

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



**43. MEĐUNARODNA
KONFERENCIJA**

ZBORNİK RADOVA

VODOVOD I KANALIZACIJA '22

Zrenjanin

11 - 14. oktobar 2022.



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČAR A SRBIJE

43. Međunarodna konferencija

VODOVOD I KANALIZACIJA '22

Zbornik radova

Zrenjanin, 11 – 14. oktobar 2022.

Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

mr Bogdan Vlahović, dipl. inž, generalni sekretar

Programski odbor:

prof. dr Milovan Živković, (predsednik), prof. dr Srđan Kolaković, prof. dr Srđan Rončević, prof. dr Aleksandar Đukić, prof. dr Jovan Despotović, prof. dr Dragan Milićević, prof. dr Rada Petrović, Vladimir Milojević, Dušan Đurić, Miodrag Popović, dr Zorica Lopičić, dr Dragana Ranđelović, prof. dr Goran Orašanin, prof. dr Darko Vuksanović, prof. dr Goran Sekulić, prof. dr Vaso Novaković, mr Olivera Doklestić, prof. dr Dragica Chamovska, prof. dr Filip Kokalj

Organizacioni odbor:

mr Bogdan Vlahović (predsednik), Simo Salapura, Dalibor Joknić, Nebojša Jakovljević, Nikica Ivić, Predrag Bodiroga, Goran Marinković, mr Zoran Pendić, dr Tatjana Šoštarić, dr Dušan Milojkov, dr Jelena Petrović, Zoran Nikolić, Milan Đorđević, Marijana Mihajlović, Olivera Ćosović, MSc i Olja Jovičić

Glavni i odgovorni urednik:

prof. dr Milovan Živković, dipl. inž.

Lektura i korektura:

Olivera Ćosović, mast. filol.

Tehnički urednik:

Olja Jovičić, dipl. prav.

Štampa:

Akadska izdanja, Zemun

Naslovna strana:

Taranto, Pulja, Italija

ISBN: 978-86-80067-53-7

Godina izdavanja: 2022.

Tiraž: 200 primeraka

Savez

ITNMS - Inženjerski

Prirodno-matematički
biohemija

Tehnološko-matematički
hemijski

Institut za vaspitanje i obrazovanje

Inženjerski

IPIN Institut za inženjering

JKP „

Inženjerski

Ministarstvo

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

628.1/.3(082)

МЕЂУНАРОДНА конференција Водовод и канализација
(43 ; 2022 ; Зрењанин)

Zbornik radova / 43. Međunarodna konferencija Vodovod i kanalizacija '22, Zrenjanin, 11-14. oktobar 2022. ; [organizator] Savez inženjera i tehničara Srbije ; [suorganizatori ITNMS - Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd ... [et al.]] ; [glavni i odgovorni urednik Milovan Živković]. - Beograd : Savez inženjera i tehničara Srbije, 2022 (Zemun : Akademska izdanja). - 364 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na srp., hrv. i bos. jeziku. - Tekst lat. i ćir. - Tiraž 200. - Napomene uz radove. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN

978-86-80067-53-7

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

СИТС - СА

И

ИСТОРИЈАТ

Корени српске те
инжењерства су у р
величанствених сакр

Од Првог (1804),
градитељство које је
саобраћајница, подиз

У то време (1834
службеници – “прави
а у том веку Србијом

Започињање нас
значило је прекретн
земљи један број инж

Истовремено са п
за оснивањем струч
ГОДИНЕ, САМО ГО

ГРАДА ОД СТРАН
НИВАЊА „ТЕХНИ

Јосимовић и тај дат
затим (1869) оснива

привредно друштво.

