

**SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE**



**37. MEĐUNARODNI  
STRUČNO-NAUČNI SKUP**

**ZBORNİK RADOVA**

**VODOVOD  
I KANALIZACIJA '16**

Vrdnik, 11-14. oktobar 2016.

<i>Milan Đorđević</i>	
<b>Primena sistema daljinskog očitavanja potrošnje vode u našim vodovodima .....</b>	<b>211</b>
<i>Stevan Prohaska, Vladislava Bartoš Divac, Dragan Đukić, Nedeljko Todorović, Zoran Vučinić</i>	
<b>Intenziteti jakih kiša u Srbiji za potrebe dimenzionisanja kišne kanalizacije .....</b>	<b>219</b>
<i>Branko Sekulić, Aleksandra Marjanović, Goran Ćorilić</i>	
<b>Kanalisanje fekalnih otpadnih voda – nov pristup poznatom/teorija i praksa .....</b>	<b>224</b>
<i>Sreten Tomović, Dragan Milićević, Ljiljana Anđelković</i>	
<b>Prikaz postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda „Buljarica“ .....</b>	<b>230</b>
<i>Branislava Matić, Verica Jovanović, Ljiljana Jovanović, Radmila Šerović</i>	
<b>Dispozicija otpadnih voda iz zdravstvenih ustanova u Srbiji.....</b>	<b>239</b>
<i>Katarina Spasović, Snežana Đuranović, Miljana Rančić</i>	
<b>Kvalitet otpadnih voda i stanje deponija u Republici Srbiji – ispitivanja izvršena u ustanovama javnog zdravlja.....</b>	<b>246</b>
<i>Jovana Tončić, Jasna Čolić, Anđelka Petković, Tanja Nenin</i>	
<b>Karakterizacija procednih voda.....</b>	<b>252</b>
<i>Jasna Čolić, Tanja Nenin, Anđelka Petković, Jovana Tončić</i>	
<b>Uticaj otpadnih voda termoelektrana na Mlavi i Dunavu .....</b>	<b>257</b>
<i>Katerina Atkovska, Hamdije Memedi, Kiril Lisichkov, Gordana Ruseska, Shaban Jakupi, Stefan Kuvendziev, Mirko Marinkovski, Anita Grozdanov</i>	
<b>The influence of the municipal solid waste landfill on the quality of the regional water resources .....</b>	<b>262</b>
<i>Dragan Marinović, Zoran Dimitrijević, Marina Stojanović, Svetlana Nikolić</i>	
<b>Prečišćavanje otpadnih voda grada Kraljeva .....</b>	<b>267</b>
<i>Veljko Đukić</i>	
<b>Prečišćavanje otpadnih voda iz tekstilne industrije .....</b>	<b>276</b>
<i>Ivan Milojković, Miodrag Popović, Natalija Pavlović</i>	
<b>Analiza metoda uklanjanja ulja iz atmosferskih otpadnih voda u TE-TO „Novi Sad“ .....</b>	<b>282</b>
<i>Danijela Kardaš, Petar Gvero</i>	
<b>Otpadna voda kao obnovljivi izvor energije .....</b>	<b>288</b>

## ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА ГРАДА КРАЉЕВА

### WASTE WATER TREATMENT PLANT CITY OF KRALJEVO

ДРАГАН МАРИНОВИЋ<sup>1</sup>, ЗОРАН ДИМИТРИЈЕВИЋ<sup>2</sup>,  
МАРИНА СТОЈАНОВИЋ<sup>3</sup>, СВЕТЛАНА НИКОЛИЋ<sup>4</sup>

**Резиме:** У свим земљама, у борби за очување заштите животне средине, загађивање вода, отпадним водама спада у веома озбиљне и сложене еколошке проблеме. Отпадне воде загађују реке, језера, мора и подземне воде и поспешују развој микроорганизама који троше кисеоник, што доводи до утинућа риба и појаве патогених микроба. Загађивање вода и утврђивање степена њене загађености многобројним микробиолошким, физичким агенсима и разноврсним хемијским супстанцама, постаје све већи здравствени и опште друштвени проблем. Пречишћавање индустријских и комуналних отпадних вода, пре испуштања у водотокове, је од великог значаја за утврђивање контаминираниости воденог екосистема и заштите човековог здравља. Циљ рада је приказ резултата пречишћавања индустријских и комуналних отпадних вода града Краљево на градском систему за пречишћавање отпадних вода. Испитивани физичко хемијски параметри рађена су пре и после градског система за пречишћавање отпадних вода. Добијени резултати указују да се ефекат пречишћавања присутних физичко хемијских параметара у отпадној води креће од 0 - 19%.

