

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



**41. MEĐUNARODNA
KONFERENCIJA**

**ZBORNİK RADOVA
VODOVOD I KANALIZACIJA '20**

**Kraljevo
13 - 16. oktobar 2020.**

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

628.1/.3(082)

**МЕЂУНАРОДНА конференција Водовод и
канализација (41 ; 2020 ; Краљево)**

Zbornik radova / 41. Međunarodna konferencija Vodovod
i kanalizacija '20, Kraljevo, 13-16. oktobar 2020. ;
[organizator] Savez inženjera i tehničara Srbije ; [glavni i
odgovorni urednik Časlav Lačnjevac]. - Beograd : Savez
inženjera i tehničara Srbije, 2020 (Zemun : Akademska
izdanja). - 334 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na više jezika. - Tekst lat. i ćir. - Tiraž 170. -
Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-82563-23-5

а) Водовод -- Зборници б) Канализација -- Зборници в)
Отпадне воде -- Зборници г) Водозахвати -- Зборници

COBISS.SR-ID 22138377



**СИТС - САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ
ИСТОРИЈАТ И САДРЖАЈ РАДА**

ИСТОРИЈАТ

Корени српске техничке цивилизације почињу још у доба Немањића. Заче
инжењерства су у рударско-металуршким подухватима (Ново брдо) и грађе
величанствених сакралних објеката средњевековне српске државе.

Од Првог (1804), а посебно Другог српског устанка (1815), оживљава српс
градитељство које је нарочито од тридесетих година било везано за изград
саобраћајница, подизање јавних објеката, уређење вароши, и др.

У то време (1834/35. године) из аустријског царства долазе и први држав
службеници – “правителствени инџинири” (Франц Јанке и барон Франц Кордо
а у том веку Србијом је прошло око 600 инжењера.

Започињање наставе на Техничком факултету Велике школе 1863. годи
значило је прекретницу у школовању српских инжењера. Поред школовања
земљи један број инжењера се школовао и у иностранству.

Истовремено са школовањем првих техничких кадрова јавља се и иницијат
за оснивањем стручне, еснафске организације. ТАКО ВЕЋ 3. ФЕБРУАРА 18
ГОДИНЕ, САМО ГОДИНУ ДАНА ПОСЛЕ ПРЕДАЈЕ КЉУЧЕВА ГРАДА БЕ
ГРАДА ОД СТРАНЕ ТУРСКОГ ПАШЕ КНЕЗУ МИХАЈЛУ, ДОЛАЗИ ДО С
НИВАЊА „ТЕХНИЧАРСКЕ ДРУЖИНЕ“, чији је први председник био Емили
Јосимовић и тај датум је усвојен као година настанка наше организације. Убр
затим (1869.) оснива се и Удружење за пољску привреду, односно Српско по
привредно друштво.

Године 1890. долази до оснивања Удружења српских инжењера, а од 18
инжењера и архитеката.

еубличких мултидисциплинарних друштава (екологија, стандарди и кванформатика, заштита материјала и корозија), 1 покрајински Савез, 14 реих, градских и општинских удружења.

из је оснивач ИАС – Инжењерске академије Србије и колективни је чланне коморе Србије.

виру Савеза формиран је у 2002. години Развојни центар СИТС-а који наше научнике и стручњаке на решавању многих текућих и развојних из области привреде Србије.

д бројних периодичних публикација, редовно излази више стручних међу којима: „Техника“, „КГХ“ (Климатизација, грејање, хлађење), „Процесна техника“, „Пољопривреда“, „Шумарство“, „Текстилна“ „Форум“, „Ecologica“, „Заштита материјала“ и други.

ман је број књига, зборника и друге стручне литературе издате и штд стране чланица и Савеза у протеклом периоду, послова на стручној и инжењера, одржаних домаћих и међународних стручних скупова, прорасправа и презентација са стручним ставовима и предлозима, о важним м и технолошким садржајима локалног и ширег друштвеног значаја.

ни, руководство и стручна служба Савеза раде у складу са Законом, и другим општина актима и до сада нису одговарали ни по једном

укупан свој рад и пословање реализује у складу са процедурама и има система менаџмент квалитета и има домаћи сертификат YUQS иионални IQNet.

има своју покретну и непокретну имовину (Домове инжењера у Новом Саду и Нишу), самостално се финансира, редовно измирује своје рема свим надлежним државним органима и својим добављачима и ослуже.

инжењера и техничара Србије, као национална инжењерска ор Србије, члан је међународних организација, и то:

I – Европска федерација националних инжењерских удружења;

SE – Стална конференција инжењера Југоисточне Европе;

I непосредно комуницира са одговарајућим органима Европске уније и у одређеним пројектима и програмима које финансирају органи није.

као чланица FEANI посебно учествује у програмима који се односе на ике едукације инжењера, затим у оквиру посебне Комисије за мовези са добијањем EUR-ING титуле и друго.