Године 1890. до
инжењера и архитек

SADRŽAJ

<i>Marija Ercegović, Jelena Petrović, Marija Simić, Marija Koprivica, Marija Kojić, Dimitrios Kalderis</i>	
Valorizacija otpadne biomase za proizvodnju efikasnih adsorbenata teških metala hidrotermalnom karbonizacijom	13
<i>Marija Simić, Jelena Petrović, Tatjana Šoštarčić, Marija Ercegović, Jelena Milojković, Marija Koprivica, Jelena Dimitrijević</i>	
Potencijalna upotreba agroindustrijskog otpada za uklanjanje teških metala iz otpadnih voda	19
<i>Rada Petrović</i>	
Postupci uklanjanja bora iz podzemnih voda	25
<i>Željka Ostojić, Branislav Babić, Strahinja Nikolić, Maja Đorović Stevanović, Sanja Marčeta</i>	
Efekti klimatskih promena na vodovodne distributivne mreže	31
<i>Dragan Vlatković, Dušan Todorović</i>	
Monitoring i analiza noćne potrošnje kao pouzdanog indikatora gubitaka	41
<i>Branislav Babić, Ognjen Govedarica, Aleksandar Đukić</i>	
Bilans voda u vodovodu – metodološki pristupi i terminologija	47
<i>Miroslav Kukučka, Nikoleta Kukučka Stojanović</i>	
Kondicioniranje podzemnih voda bogatih gvožđem i manganom u cilju dobijanja vode za piće	53
<i>Stanko Stankov</i>	
Značaj velikih podataka u vodovodnim i kanalizacionim sistemima	58
<i>Mladen Popov, Marijana Kragulj Isakovski, Tamara Apostolović, Aleksandra Tubić, Nikica Ivić, Marina Šćiban, Jasmina Agbaba</i>	
Statistička analiza promene sadržaja organskih materija tokom prerade vode za piće	68
<i>Jurica Kovač</i>	
Pokazatelji i ocjene aktivnosti kontrole gubitaka vode	75
<i>Olivera Doklešić</i>	
Fizički (ne)integritet vodovodnog sistema na praktičnom primjeru oštećenja glavnog cjevovoda u Đenoviću, Opština Herceg Novi.....	90

Aleksandar Krstić

**Benčmarking kao alat za sveobuhvatno planiranje i nadzor nad
uapređenjem učinka vodovodnih i kanalizacionih preduzeća97**

Vladimir Kapetina, Goran Orašarin

**Analiza potrošnje vode ruralnih i urbanih dijelova vodovodnog
sistema Istočno Sarajevo 104**

*Dušan Milojkov, Angelina Mitrović, Danijela Smiljanić, Gvozden Jovanović,
Miroslav Sokić*

**Identifikacija metoda za separaciju i karakterizaciju nanoplastike
iz vodenih sredina 110**

Isidora Protić, Milana Drašković, Danijela Jašin

Mikrobiološka kontrola vode za piće grada Zrenjanina 116

Njegoš Dragović, Snežana Urošević, Milovan Vuković

Mineralne vode za piće u Bujanovačkoj Banji 122

Dejan Dimkić, Darko Kovač, Mira Papović

**Faktori efikasnosti u vodosnabdevanju – upoređenje sa slučajem
Vodovoda Nikšić (CG)..... 130**

*Tajana Simetić, Mladen Popov, Sanja Vasiljević, Marijana Kragulj
Isakovski, Aleksandra Tubić, Nikica Ivić, Jasmina Agbaba*

**Određivanje sadržaja ukupnog organskog ugljenika i
trihalometana u vodi 139**

*Dragan Marinović, Svetlana Belošević, Zoran Milićević, Zoran Dimitrijević,
Dušanka Marinović, Jovana Belošević*

Higijenska ispravnost vode za piće Vrnjačke Banje 146

Radoslav Raković

**Zaštita podataka o ličnosti u korporacijskim mrežama za potrebe
vodovoda i kanalizacije..... 153**

Mirko Vujović

**Izrada i realizacija Akcionog plana za upravljanje
neprihodovanom vodom i smanjenje gubitaka 159**

Predrag Bogdanović, Zorana Petrović, Aida Bučo-Smajić

**Zahtevi u pogledu kvalifikovanosti zaposlenih u preduzećima
vodovoda – tehničko pravilo UTVSI DVGW
W 1000 166**

*Marina Orlić, Tatjana Šoštarić, Anja Antanasković, Vladimir Adamović,
Jelena Milojković, Zorica Lopičić*