**Кључне речи:** отпадна вода, пречишћавање

**Abstract:** In all countries, in the fight for the preservation of environmental protection, water pollution, waste water is one of the very serious and complex environmental problems. Waste waters pollute rivers, lakes, sea and ground water and promote the development of micro-organisms that consume oxygen, which leads to the death of fish and the occurrence of pathogenic microbes. Water pollution and determination of its numerous microbiological contamination, physical agents and various chemical substances, is becoming an increasing health and general social problem. Purification of industrial and municipal waste water before discharge into waterways is of great importance for the contamination of the water ecosystems and the protection of human health. To present the results of purification of industrial and municipal wastewater in the city center Kraljevo system for wastewater treatment. The investigated physical and chemical parameters were

<sup>1</sup> Драган Мариновић, др сци. заштите животне средине, Завод за јавно здравље, Југ Богданова 66, Краљево

<sup>2</sup> Зоран Димитријевић, дипл инж. грађ, ЈКП „Водовод”, 27. марта 2, Краљево

<sup>3</sup> проф. др Марина Стојановић, Факултет заштите на раду, Чарнојевића 10а, Ниш

<sup>4</sup> др Светлана Николић, дипл. инж. тех, Технолошко-металуршки факултет, Карнегијева 4, Београд

performed before and after the city's system for wastewater treatment. The results indicate that the effect of purification present the physical and chemical parameters in waste water ranges from 0 - 19%.

**Key words:** waste water, purification

## 1. Увод

Вода која се на било који начин онечисти током употребе назива се отпадном водом. Она може бити онечишћена раствореним и нераствореним органским и неорганским материјама и микроорганизмима. Количина и степен загађености отпадних вода расту упоредо са урбанизацијом, развојем индустрије, пољопривреде и сточарства. Услед испуштања отпадних вода расту и штете које настају у реципијенту, водотоковима и акумулацијама воде, земљишту, односно у екосистему у целини. Испуштањем непречишћених отпадних вода дошло је до поремећаја екосистема који су временом нарастали до таквих размера да се пречишћавање отпадних вода наметнуло као неопходност. Процес пречишћавање отпадних вода је скуп тако да данас у свету имамо парадоксалну ситуацију. Развијене земље у одређеној мери пречишћавају отпадне воде, док неразвијене то не чине. Због тога развијене и богате земље трпе мање штете од неразвијених, сиромашних земаља нако у односу на неразвијене имају далеко веће количине и загађеније отпадне воде.

Утврђивање количине и загађености како индустријских, тако и комуналних отпадних вода, је основни корак приликом избора технологије и опреме за прихватање, пречишћавање и испуштање отпадних вода. Капацитет и трајање рада пумпи за транспорт отпадне воде нам говори о количини отпадне воде која се мери, процењује или прорачунава на основу потрошене воде или на основу норматива за отпадне воде (по глави становника, по јединици производа) што је, свакако, најмање сигуран начин.

Свака заједница одговарајућим стандардима регулише квалитет отпадне воде која се може испуштати у реципијент. Како се потребе за свежом водом стално повећавају, а њена количина је ограничена, вода почиње у све већој мери поново да се користи, свесно или несвесно, тако да квалитет отпадне воде све више диктира квалитет свеже воде, што намеће све већу потребу за пречишћавањем отпадне воде с циљем заштите реципијента, односно изворшта свеже воде.

У зависности од порекла, састав, поготову индустријских отпадних вода, веома варира тако да не постоји ниједан показатељ који је заједнички за све отпадне воде. У отпадним водама се одређује читав низ параметара, као што су боја, мутноћа, пена, уља и масти, ВРК5, НРК, рН, сува материја, суспендоване честице, тешки метали, нутријенти – азот и фосфор, токсичне супстанце. Избор полутаната у отпадној води који треба уклонити и потребан ниво његовог уклањања се решава за сваки случај посебно. При томе се морају узети у обзир:

- услови околине,

- применити одговарајућа научна сазнања,
- водити рачуна о искуствима из праксе и
- водити рачуна о законској регулативи која се односи на нормирање максимално дозвољених концентрација (МДК) загађујућих материја појединих ефлуената (ефлуената који се испуштају у јавну канализацију или у водопријемник).