чланица Савеза, струковних и мултидисциплинарних удружења на ре-нивоу, чланови су одговарајућих међународних организација са којима ретну сарадњу.

су давно постављени и евидентни су резултати пређашњег рада. нспирацију у прошлим временима сагласно многим и великим пројету, а посебно у техници и технологији, Савеза инжењера и техничара егове чланице у континуитету иновирају свој рад, од интереса за своје оје чланице, грађане и државу Србију.

SADRŽAJ

<i>Ratko Ristić, Ivan Malušević, Siniša Polovina, Vukašin Milčanović, Boris Radić</i>	Male hidroelektrane derivacionog tipa: Beznačajna energetska korist i nemerljiva ekološka šteta	13
<i>Zoran Pendić, Sanja Pendić Polak, Dragana Jovanović, Bojana Jakovljević, Časlav Lačnjevac, Marina Strižak, Ljiljana Jovanović</i>	Vodovod i kanalizacija u okruženju virusa COVID-19	15
<i>Zoran Dimitrijević, Dragan Marinović</i>	Vodosnabdevanje grada Kraljeva sa posebnim osvrtom na matematički model	25
<i>Jurica Kovač, Igor Habenšus</i>	Tko će i kako raditi na kontroli gubitaka vode za 5 godina?	34
<i>Dragana Milošević, Željka Milovanović, Slađana Popović, Predrag Petrović, Rada Pjanović, Rada Petrović</i>	Hemijska i strukturna karakterizacija subglebe trbušaste puhare (handkea utriformis) kao adsorbenta za uklanjanje metala iz vodenih rastvora	50
<i>Dragana Grandić-Aleksić, Milutin Tanasić</i>	Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda grada Kruševca	56
<i>Kristiana Zrnić, Srđan Rončević, Emilijan Mohora, Slaven Tenodi, Aleksandra Tubić, Jasmina Agbaba</i>	Primenjivost elektrokoagulacionog tretmana sa Fe i Al elektrodama u uklanjanju visokih koncentracija arsena iz podzemne vode	63
<i>Dragan Milićević</i>	Upravljanje kišnim oticajem u urbanim sredinama. Stanje i perspektive	70
<i>Dragan Marinović, Zoran Dimitrijević, Zoran Milićević, Zorka Jugović, Marina Stojanović, Dušanka Marinović</i>	Kvalitet vode alternativnih izvora grada Kraljeva u 2018-2019.	79
<i>Željka Milovanović, Dragana Milošević, Slađana Popović, Slavica Lazarević, Rada Petrović</i>	Uklanjanje anjonske boje iz otpadnih voda merkaptosilaniziranim kiselinski aktiviranim sepiolitom	87