**Uklanjanje fosfata sorbentom na bazi biočadi koštice šljive
impregnisane magnezijumom 173**

Ivan Stupić

**Dostupnos
posebnim**

Siniša Gajin

**Utica
JKP „VII**

Devad Koldžo

**Uspostav
(Saudijsk**

*Marija Čurčić, J
Jasmina Agbaba*

**Ispitivanj
na uklanj**

Nikola Nikolić,

**Fizičko-h
u severno**

Matej Čehovin,

**Problem
i seoskih
rešenja ..**

*Goran Gavrilov
Branja „I*

*Miloš Milošević
Sanacija*

Milan Đorđević

**Iskustva
obračun**

*Zoran Pendić,
Sanja Ivošević,*

*Marina Strizak
Lanac „*

Dragan Milićević

**Održivo
naseljin**

*Jelena Milojković,
Jelena Petrović*

**Uklanjanje
biočadi**

<i>Ivan Stupić</i>	Dostupnost vode za piće na teritoriji grada Kragujevca, sa posebnim osvrtom na seoska naselja	181
<i>Siniša Gajin</i>	Uticaj odnosa s javnošću na zadovoljstvo korisnika usluga i imidž JKP „VIK“	190
<i>Devad Koldžo</i>	Uspostava pilot „SMART“ mjerne zone (DMA) u Džedi (Saudijska Arabija)	201
<i>Marija Ćurčić, Jasmina Nikić, Vesna Kecić, Aleksandra Tubić, Jasmina Agbaba</i>	Ispitivanje uticaja odabranih parametara procesa jonske izmene na uklanjanje nikla iz vode	208
<i>Nikola Nikolić, Vaso Novaković</i>	Fizičko-hemijske karakteristike podzemnih voda neogenih basena u severnom delu Bosne i Hercegovine	214
<i>Matej Čehovin, Alojz Medic</i>	Problematika održavanja adekvatnog kvaliteta vode za piće malih i seoskih vodovoda u sušnim periodima – izazovi i praktična rešenja	223
<i>Goran Gavrilović</i>	Brana „Nova Grošnica“ – stanje i održavanje	229
<i>Miloš Milošević, Dušan Todorović</i>	Sanacija dijela glavne dovodne cijevi vode Opštine Herceg Novi	236
<i>Milan Đorđević</i>	Iskustva u primeni sistema elektronskih faktura u sistemima za obračun i naplatu vode	242
<i>Zoran Pendić, Sanja Pendić Polak, Bojana Jakovljević, Ana Milijić, Sanja Ivošević, Željko Marković, Vesna Reljić Ćurić, Dragana Jovanović, Marina Strizak, Ljiljana Jovanović</i>	Lanac „voda - energija - hrana“ - koliko je važna karika „voda“?	249
<i>Dragan Milićević</i>	Održivo upravljanje komunalnim otpadnim vodama u manjim naseljima	261
<i>Jelena Milojković, Tatjana Šoštarić, Anja Antanasković, Vladimir Adamović, Jelena Petrović, Marina Orlić, Zorica Lopičić</i>	Uklanjanje zagađujućih materija iz otpadnih voda primenom biočadi	272

Željka Ostojić, Miloš Stanić, Strahinja Nikolić, Maja Đorović Stevanović,
Sanja Marčeta

**Infiltracija – važna komponenta kišne kanalizacije sa aspekta
klimatskih promena**279

Ivan Milojković, Nikola Divac

**Kišni prelivi za priključenje otpadnih voda na tunel
„Karaburma“**291

Rada Petrović, Marija Mihajlović-Kostić, Slavica Lazarević,
Ivona Janković-Častvan, Đorđe Janačković

**Adsorpcija Cd²⁺ i Zn²⁺ jona iz ekvimolarnih dvokomponentnih
rastvora u komunalnoj otpadnoj vodi i dejonizovanoj vodi na
prirodnom i modifikovanom zeolitu**297

Stanko Stankov

Frekvencijska regulacija u sistemima vodovoda i kanalizacije304

Ognjen Prohaska, Stevan Prohaska

**Kvantitativne karakteristike kiša jakog intenziteta u okolini grada
Zrenjanina sa aspekta projektovanja kišne kanalizacije**314

Jovan Despotović, Jasna Plavšić, Andrijana Todorović, Nenad Jaćimović,
Miloš Stanić, Dušan Prodanović, Dragutin Pavlović, Ljiljana Janković,
Aleksandar Đukić, Marko Ivetić, Anja Ranđelović