Разликујемо четири степена пречишћавања отпадних вода:

- I степен (примарно пречишћавање): Механичко пречишћавање које обезбеђује уклањање таложивих и пливајућих материја.
- II степен (секундарно пречишћавање): Биолошко пречишћавање које обезбеђује уклањање растворених органских материја, колоидних и неталоживих чврстих материја.
- III степен (терцијарно пречишћавање): Уклањање нутријената (азотних и фосфатних материја).
- IV степен (кватернерно пречишћавање): Завршно пречишћавање ради уклањања преосталог оптерећења, и дезинфекција воде уколико је неопходна.

Муљ који потиче од пречишћавања отпадних вода треба поново употребити, кад год је то могуће. Начин диспозиције треба спровести уз максималну заштиту животне средине.

Испуштање непречишћених индустријских отпадних вода са штетним и опасним материјама у градски канализациони систем, директно у водотоке или септичке јаме доводи до угрожавања квалитета не само површинских, него чак и подземних вода. Квалитет испуштених вода треба да буде у границама законске регулативе и да је у циљу дугорочне политике заштите човекове околине неопходно изградити постројење за пречишћавање отпадних вода за сваки вид организованог живљења или индустријске производње.

Град Краљево има урађену стратегију одвођења и третмана отпадних вода општине Краљево још 2007. и изграђен градски систем за пречишћавање отпадних вода пре испуштања истих у реципијент у реку Ибар.

Одвођење отпадних вода на територији града Краљева је недовољно развијено и одвија се по сепаратном систему. Јавну канализацију, релативно коректну, има само Краљево на територији ГУП-а и Матарушке Бање. Изграђеност кишне канализације знатно касни за фекалном.

Почетак изградња јавне канализације у Краљеву датира још од 60-их година прошлог века и данас у граду постоје три главна колектора, црпна станица за препумпавање „Грдица“ и „Рибница“, и део постројења за пречишћавање отпадних вода.

Према пројекту из 80-их година прошлог века, предвиђено је конвенционално постројење за пречишћавање са активним муљем, капацитета

2x156.000 ЕС. 90-их година прошлог века изграђена је само црпна станица са пужним агрегатима, решетке и песколлов са мастоловом.

Ситуација у погледу уређења отпадних вода у сеоским насељима је посебно проблематична. Отпадне воде се изливају у најближе депресије, потоке или примитивно изграђене сенгрупе са понирућим ефектом, тако да све то у највећој мери утиче на санитарну и здравствену неисправност пијаће воде. Извесна сеоска насеља имају неке пројекте канализације, а нека и зачетке јавних канализација за поједине делове свог простора. Пречишћавање отпадних вода нема ни једно сеоско насеље.

Намена стратегије је сагледавање постојећег стања и приказивање техничких елемената за решавање проблема третмана отпадних вода насеља на територији општине Краљево, као и предлог основних смерница за наредне активности у овој области. Потпуно комунално уређење, дакле и изградња канализационе мреже и постројења за пречишћавање отпадних вода представља приоритетни задатак будућег развоја општине.

Решење сакупљања и одвођења употребљених отпадних вода, приказано у Студији, условљено је конфигурацијом терена у насељима, густином насељености, међусобном удаљеношћу насеља, положајем у односу на водене токове и инфраструктурне објекте и потенцијалним локацијама постројења за пречишћавање. Планирано је формирање шест тзв. подсистема на територији општине. Пет система формирају насеља која се могу груписати око централног постројења за пречишћавање.