<i>Marija Petrović</i>	Fizičko-hemijski i balneološki parametri termomineralne vode Mataruške Banje	94
<i>Ivanka Kaut, Jelena Stojić, Dragan Gardinovački</i>	Praćenje kvaliteta podzemne vode na bunarima izvorišta „Sibnica“	100
<i>Nemanja Branislavljević, Vidoje Stevanović</i>	Upravljanje sistemima komunalne infrastrukture - upravljanje podacima	104
<i>Gordan Vrbanec</i>	Daljinski nadzor i upravljanje vodovodnog sistema	111
<i>Milivoje Nedović, Ana Brdar, Ljilja Kurćubić, Jovana Stanojlović, Marija Nedić, Olivera Gojak</i>	Procena trofičkog statusa akumulacije „Grošnica“	116
<i>Nikola Nikolić, Vaso Novaković, Dejan Petrović, Ranko Grujić</i>	Hidrogeološke i hidrohemijske karakteristike stanarskog neogenog ugljenog basena	124
<i>Ivan Stupić</i>	Organizacija i funkcionisanje JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac, za vreme trajanja vanrednog stanja, izazvanog širenjem zarazne bolesti COVID-19	135
<i>Stevo Savić</i>	Otkrivanje curenja na vodovodnoj mreži primenom satelitske tehnologije	144
<i>Amina Ahmetpahić, Blažo Lalević, Amer Sunulahpašić, Muamer Bezdob, Vedrana Komlen, Enver Karahmet, Saud Hamidović</i>	Mikrobiološki kvalitet vode za piće iz bunara na području opštine Rogatica (Bosna i Hercegovina)	158
<i>Predrag Petrović, Marija Petrović</i>	Stanje, perspektive i značaj navodnjavanja agrarnog zemljišta u Srbiji	164
<i>Dragica Chamovska, Aleksandra Porjazoska KujundziskI</i>	Electrochemical Methods for Treatment of Water	170
<i>Mladen Popov, Marijana Kragulj Isakovski, Jelena Molnar Jazić, Aleksandra Tubić, Miroslav Jelečanin, Nikica Ivić, Jasmina Agbaba</i>	Efekti ozonizacije i kombinovanog O₃/H₂O₂ procesa na promenu sadržaja organskih materija - Fabrika vode za piće u Novom Sadu	175
<i>Jelena Petrović, Marija Mihajlović, Marija Petrović, Jelena Milojković, Tatjana Šoštarić, Marija Koprivica, Zorica Lopičić</i>	Uklanjanje jona olova iz vodenih rastvora primenom hidročađi komine kupine	183
<i>Rada Petrović, Slavica Lazarević, Ivona Janković-Častvan, Đorđe Janačković</i>	Analiza različitih postupaka uklanjanja šestovalentnog hroma iz otpadnih voda	189
<i>Jelena Milojković, Tatjana Šoštarić, Marija Mihajlović, Anja Antanasković, Vladimir Adamović, Zorica Lopičić</i>	Modifikacija biomase za uklanjanje polutanata sa osvrtnom na biočađ i imobilizovanu biomasu	196
<i>Jelena Bekonja-Milošević, Aleksandra Marinković-Radulović</i>	Otpadne vode i njihov uticaj na recipijent za period 2015-2020. godine	203
<i>Goran Gavrilović</i>	Kvalitet vode za piće u rezervoarima na distributivnoj mreži	210
<i>Nataša Cvetković, Tajana Simetić, Jelena Molnar Jazić, Radivoj Tomić, Marijana Kragulj Isakovski, Srđan Rončević, Jasmina Agbaba</i>	Fotorazgradnja odabranih organskih mikropolutanata tokom tretmana vode	215
<i>Goran Ivanović</i>	PreroStal™ & PreroClean – Samočišćeće muljne pumpe za uklanjanje plutajućih nečistoća, naslaga čvrstih otpadnih materija u standardnim crpnim stanicama	222
<i>Goran Ivanović</i>	HidroStal SuperBetsy™ Mobilni sistemi pumpanja	229
<i>Slobodan Zlatković, Slobodan Perović</i>	Male i mini hidroelektrane i vodeni ekosistemi	235
<i>Stevan Prohaska, Božica Sandić</i>	Prednosti i mane izgradnje mini-hidroelektrana	241
<i>Slobodan Zlatković, Slobodan Perović</i>	Mala hidroelektrana „Rogopeč 1“ – primer dobre poslovne prakse	247

<i>Ivan Milojković</i>	
Upredna analiza projektantskih rešenja KCS „Makiš“ metodama VIKOR i PROMETHEE	253
<i>Željka Ostojić, Maja Đorović Stevanović, Sanja Marčeta, Strahinja Nikolić</i>	
Modeliranje kvaliteta kišnog oticaja sa urbanih slivova i saobraćajnica	259
<i>Ivan Bogdanović, Marija Bakrač</i>	
Mogućnost dehidratacije mulja sa PPOV „Cvetojevac“ u Soiltain DW tubama i njegovo skladištenje pod kontrolisanim uslovima	267
<i>Gordan Vrbanec</i>	
Nadzor i upravljanje kanalizacionog sistema	273
<i>Borko Rangelov</i>	
Osvrt na izvođenje radova na kanalu „Rogoz“ u Pirotu - Da li mora tako?	278
<i>Predrag Petrović, Marija Petrović</i>	
Korporativni monitoring otpadnih voda Srbije sa aspekta zaštite životne sredine	284
<i>Glorija Vukićević, Darko Vuksanović</i>	
Analiza zagađivača voda rijeke Zete	290
<i>Veljko Đukić, Biljana Đukić</i>	
Rizik od štetnog djelovanja voda	304
<i>Goran Sekulić</i>	
Kontrola neprijatnih mirisa kod postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda	311
<i>Dragan Radonjić, Jelena Šćepanović, Darko Vuksanović</i>	
Uticaj izgradnje i funkcionisanja kolektorske kanalizacije za prikupljanje i odvođenje komunalnih otpadnih voda do novog PPOV-a Podgorica na kvalitet životne sredine	318

МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ ДЕРИВАЦИОНОГ ТИПА: БЕЗНАЧАЈНА ЕНЕРГЕТСКА КОРИСТ И НЕМЕРЉИВА ЕКОЛОШКА ШТЕТА

SMALL DERIVATIVE HYDROPOWER PLANTS: A NEGLIGIBLE CONTRIBUTION TO POWER GENERATION AND AN IMPARABLE ADVERSE ENVIRONMENTAL IMPACT