**Kišna kanalizacija u gradovima – analize i faze za izradu
projekata kišne kanalizacije**323

Darko Vuksanović, Dragan Radonjić, Jelena Šćepanović

**Upravljanje procjednim otpadnim vodama na novoj sanitarnoj
kadi komunalnog otpada u Opštini Žabljak**340

Jovana Perendija, Mina Popović, Verica Ljubić, Dragana Milošević,
Slobodan Cvetković

**Mogućnost primene otpadne biomase hmelja za adsorpciju jona
Ni²⁺ iz vodenih rastvora**351

Goran Sekulić

**Mogućnost ugradnje malih hidroelektrana u sklopu postrojenja
za prečišćavanje otpadnih voda**357

ВАЛОРИЗАЦИЈА
ЕФИКАСНОСТИ
ХИДРОЕНЕРГИЈЕ

VALORIZATION
OF EFFICIENCY
HYDROENERGY

МАРИЈА ЕРЦЕГОВИЋ
МАРИЈА КОПРИВИЦА

Резиме: Применом зеолитне
отпадна биомаса може
угљу, одличних адсорпционих
комерцијалне биоугљеничних
групама (КФГ) које имају
Адсорпција применом
уклањањем Cu²⁺, и Ni²⁺
капацитети уклањања
способност сорпције тешких
површинске структуре.
220°C побољшао је капацитет
на 137, 49.3 и 38.2 mg/g
добијене ХТЦ-ом на 200°C
(297 mg/g и 131 mg/g,
отпадне биомасе примењене на
земље, и ваздуха у Србији.

¹ Марија Ерцеговић, Институт за
сировина, Франше д'Еперееа 86, 11000
Београд

² Јелена Петровић, Институт за
сировина, Франше д'Еперееа 86, 11000
Београд

³ Марија Симић, Институт за
сировина, Франше д'Еперееа 86, 11000
Београд

⁴ Марија Копривица, Институт за
сировина, Франше д'Еперееа 86, 11000
Београд

⁵ Марија Којић, Институт за
сировина, Франше д'Еперееа 86, 11000
Београд

⁶ Димитриос Калдерис,
Hellenic Mediterranean

УКЛАЊАЊЕ ФОСФАТА СОРБЕНТОМ НА БАЗИ БИОЧАЋИ КОШТИЦЕ ШЉИВЕ ИМПРЕГНИСАНЕ МАГНЕЗИЈУМОМ

PHOSPHATE REMOVAL BY NOVEL MG-IMPREGNATED BIOCHAR OBTAINED FROM WASTE PLUM STONES

МАРИНА ОРЛИЋ¹, ТАТЈАНА ШОШТАРИЋ², АЊА АНТАНАСКОВИЋ³,
ВЛАДИМИР АДАМОВИЋ⁴, ЈЕЛЕНА МИЛОЈКОВИЋ⁵,
ЗОРИЦА ЛОПИЧИЋ⁶

Резиме: Фосфати представљају озбиљну претњу за екосистем, због еутрофикационих својстава и токсичног дејства на живе организме. Утврђено је да највећи ризик представљају фосфати који су доспели у водотокове отицањем са пољопривредног земљишта и из канализационих вода. Међу методама које се користе за уклањање фосфата из воде, адсорпциона технологија се показала као најефикаснија, а биочађ као најефикаснији адсорбент. У овом раду, биочађ добијена спором пиролизом отпадне биомасе (коштице шљива) је модификована у циљу повећања адсорпционог капацитета и затим тестирана као сорбент за уклањање фосфата. Прелиминарни резултати показују да ова врста сорбента има сорпциони потенцијал за ефикасно уклањање фосфата.

Кључне речи: отпадна биомаса, биочађ, модификација, уклањање фосфата

Abstract: Phosphates pose a serious threat to the ecosystem, due to their eutrophication properties and toxic effect on living organisms. It has been shown that the greatest risk is posed by phosphates that have entered water streams as the runoff from agricultural land and those from sewage water. Among the methods used for phosphate removal from water, adsorption technology emerged as the most effective one, while biochar has been proven as one of the most efficient adsorbents. In this paper, biochar obtained by slow pyrolysis of biomass

¹ Марина Орлић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше Д'Епера 86, Београд

² Татјана Шоштарић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше Д'Епера 86, Београд

³ Ања Антанасковић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше Д'Епера 86, Београд

⁴ Владимир Адамовић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше Д'Епера 86, Београд

⁵ Јелена Милојковић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше Д'Епера 86, Београд

⁶ Зорица Лопичић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше Д'Епера 86, Београд

(plum stones) is modified in order to increase its capacity and then tested toward phosphate removal. Preliminary results show that this kind of sorbent poses sorption potential for efficient phosphate removal.

