni period (veliku vodu). Merodavni nivo vode za dimenzionisanje nasipa određuje se na osnovu statističke analize određenog niza maksimalnog godišnjeg vodostaja, procena rizika i potencijala šteta od poplava koje se vrše za povratne periode od 5, 20 i 100 godina [7].

4. PROCENA RIZIKA OD POJAVE POPLAVNIH TALASA NA PPOV GRADA NOVOG SADA

Na osnovu kompletne analize tehničko-tehnoloških zahteva i potencijalnih rizika od katastrofalnih događaja, svojena je lokacija Postrojenja za tretman otpadne vode – Rokov Potok, koja se nalazi na desnoj obali Dunava,

nizvodno od izvorišta pitke vode Petrovaradinska Ada, u podnožju Petrovaradinske tvrđave i podgrada (Sika 1). Prosečna visina terena parcele je 77 m.n.J.m.



Slika 1. Lokacija novoprojektovanog Postrojenja za tretman otpadnih voda grada Novog Sada

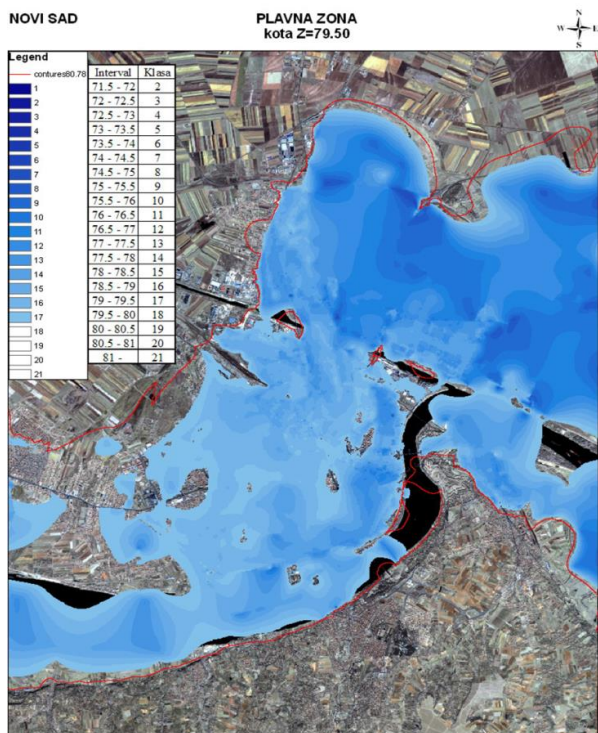
Izabrana lokacija PPOV-a nalazi se na inundaciji reke Dunav, koju je reka u prošlosti plavila i postoji potencijalna opasnost od poplavnog talasa. Pomenuta površina se nalazi u formiranoj retenziji koja je omeđena odbrambenim nasipom na severoistoku i jugu, dok se na zapadu izdiže nasip sa obnovljenom putnom saobraćajnicom. Saobraćajnica vodi sa novog mosta ka budućoj petlji Petrovaradin istok, koja će biti sastavni deo autoputa Fruškogorskog koridora.

Kako nasip na zapadu retenzije predstavlja deo pristupne rampe novog Žeželjevog mosta i zaštitu podgrada Petrovaradinske tvrđave od velikih voda Dunava, kota krune nasipa je znatno viša od nivoa mogućih poplavnih talasa. Nasipi na jugu ujedno štite retenziju od bujičnih voda i velikih voda iz Rokovog potoka, koje su pod uticajem velikih voda Dunava pri nailasku poplavnog talasa.

Nasipi na severoistoku i jugu retenzije imaju prosečnu kotu krune preko 80.0 m.n.J.m., međutim rekognosciranjem terena utvrđeno je da postoje kritična mesta duž nasipa na kojima je kota znatno niža. Analize studije [8], urađene za potrebe JVP „Vode Vojvodine“ 2011. godine, ukazuju na zone plavljenja područja Novog Sada pri različitim nivoima poplavnog talasa. Na Slici 2. prikazane su zone plavljenja pri poplavnom talasu na koti 79.50 m.n.J.m. Ako posmatramo samu lokaciju PPOV, u slučaju kote 79.50 m.n.J.m dolazi do plavljenja i retenzije u kojoj se nalazi lokacija PPOV. Dakle, taj nivo poplavnog talasa predstavlja katastrofalni događaj za budući infrastrukturni projekat. Predstavljeni pristup određivanja plavnog područja podrazumeva korišćenje istorijskih podataka o poplavi i topografskih karata.