РАТКО РИСТИЋ¹, ИВАН МАЛУШЕВИЋ², СИНИША ПОЛОВИНА³,
ВУКАШИН МИЛЧАНОВИЋ⁴, БОРИС РАДИЋ⁵

Резиме: У складу са Националним акционим планом за производњу енергије обновљивих извора у Србији је до сада изграђено око 90 малих хидроелектрана (МХЕ) док је планирана изградња 856 МХЕ, доминантно деривационог типа, у брд планинским пределима Србије, од чега велики број у заштићеним природ подручјима (национални паркови, паркови природе, специјални резервати природног резервати природе). Србија је најсиромашнија земља Балкана када су у питању аутохтоне површинске воде, а управо на еколошки и хидролошки највредни водотоковима започело је спровођење масовне градње МХЕ. Проблеми који су уочени при изградњом постојећих МХЕ захтевају хитно преиспитивање процедура за издавање дозвола, како за планиране тако и изграђене објекте, уз императив забране даље градње у заштићеним природним подручјима. Уколико би се све планиране МХЕ изградиле, било би обезбеђено свега 2-3,5% потреба у енергетском билансу Србије на годишњем нивоу, али би то значило да је девастиран највећи део квалитетних водотокова брд планинског региона Србије, са више од 2.200 км поточних корита у цевима. Због малог енергетског доприноса, а фаталних еколошких последица, власти САД, Кине, Индије, Француске, Шпаније, као и других земаља су уклониле велики број изграђених МХЕ. Други начини производње енергије из обновљивих извора имају далеко мање нежељене последице.

¹ Ратко Ристић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1, Београд

² Иван Малушевић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1, Београд

³ Сিনিша Половина, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1, Београд

⁴ Вукашин Милчановић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1, Београд

⁵ Борис Радић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1, Београд

MODIFIKACIJA BIOMASE ZA UKLANJANJE POLUTANATA SA OSVRTOM NA BIOČAĐ I IMOBILIZOVANU BIOMASU

MODIFICATION OF BIOMASS FOR THE POLLUTANTS REMOVAL - BIOCHAR AND IMMOBILIZED BIOMASS

JELENA MILOJKOVIĆ¹, TATJANA ŠOŠTARIĆ², MARIJA MIHAJLOVIĆ³, ANJA ANTANASKOVIĆ⁴, VLADIMIR ADAMOVIĆ⁵, ZORICA LOPIČIĆ⁶

Rezime: Antropogena aktivnost i industrijalizacija prave sve veći pritisak na životnu sredinu stvaranjem velikih količina otpadnih voda. Biomasa kao organski čvrsti otpad i obnovljivi izvor dobija na značaju u istraživanjima njene odgovarajuće primene. Biosorpcija se pojavljuje kao potencijalna alternativa postojećim konvencionalnim tehnologijama za uklanjanje i/ili povratak zagađujućih materija iz vodenih rastvora. Ovaj rad prikazuje moguću modifikaciju biomase, u cilju povećanja sorpcionog kapaciteta, za uklanjanje polutanata iz voda sa posebnim osvrtom na biočad i imobilizovanu biomasu.

Ključne reči: biomasa, biočad, imobilisana biomasa, biosorpcija, otpadna voda

Abstract: Anthropogenic activity and industrialization has placed increasing pressure on the environment by generating large quantities of wastewater. Biomass, as an organic solid waste and renewable source, has gained importance in research into its appropriate application. Biosorption is emerging as a potential alternative to the existing conventional technologies for the removal and/or recovery of pollutants from aqueous solutions. This paper presents a modification of biomass, with the aim to improve its sorption capacities, for the removal of pollutants from water with special attention to biochar and immobilized biomass.

Key words: biomass, biochar, immobilized biomass, biosorption, wastewater.

¹ Jelena Milojković, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovima, Franša d'Eperea 86, Beograd

² Tatjana Šoštarić, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovima, Franša d'Eperea 86, Beograd

³ Marija Mihajlović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovima, Franša d'Eperea 86, Beograd

⁴ Anja Antanasković, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovima, Franša d'Eperea 86, Beograd

⁵ Vladimir Adamović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovima, Franša d'Eperea 86, Beograd

⁶ Zorica Lopičić, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovima, Franša d'Eperea 86, Beograd

1. Uvod

Izveštaji Ujedinjenih nacija vezani za razvoj i stanje voda na svetskom nivou, ukazuju na to da se oko 80% svih industrijskih i komunalnih otpadnih voda ispušta u prirodu bez ikakvog prethodnog tretmana, što direktno ili indirektno dovodi do pogoršanja kvaliteta voda. Globalno dostupna voda čini samo 0,14% ukupnih vodnih resursa, ali zato potražnja za vodom raste i to oko 1% godišnje sa povećanjem stanovništva i ekonomije [1]. Biootpad sa više od 3% organske materije nije poželjan za odlaganje na deponije prema EU direktivi 1999/31/EC [2].