Key Words: waste biomass, biochar, modification, phosphate removal

1. Увод

Прекомерно ослобађање фосфора (P) у водотокове, настало као последица људских активности, сматра се главним узроком еутрофикације, која представља велики ризик за екосистем и квалитет животне средине [1]. Одрживо управљање животном средином базира се на употреби исплативих инжењерских технологија, које не само да уклањају вишак фосфора из вода, већ га и рециклирају, враћајући га назад у земљу како би се поспешило квалитет земљишта и повећала производња хране. Законодавство РС [2] дефинише граничне вредности укупног фосфора у водама у зависности од типа и класе површинских вода; сматра се да услови за појаву еутрофикације у стајаћим водама постоје већ при вредностима од 10 $\mu\text{g/l}$ укупног фосфора [3].

Биочађ је материјал богат угљеником добијен од различитих органских сировина (остатака усева, дрвне биомасе, животињског отпада и сл.), применом различитих термохемијских процеса у одсуству кисеоника. Узимајући у обзир широку доступност биомасе за добијање биочађи, као и повољне физичко-хемијске карактеристике, биочађ се успешно може користити као јефтин адсорбент за уклањање различитих загађивача из вода, при чему се адсорпција сматра ефикасном техником за третман вода у циљу уклањања фосфата [4].

Прелиминарна истраживања која се односе на способност уклањања фосфата, показала су да биочађ без претходног третмана, тј. модификације, поседује низак афинитет за везивање фосфата [5]. У сврху повећања адсорпционог капацитета користе се различите физичке, хемијске или биолошке модификације. Третман је могуће применити на полазну сировину - пре пиролизе, или на већ добијену биочађ.

Шљива (*Prunus domestica* L) је воће које има важну улогу у економском и друштвеном развоју Републике Србије. Према подацима Републичког завода за статистику [6] просечна производња у протеклих пет година је износила 463.000 тона, што Србију сврстава у сам врх светских произвођача шљива. Ако се узме у обзир да је удео масе коштица у плоду шљива од 3,72 до 4,96% [7], лако је закључити да наведена количина плода генерише између 17.224 до 22.965 тона отпадног материјала-коштица.

При производњи шљива и производа од њих генеришу су се различите врсте отпада. Према се наведени отпад може користити у енергетске и фармaceutске сврхе као и за производњу компоста, врло мало или уопште се не користи у било које поменуте сврхе [8]. У сврху проналажења алтернативног решења за третман вода загађених фосфатима, као и могуће употребе

отпадног материјала могућност примене фосфата.

2. Експериментални

2.1. Припрема узорка

Полазна биомаса су класификоване као на собној температури од 1 mm је коришћена рка је модификован са у даљем тексту. У ерл и 200 ml воденог рас шејкер (Heidolph Unit тога, суспензија је за сушен на 105°C токс пиролизоване у пећи условима: брзина за пиролизе 500°C и пр уситњене и просејане водом и осушене на 1 (немодификована бис

2.2. Карактеризација

Одређивање рН р рађено је методом вредности рН раств КШ-Б-М, респектив (собна температура) метра (SensION3, На

Тачке нултог н одређене су по мето раствором електроли 100 ml одмерено је п рН вредности раств HNO₃). Растворима ерленмајери са сусп на собној температу (pH_i).

2.3. Сорпциони експ

У циљу одређив Б-М) према фосфати раствор коришћен ј

отпадног материјала на бази коштице шљиве, у овом раду је испитана могућност примене биочађи као адекватног сорбента за уклањање јона фосфата.