- Подсистем 1 - Припадају му насеља која гравитирају градском постројењу за пречишћавање отпадних вода. То су насеља: Адрани (део на десној обали Мусине реке), Грдица, Жича, Јарчујак, Кованлук, Ковачи, Краљево, Метикоши, део Ратине у сливу Ибра, Рибница, Сирча, Чибуковац, Матаруге, Маратушка бања и Конарево. Планирано је СРРОВ капацитета 110.000 ЕС. Реципијент је река Ибар.
- Подсистем 2 - Сачињавају га насеља Мусина река и део Адрана (лева обала Мусине реке). Планирано је СРРОВ капацитета 1.500 ЕС. Реципијент је река Западна Морава.
- Подсистем 3 - Чине га део насеља Ратина у сливу Западне Мораве, Заколопача и Врба. Планирано је СРРОВ капацитета 4.000 ЕС. Реципијент је река Западна Морава.
- Подсистем 4 - Сачињавају га насеља Шумарице и Витановац. Планирано је СРРОВ капацитета 2.500 ЕС. Реципијент је река Западна Морава или Гружа.
- Подсистем 5 - Чине га насеља: Лађевици, Милочај, Обрва, Тавник и Цветке. Планирано је ЦШПОВ капацитета 5.500 ЕС. Реципијент је река Западна Морава.
- Подсистем 6 - Припадају му сва остала насеља на територији општине са малом густином насељености. Имајући у виду њихову просторну и

висинску разуђеност, предложено је формирање више мањих пакетних постројења за групе корисника. У оквиру подсистема планирано је јединствено постројење за насеље Ушће, капацитета 2.500 ЕС. Реципијент је река Ибар.

Одлуку о дефинитивним локацијама постројења за пречишћавање отпадних вода доносе надлежне службе општине Краљево у складу са урбанистичким и другим условима. Висински положај постројења дефинише се у главном пројекту у складу са условима надлежног министарства и јавних водопривредних предузећа.

На основу анализираних ситуација, имајући у виду првенствено очување спорадично нарушеног квалитета воде градског изворишта Жичко поље и Конарево, приоритет треба дати проширењу подсистема 1 – изградњи и доградњи канализационог система у насељима Матаруге, Матарушка бања и Конарево. Наглашава се и битност израде Катастра концентрисаних загађивача, који ће их детектовати по количини и степену загађења и наметнути обавезу пречишћавања таквих отпадних вода уз одговарајућу законску регулативу. Катастар постојећег стања канализационих инсталација је неопходан као основа за проверу функционалности система и све активности за његову реконструкцију и проширење. ЈКП „Водовод“ Краљево је у претходном периоду извршио снимање целокупне канализационе мреже и лоцирало све проблеме у систему.

Испитивање вода имају крајњи циљ да се утврди квалитативни и квантитативни састав отпадних вода. Мерење количине и квалитета отпадних вода обавља се најчешће због:

- сагледавања утицаја отпадних вода на реципијент,
- добијања потребних података за пројектовање уређаја за пречишћавање отпадних вода,
- управљања радом и контролом ефикасности уређаја за пречишћавање отпадних вода.

## 2. Експериментални део

У овом раду се дају резултати испитивања квалитета комуналних отпадних вода града Краљева пре и после пречишћавања као и одређивање степена пречишћавања пре улива у реципијент, реку Ибар.

Претпоставку да су комуналне отпадне воде града Краљева веома контаминирани потврдила је физичко хемијска анализа урађена са одговарајућом опремом и по важећим стандардним методама.

Квалитет који мора да задовољава отпадна вода града Краљева је регулисана Уредбом о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање, Службени гласник РС. 67/11, (Прилог 2, део III-комуналне отпадне воде, табела 3). Праћење квалитета

отпадних вода града Краљева је битно да би се утврдио њихов утицај на реципијент, реку Ибар.

Приступ коришћен у истраживању ефикасности пречишћавања отпадних вода је био да се уради физичко хемијска анализа отпадне воде пре и после пропуштања преко система за пречишћавање и одреди % пречишћавања. Добијени резултати су дати у табели (1, 2 и 3).

Табела 1. Резултати биохемијске потрошње кисеоника ( $BPK_5$ ) у отпадним водама града Краљева пре и после пречишћавања

	Параметар - добијена вредност		MDK	Најмањи % смањења	% смањења	Ознака методе
Датум узорковања	<b>BPK<sub>5</sub></b> (mgO <sub>2</sub> /l)		25,0	70-90		VMK 055
	Отпадна вода пре пречишћавања	Отпадна вода после пречишћавања				
26.03.2015.	77,0	77,0			0,00	
27.05.2016.	92,0	102,0			0,00	
09.06.2015.	54,0	60,0			0,00	
08.07.2015.	31,0	73,0			0,00	
19.08.2015.	200,0	190,0			5,00	
14.10.2015.	96,0	116,0			0,00	
17.11.2015.	194,0	184,0			5,16	
08.12.2015.	105,0	162,0			0,00	