Iscrpljivanje neobnovljivih resursa na svetskom nivou izazvalo je potrebu za primenom obnovljivih resursa (poput otpadne biomase) u cilju zaštite životne sredine [3]. U cirkularnoj bioekonomiji, efikasna valorizacija biomase kroz stratešku upotrebu resursa je od suštinskog značaja kao preduslov za proizvodnju vrednih proizvoda i održivi razvoj uz maksimum ekoloških i socio-ekonomskih benefita. Određene tehnologije, među njima i biosorpcija, su razvijene kako bi se iskoristila otpadna biomasa na najbolji mogući način [4].

Biosorpcija se bazira na sposobnosti bioloških materijala (biomase) da fizičko hemijskim procesima vežu različite organske ili neorganske supstance iz vodenih rastvora. Proizašla je iz potrebe da pruži alternativna rešenja za tretman otpadnih voda, a njene glavne prednosti su efikasnost, jednostavnost postupka kao i rasprostranjenost i dostupnost biomase potrebne za dobijanje biosorbenata [5].

Različite biomase ispitivane kao biosorbenti za uklanjanje polutanata mogu se svrstati u nekoliko kategorija: mikroorganizmi, biljni ostaci, životinjski ostaci, industrijski otpad, agro-industrijski otpad, različiti polisaharidi itd.

Upotreba ovakvih materijala u svrhu sorpcije, osim navedenih prednosti, ima i svojih mana, kao što su mali kapacitet biosorpcije kod prirodne (netretirane) biomase i otpuštanje organskih komponenti koje utiču na povećanje hemijske i biološke potrošnje kiseonika (HPK i BPK) kao i ukupnog organskog ugljenika (TOC).

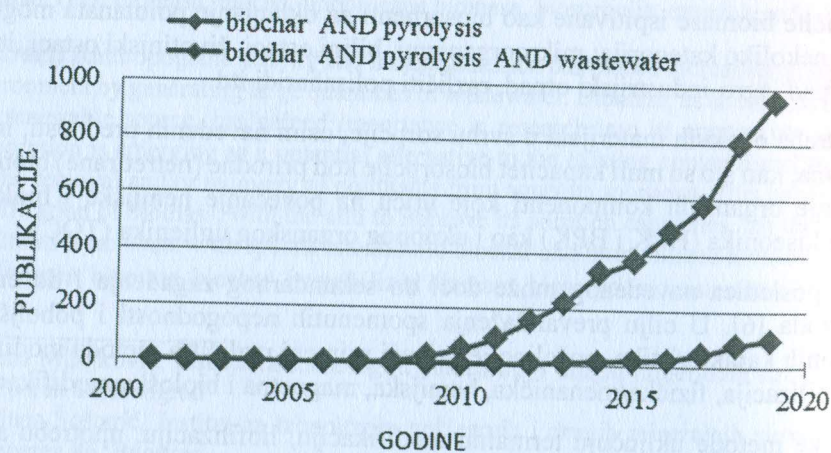
Kao posledica navedenog može doći do sekundarnog zagađenja i do eutrofizacije voda [6]. U cilju prevazilaženja spomenutih nepogodnosti i poboljšanja adsorpcionih karakteristika, poželjno je pribeci primeni različitih metoda modifikacije: imobilizacija, fizička/mehanička, hemijska, magnetna i biološka modifikacija.

Fizičke metode uključuju termalnu modifikaciju, liofilizaciju, upotrebu autoklava i sl, dok hemijski tretmani za modifikaciju biomase obuhvataju tretman bazama, kiselinama, organskim rastvaračima, uvođenje/eliminacija funkcionalnih grupa, graft polimerizacija i sl. [7].

Mnoga istraživanja su vršena sa ciljem poboljšanja karakteristika biomase kao sorbenata, međutim poslednjih godina sve veća pažnja naučne javnosti se poklanja termičkoj modifikaciji biomase ili imobilizaciji biomase u cilju dobijanja materijala sličnih aktivnom uglju i jonoizmenjivačkim smolama (komercijalni adsorbent za prečišćavanje voda) ali znatno jeftiniji.

Biočad je ugljenični materijal koji se dobija pirolizom biomase u atmosferi bez kiseonika. Biomasa koja se koristi u te svrhe najčešće je otpad iz poljoprivrede, životinjski otpad sa farmi (balega) ili komunalni mulj. U poslednje vreme biočad je prepoznata kao multifunkcionalni materijal koji može da se koristi u svrhu sekvestracije ugljendioksida, imobilizacije zagađivača, redukcije GHG, prirodnog đubriva i za prečišćavanje otpadnih voda. Dosadašnja ispitivanja su pokazala da poseduje značajan kapacitet za uklanjanje i organskih i neorganskih zagađujućih materija iz voda. Uzevši u obzir količine ispuštenih toksičnih metala, agenasa eutrofizacije i kompleksnih organskih i neorganskih zagađivača sadržanih u otpadnim vodama koje se ispuštaju na dnevnom nivou, sorbenti na bazi biočadi bi mogli da ponude rešenje za njihov tretman.