Sa razvojem tehnologije i geodetskih sistema premera laserskim skeniranjem, stekli su se uslovi za formiranje digitalnih modela terena (DTM) koji su osnov za hidrauličko modelovanje, kao adekvatniji pristup. Analiza hidrauličkim modelima bazira se na primeni linijskih i prostornih matematičkih modela koji su u stanju da uspešno simuliraju strujanje u otvorenim tokovima. Dvodimenzionalni (2D) modeli izračunavaju protok i nivoje paralelno sa glavnim tokom, kao i neparalelno, što je slučaj kretanja vode u inundacijama i prilikom preliivanja u zaleđe nasipa.

Mogu se koristiti za modelovanje područja složene topografije, kao što su šire poplavne ravnice ili retenzije. U doktorskoj disertaciji urađenoj na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu [9] sprovedena je analiza u kojoj je formiran prostorni (2D) model Dunava kroz Srbiju u softverskom paketu HEC-RAS. Dati model, u prikazanom istraživanju, korišćen je za procenu rizika selektovanog lokaliteta PPOV-a. Konkretno za posmatranu lokaciju rezultati analize su pokazali da bi pri nivoima vode Dunava većim od 79.20 m.n.J.m. došlo do plavljenja predviđene retenzije.



Slika 2. Površine i dubine plavljenja Novog Sada za slučaj nivoa 79.50 m.n.J.m [6]

5. ZAKLJUČAK

U okviru rada prikazana je analize projekta izgradnje PPOV grada Novog Sada, sa predloženim lokacijama, tretmanima prerade vode i mulja. Prodiskutovana je i predstavljena procena rizika od pojave poplavnih talasa na lokaciji PPOV, na osnovu koje se može zaključiti da izabrani lokalitet predstavlja potencijalno plavno područje. Iz tog razloga, lokaciju Postrojenja za tretman komunalnih otpadnih voda grada Novog Sada neophodno je osigurati saniranjem kritičnih mesta duž nasipa na kojima je kota niža. Sama lokacija Postrojenja se nalazi u retenziji čija je površina niža od nivoa poplavnog talasa. Međutim, projektovani nasipi su dovoljno široki i smatra se da njihova konstrukcija (materijal, oblik, zbijenost po slojevima) omogućuje, uz pomenuto saniranje kritičnih mesta retenzija, sigurnu zaštitu od potencijalnog stogodišnjeg poplavnog talasa.

6. LITERATURA

[1] Kolaković S. Vujović S., "Postupci i postrojenja za tretman voda". Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011.

[2] Babić, B. "Identification and definition of risk, threats and disasters." Risk Management in the Western Balkans: 2.

[3] Višeslav R., Srdić T., Durus A. i dr. "Prethodna studija opravdanosti za postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda u Novom Sadu", Novi Sad, 2016

[4] Janković M., Povrenović D., "Osnovne tehnologije prečišćavanja otpadnih voda", Tehnološko-metalurški fakultet" Beograd, 2013.

[5] European Environment Agency, "Flood risks and environmental vulnerability.", No 1/2016.

[6] Ndini M., "Opasnosti od poplava i procena rizika", Novi Sad, 2020.

[7] EU-funded Integrated project, WL| Delft Hydraulics, Deltares, "Flood risk assessment and flood risk management", Report Number T29-09-01, pp. 13-15, 2009.

[8] Kolaković S., Budimski Lj., Vujović S., Jeftenić G., Mašić B., Kolaković S.S., Studija: Druga odbrambena linija pored leve obale Dunava u funkciji zaštite od velikih voda Novog Sada, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, avgust 2011.

[9] Kolaković S.S., „Model upravljanja poplavama na ravničarskim rekama na primeru Dunava kroz Srbiju“, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2017.

[10] Radonić, J., Turk Sekulić, M., Čulibrk, D., Drews, M., Dømggaard, M. L., and Wortmann, M. Climate services for large scale investments in infrastructure and climate resilience in the Danube Basin. EGU General Assembly, 2020, EGU2020-20103, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-20103>, 2020.

[11] Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama („Službeni glasnik RS”, broj 87/2018),

Kratka biografija:



Daria Ilić rođena je u Novom Sadu 1996. god. Osnovne akademske studije završila na Fakultetu tehničkih nauka, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstva tretmana i zaštite voda – Procena rizika od poplavnih talasa i predlog adaptacionih rešenja za tretman komunalnih otpadnih voda Grada Novog Sada, 2021.

kontakt: dariailic23@gmail.com



Maja Turk Sekulić rođena je 1976. godine u Novom Sadu. Gimnaziju Jovan Jovanović Zmaj završila je 1995. godine. Diplomirala na Tehnološkom fakultetu 2003. godine. Doktorirala 2009. godine na Fakultetu tehničkih nauka. Uža oblast interesovanja – Zelene tehnologije tretmana u domenu inženjerstva zaštite životne sredine.

kontakt: majaturk@uns.ac.rs