Табела 2. Резултати хемијске потрошње кисеоника ( $HPK$ ) у отпадним водама града Краљева пре и после пречишћавања

	Параметар - добијена вредност		MDK	Најмањи % смањења	% смањења	Ознака методе
Датум узорковања	<b>HPK</b> (mgO <sub>2</sub> /l)		125,0	75		VMK 056
	Отпадна вода пре пречишћавања	Отпадна вода после пречишћавања				
26.03.2015.	186,0	206,0			0,00	
27.05.2016.	212,0	244,0			0,00	
09.06.2015.	162,0	176,0			0,00	
08.07.2015.	117,0	156,0			0,00	
19.08.2015.	860,0	830,0			3,49	
14.10.2015.	190,0	198,0			0,00	
17.11.2015.	450,0	455,0			0,00	
08.12.2015.	234,0	375,0			0,00	



Табела 3. Резултати укупних суспендованих материја у отпадним водама града Краљева пре и после пречишћавања

	Параметар - добијена вредност		МДК	Најмањи % смањења	% смањења	Ознака методе
Датум узорковања	Укупне суспендоване материје (mg/l)		35,0	90		P-IV-9
	Отпадна вода пре пречишћавања	Отпадна вода после пречишћавања				
26.03.2015.	117,0	140,0			0,00	
27.05.2016.	130,0	154,0			0,00	
09.06.2015.	87,0	98,0			0,00	
08.07.2015.	56,0	82,0			0,00	
19.08.2015.	700,0	680,0			2,86	
14.10.2015.	97,0	79,0			18,56	
17.11.2015.	260,0	286,0			0,00	
08.12.2015.	132,0	224,0			0,00	

### 3. Резултати

У табели 1, 2 и 3 дати су резултати физичко хемијске анализе (ВРК<sub>5</sub>, НРК и укупних суспендованих материја) отпадних вода града Краљева пре и после пречишћавања. Резултати испитивања пре пречишћавања показују да отпадне воде града Краљева имају висок ВРК<sub>5</sub>, НРК и укупних суспендованих материја. Из резултата испитивања отпадних вода града Краљева после пречишћавања види се да је квалитет отпадних вода града Краљева непромењен.