Pretražujući globalnu naučnu bazu podataka Scopus dobija se uvid o tome koliko je upotreba biočadi za prečišćavanje kontaminiranih voda aktuelna. Na slici 1. je grafički predstavljen broj objavljenih radova u poslednjih 20 godina za pojmove „biočad“ i „biočad i tretman otpadnih voda“. Na slici se uočava da je ukupan broj radova za taj period iznosio 950 radova za prvi pojam i 100 radova za drugi pojam pretrage. Takođe, je evidentan trend rasta objavljivanja radova iz godine u godinu (eksponencijalni rast) za oba pojma pretrage, što ukazuje na aktuelnost ovih istraživanja.



Slika 1. Pregled objavljenih publikacija u poslednjih 20 godina (www.scopus.com)

Razlög za sve veće interesovanje naučne javnosti bi mogao da se objasni specifičnim karakteristikama biočadi. Biočad poseduje jedinstvene fizičko-hemijske karakteristike kao što su porozna struktura sa velikim brojem funkcionalnih grupa, minerala, metala, veliku specifičnu površinu, stabilnost i funkcionalnost [8]. Biočad je rezervoar akceptora i donora elektrona koji omogućavaju da se ovaj materijal ponaša kao pufer i da poseduje visok CEC (kapacitet katjonske izmene) [9].

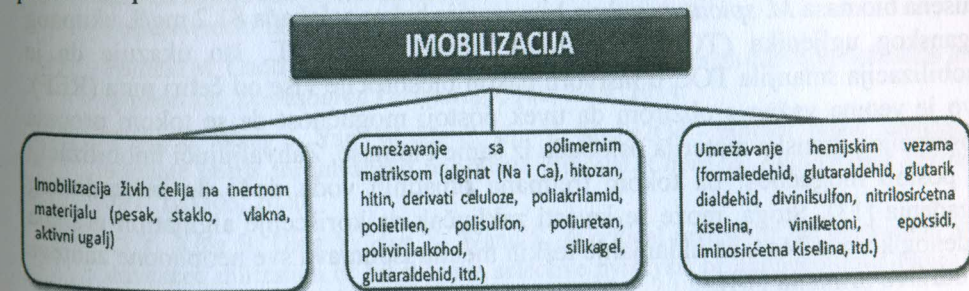
Međutim, kvalitet i efikasnost biočadi zavisi od prirode same biomase koja se koristi i od procesnih parametara koji direktno određuju njegovu dalju upotrebu. Fizičke i hemijske karakteristike biočadi se mogu poboljšati naknadnim tretmanom (aktivacija i modifikacija). Na ovaj način se kreiraju nove funkcionalne grupe na površini biočadi. Metode koje se navode u literaturi su: tretman parom, bazama, kiselinama, metalnim oksidima, organskim jedinjenjima, glinom i mikroorganizmima [9].

Preliminarnim ispitivanjima obavljenim u našem Institutu, u kojim su koštice breskve bile podvrgnute sporoj pirolizi dobijena je biočad koja je dalje upotrebljena kao sorbent za uklanjanje bakra i kadmijuma iz vodenog rastvora. Rezultati istraživanja pokazala su da dobijena biočad ima 100% i 150% veći afinitet da veže jone bakra i kadmijuma u odnosu na nativnu biomasu. Inicijalnom karakterizacijom (BET metoda) utvrđeno je da se specifična površina nakon termičke konverzije povećala 100 puta. Dobijeni rezultati upućuju da biočad na bazi koštica breskve može da bude sorbent vrlo dobrih performansi.

2.2. Imobilizacija biomase

Ukupan broj radova u periodu od 1999. do 2019. godine je bio za imobilisanu biomasu 2904, dok za imobilisanu biomasu za tretman otpadnih voda 625, prema Scopus bazi podataka. Trend objavljivanja je u porastu sa manjim oscilacijama tokom određenih godina poput 2002., 2006., 2010., 2017.

Finalna formulacija biomase kao materijala („praškaste aktivne biomase“) treba da bude u odgovarajućem obliku, npr. stabilnih peleta ili granula, pogodnih za primenu u protočnim sistemima. Granule bi trebalo da imaju odgovarajuće mehaničke karakteristike (čvrstoću i tvrdoću) i nizak otpor prenosu mase za jone metala (ili drugih polutanata koji se uklanjaju) u rastvoru [10]. Imobilizacijom sa odgovarajućim polimerima dobijaju se stabilne granule biomase pogodne za primenu u protočnim sistemima [11].

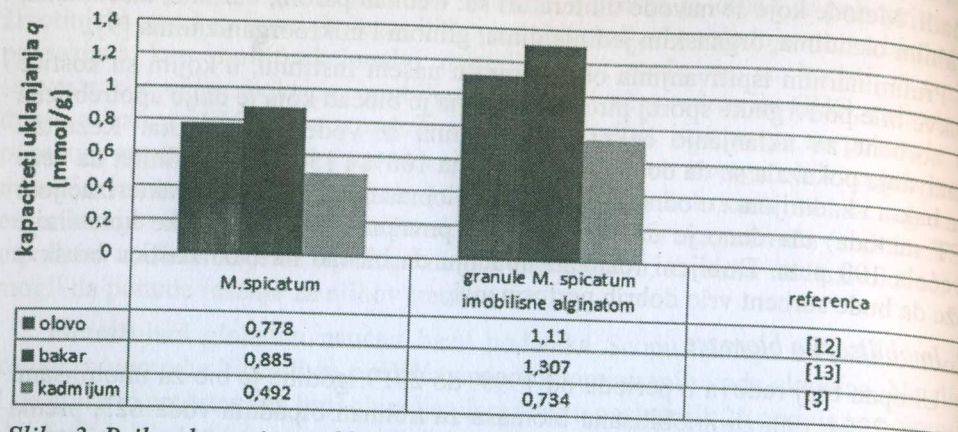


Slika 2. Prikaz različitih tehnika imobilizacije [7]

Imobilizacija biomase osim poboljšanja mehaničke čvrstoće granula može obezbediti nekoliko prednosti poput lakšeg ponovnog korišćenja (regeneracije), lakšeg odvajanja čvrste biomase iz tečnosti i smanjeno otpuštanje organskih materija iz biomase [11]. Na slici 2 su prikazani različiti tipovi imobilizacije.

Kroz istraživanja uklanjanja teških metala (olovo, bakar i kadmijum) imobilisanom biomasom vodenog korova *Myriophyllum spicatum* iz Savskog jezera (Beograd, Srbija) se može ilustrovati efekat koji modifikacija biomase

kapaciteta uklanjanja osušenom biomasom *M. spicatum* i alginatom imobilisanim *M. spicatum* koji je u formi odgovarajućih granula - MsA. Kapaciteti uklanjanja svih metala su veći (47,7-333%) ukoliko se koriste granule vodenog korova MsA.



Slika 3. Prikaz kapaciteta uklanjanja Pb(II), Cu(II), Cd(II) biomasom *M. spicatum* i u formi odgovarajućih granula - MsA

MsA granule nisu promenile ni oblik ni veličinu tokom procesa biosorpcije metala. Njima se vrlo lako manipulira, jer one poseduju izvrsnu čvrstoću i vrlo lako se odvajaju od rastvora. Filtriranje rastvora nije potrebno, već samo dekantovanje. Neophodno je istaći da tokom procesa sorpcije promene pH vrednosti rastvora su minimalne. Ovo u velikoj meri olakšava postupak biosorpcije i čini ga jeftinijim, jer nema potrebe za kontrolom i održavanjem pH vrednosti upotrebom kiselina ili baza [12]. Pored svih ovih prednosti koje su postignute imobilizacijom, uočeno je da je osušena biomasa *M. spicatum* nakon biosorpcije bakra oslobađa 81,2 mg/L ukupnog organskog ugljenika (TOC), dok MsA, samo 18,8 mg/L, što ukazuje da je imobilizacija smanjila TOC u rastvoru nakon biosorpcije više od četiri puta (REF). Ovo je veoma važno s obzirom da uvek postoji mogućnost da se tokom procesa biosorpcije organska materija oslobađa iz same biomase. Zahvaljujući imobilizaciji ne postoji mogućnost da tokom tretmana otpadnih voda dođe do sekundarnog zagađenja [13]. Stoga, može se izvesti zaključak da korišćenje alginatnih granula vodenog korova MsA za uklanjanje teških metala ispunjava sve neophodne zahteve za održivu primenu [14].

3. Zaključak

Biomasa kao lokalno primenljiva strateška alatka može doprineti održivom razvoju, koji u svakom slučaju treba proceniti. Međutim, upotreba otpadne biomase bez prethodnih tretmana najčešće nije ni ekonomski ni tehnološki prihvatljiva. U cilju poboljšanja njenih sorpcionih svojstava kao i radi lakše manipulacije dobijenog sorbenta, najčešće je potrebno modifikovati, pri čemu treba imati na umu i ekonomske i ekološke efekte takve modifikacije. Termalna modifikacija biomase sa

4. Zahvalnica

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete i nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ugovor br. 451-03-68/2020-14/200023) i Fonda za inovacionu delatnost (PoC 5099).