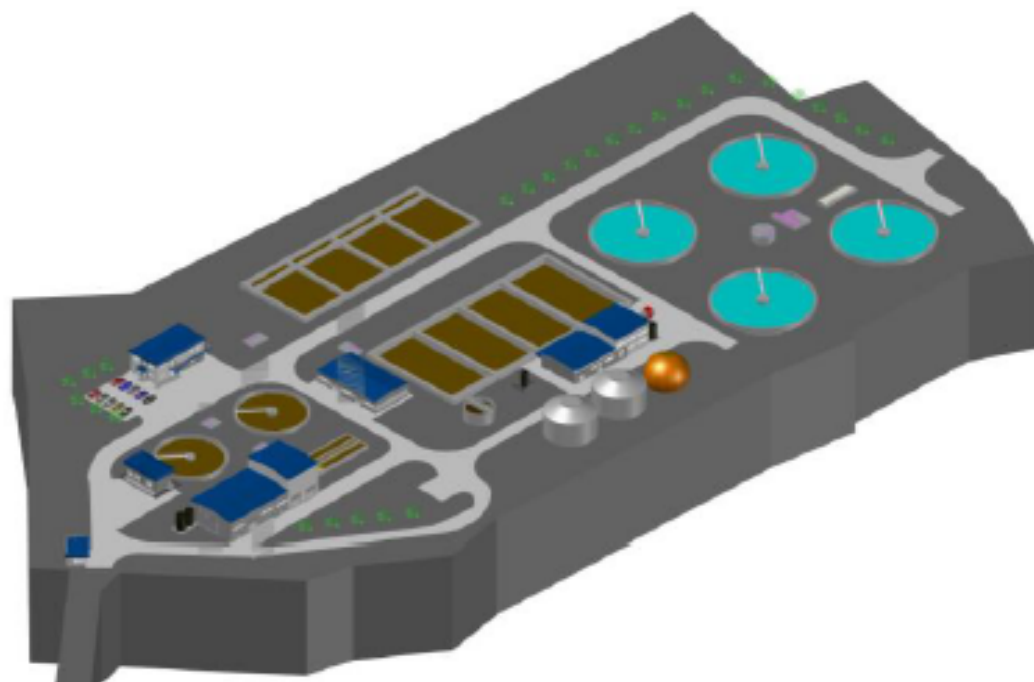
### 4. Дискусија

Физичко хемијски резултати (ВРК<sub>5</sub>, НРК и Укупних суспендованих материја) отпадних вода града Краљева пре пречишћавања табела 1, 2 и 3 показују да су отпадне воде веома загађене што је и очекивано јер град Краљево има преко 100.000 хиљада становника и има велику количину отпадне како индустријске тако и комуналне воде. Ако се погледају физичко хемијски резултати (ВРК<sub>5</sub>, НРК и укупних суспендованих материја) пречишћене отпадне воде види се да је ефекат пречишћавања веома низак. Може се рећи да га и нема.

### 5. Предузете мере на решавању проблема пречишћавања отпадних вода

Град Краљево, сагледавајући проблеме у области канализације у последње време активно улази у програм њиховог решавања. Уласком у програме

PPF4 и PPF5 финансирани од стране Европске комисије у Србији дошло се до израђене пројектне документације за израду недостајућих примарних колектора фекалне канализације, добијања грађевинских дозвола за њих као и израда идејног пројекта СРРОВ подсистема 1. Предвиђени и усвојени систем постројења јесте концептуално конвенционално постројење са активним муљем и анаеробном стабилизацијом муља. Код конвенционалних постројења са активним муљем, након механичког предtretмана отпадна вода се подвргава процесу примарног таложења и биолошком третману ради уклањања органског загађења и смањења концентрације азота и фосфора. Процес се реализује у проточном систему кроз више базена везаних редно. Сваки од базена има посебну улогу у процесу пречишћавања. Процес би се састојао из следећих технолошких линија: Линија воде, Линија муља, Линија ваздуха, Линија биогаса и Линија припреме хемикалија. Изглед будућег постројења са објектима видимо на слици 1.



Слика 1. Изглед постројења за пречишћавање отпадних вода града Краљева

## 6. Закључак

Из физичко хемијских резултата (ВРК<sub>5</sub>, НРК и укупних суспендованих материја) отпадних индустријских и комуналних вода града Краљева пре и после пропуштања преко градског система за пречишћавање отпадних вода може се закључити:

- Да је постојећи систем за пречишћавање отпадних вода града Краљева недовољно ефикасан.
- Постојећи део градског система за пречишћавање отпадних вода не ради на потребном нивоу.

- Неопходно је извршити проверу функционалности постојећег система и све активности за његову реконструкцију и проширење.
- Испуштањем непречишћених отпадних вода директно у водотокове (реку Ибар и Западну Мораву) угрожава се квалитет површинских и подземних вода. Квалитет испуштених вода треба да буде у границама законске регулативе и да је у циљу дугорочне политике заштите човекове околине, па је неопходно предузети све могуће мере.
- Стављање у функцију градског постројења за пречишћавање отпадних вода представља приоритетни задатак будућег развоја града. Радње које је град предузео у претходном периоду (2014-2016) на припреми за израду недостајућих канализационих колектора и изградњу модерног СРРОВ дају оправдану наду да се незауостављиво кренуло ка правом решавању проблема пречишћавања отпадних вода и правом очувања човекове околине. Почетак реализације овог програма се очекује у 2017. години, а у року од наредних пет година његова комплетна реализација.

## 7. Литература

- [1] Кристофоровић-Илић М. са сарадницима: Комунална хигијена, Прометеј, Нови Сад, 1998.
- [2] Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање, Службени гласник РС. 67/11.
- [3] Стандардне методе за испитивање хигијенске исправности, Вода за пиће, Привредни преглед, Београд, 1990.
- [4] Правилник о начину и минималном броју испитивања квалитета отпадних вода, Службени гласник СРС бр. 47/83, 13/84.
- [5] Гаћеша С, Клашња М, Технологија воде и отпадних вода, Југословенско удружење пивара, Дуга, Београд, 1994.
- [6] Далмација Б, Основи управљања отпадним водама, Штампарија „Стојков”, Нови Сад, 2010.
- [7] Златановић С, Распољивост водних ресурса у свету и код нас, Правни факултет, Београд, 2009.