5. Literatura

- [1] Chen B, Ma Q, Tan C, Lim T. T, Huang L, Zhang, *Carbon based sorbents with three-dimensional architectures for water remediation*. *Small*, 11(27), 3319-3336, 2015
- [2] European Biomass Industry Association (EUBIA), <http://www.eubia.org/>
- [3] Milojković J, Lopičić Z, Kojić M, and Petrović M, Removal cadmium ions from aqueous solution by biosorbent - immobilized aquatic weed *M. spicatum*. EGU General Assembly Online, 4-8 May 2020, EGU2020-1091(2020) <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-1091>,
- [4] Matrapazi V. K, Zabaniotou A, Experimental and feasibility study of spent coffee grounds upscaling via pyrolysis towards proposing an eco-social innovation circular economy solution. *Science of the Total Environment*, 718, 137316, 2020.
- [5] Šoštarić T, Petrović M, Milojković J, Kojić M, Koprivica M, Pantović Spajić K, Lopičić Z, Applicability of biosorption technology in real systems, 40. *Međunarodna konferencija Vodovod i kanalizacija '19, Zbornik radova*, 130-135, 2019.
- [6] Šoštarić T, *Uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora biosorbentom na bazi koštica kajsije kao otpadne biomase*. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, 2016.
- [7] Fomina M, Gadd G. M, Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. *Bioresource Technology*, 160, 3-14, 2014.
- [8] Wang L, Wang J, Yan, W, He C, shi, Y, MgFe₂O₄ - biochar based lanthanum alginate beads for advanced phosphate removal. *Chemical Engineering Journal*, 387, 123305, 2020.
- [9] Li Y, Xing B, Ding Y, Han X, Wand S, A critical review of the production and advanced utilization of biochar via selective pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 312, 123614, 2020.
- [10] Volesky B, *Biosorption of Heavy Metals*. CRC Press, 1990.
- [11] Bayramoğlu Gülay, Arica, M. Y, Construction a hybrid biosorbent using *Scenedesmus quadricauda* and Ca-alginate for biosorption of Cu (II), Zn (II) and Ni (II): Kinetics and equilibrium studies. *Bioresource Technology*, 100. 186-193, 2009.
- [12] Milojković J. V, Lopičić Z. R, Anastopoulos I. P, Petrović J. T, Milićević S. Z, Petrović M. S, Stojanović M. D, Performance of aquatic weed - Waste

Myriophyllum spicatum immobilized in alginate beads for the removal of Pb (II). *Journal of Environmental Management*, 232 (2019) 97–109.

[13] Milojkovic J. V, Lopacic, Z. R, Sostaric T. D, Avdalovic, J.S. Biosorption of copper by immobilized Myriophyllum spicatum. *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering (IJAMCE)*, 6(6), 7-11, 2019.

[14] Milojković, J. V, Popović-Djordjević, J. B, Pezo L. L, Brčeski I. D, Kostić A. Ž, Milošević V.D, Stojanović M. D, Applying multi-criteria analysis for preliminary assessment of the properties of alginate immobilized Myriophyllum spicatum in lake water samples. *Water Research*, 141, 163–171, 2018.

ОТПАДНЕ ВОДЕ И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА РЕЦИПИЈЕНТ ЗА ПЕРИОД 2015-2020. ГОДИНЕ

WASTEWATER AND THEIR IMPACT ON THE RECIPIENT FOR THE PERIOD 2015-2020

ЈЕЛЕНА БЕКОЊА-МИЛОШЕВИЋ¹
АЛЕКСАНДРА МАРИНКОВИЋ-РАДУЛОВИЋ²

Резиме: У овом раду вршено је праћење утицаја отпадних вода на реципијент за период 2015-2020. године. Праћење је вршено на основу резултата физичко-хемијских и микробиолошких карактеристика отпадних вода на СПОВ „Цветојевац“, а са циљем спречавања значајнијег оптерећења и загађења реципијента отпадним водама различитог порекла и праћења утицаја загађених вода на здравље људи, животињски и биљни свет, као и животну средину.

Кључне речи: отпадне воде, реципијент

Abstract: In this paper, the impact of wastewater on the recipient was monitored for the period 2015-2020. Monitoring was performed based on the results of physical-chemical and microbiological characteristics of wastewater at SPOV „Cvetojevac“, with the aim of preventing the significant load and pollution of recipients with wastewater of various origins and monitoring the impact of polluted water on human health, fauna and flora, as well as an environment.

Key words: wastewater, recipient

1. Увод

Загађеност воде повезана је са сталним повећањем потреба становништва за ресурсима, услед развоја привреде, напретка технологије, као и пораста животног стандарда. Чиста вода, након што је искоришћена у процесу производње, постаје отпадна вода, која штети екосистему уколико се претходно не пречисти. Отпадне воде су далеко опасније по водотокове у пролећним и летњим месецима, јер су тада производни погони далеко активнији него у зимском периоду (слике 1 и 2).

Отпадне воде на самом су врху еколошких проблема Србије. Држава, на-

¹ Јелена Бекоња-Милошевић, ЈКП „Водовод и канализација“ Крагујевац, Краља Александра I Карађорђевића 48, Крагујевац

² Александра Маринковић-Радуловић, ЈКП „Водовод и канализација“ Крагујевац, Краља Александра I Карађорђевића 48, Крагујевац