2. Експериментални део

2.1. Припрема узорка

Полазна биомаса коштице шљива узете су из Фабрике „Вино Жупа“, где су класификоване као отпадни материјал. Коштице су опране водом, сушене на собној температури током 48 h, затим самлевене и просејане. Гранулација од 1 mm је коришћена за даља испитивања (КШ). Након просејавања део узорка је модификован са 2M $MgCl_2$ пре пиролизе, према методологији описаној у даљем тексту. У ерленмајере запремине 100 ml додато је по 10 g узорка КШ и 200 ml воденог раствора $MgCl_2$. Суспензије су постављене у орбитални шејкер (Heidolph Unimax 1010, USA), на 180 rpm, $T=25^\circ C$, током 24 h. Након тога, суспензија је загревана на $80^\circ C$ до упаравања, а чврст остатак је потом сушен на $105^\circ C$ током 6 h. Нативна и хемијски модификована биомаса су пиролизоване у пећи (Nabertherm 1300, Germany) при следећим оперативним условима: брзина загревања: $10^\circ C/min$, време контакта 1,5 h, температура пиролизе $500^\circ C$ и проток аргона 200 ml/min. Након пиролизе, биочађи су уситњене и просејане на гранулацију од 0,1 до 0,5 mm, испране дестилованом водом и осушене на $105^\circ C$ током 6 h. Добијене биочађи означене су као КШ-Б (немодификована биочађ) и КШ-Б-М (модификована биочађ).

2.2. Карактеризација сорбената

Одређивање рН раствора суспензије (pH_{sus}) узорака КШ, КШ-Б и КШ-Б-М рађено је методом описаном у стандарду ASTM D6851-02. Одређивање вредности рН раствора суспензије вршено је додавањем 0,2 g КШ, КШ-Б и КШ-Б-М, респективно, у 30 ml дестиловане воде. Након контакта од 72 h (собна температура), измерена је рН вредност суспензије коришћењем рН метра (SensION3, Nach, USA).

Тачке нултог наелектрисања (pH_{pze}) узорака КШ, КШ-Б и КШ-Б-М одређене су по методи преузетој из литературе [9]. Експерименти су рађени раствором електролита јонске јачине 0,01 M KNO_3 . У серију ерленмајера од 100 ml одмерено је по 50 ml раствора KNO_3 , након чега су подешаване почетне рН вредности раствора (pH_i) у интервалу од 2 до 12 (0,1M KOH или 0,1M HNO_3). Растворима је додато по 0,1 g узорака КШ, КШ-Б и КШ-Б-М, ерленмајери са суспензијом су постављени на шејкер и уравнотежавани 24 h на собној температури, након чега је измерена рН вредност сваког филтрата (pH_f).

2.3. Сорциони експерименти

У циљу одређивања афинитета испитиваних сорбената (КШ, КШ-Б и КШ-Б-М) према фосфатима, урађени су прелиминарни експерименти. Као полазни раствор коришћен је раствор KH_2PO_4 иницијалне концентрације 135,16 mg/l

(PO_4^{3-}). У три ерленмајера запремине 100 ml додато је 50 ml почетног раствора и 0,1 g КШ, КШ-Б и КШ-Б-М, респективно. Узорци су постављени на орбитални шејкер (180 rpm, $T=25\text{ }^\circ\text{C}$). Иницијална рН вредност износила је 5,49 и није одржавана константном током сорпционих експеримента. Након 24 h, утврђена је количина преосталих PO_4^{3-} јона спектрофотометријски, коришћењем фотометра MD 610 (Lovibond, Germany).

Кинетика сорпције фосфата испитана је само на узорку КШ-Б-М. Експеримент је извођен на собној температури, у термостатираном шаржном систему са мешањем, при следећим оперативним параметрима: $C_i(\text{PO}_4^{3-})=50,0\text{ mg/l}$, однос чврсте и течне фазе 2 g/l, $\text{pH}_i=5,5$, $T=25\text{ }^\circ\text{C}$, 180 rpm, а узорци су sukcesивно анализирани након 5, 15, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 480, 640 и 1440 минута.

3. Резултати и дискусија

3.1. Карактеризација сорбената

Вредност рН суспензије односи се на одређивање ефекта одређених материјала на иницијалну рН вредност воденог раствора са којим су у директном контакту. Ова вредност се може сматрати показатељем укупне доминације киселих, односно, базних функционалних група присутних на површини чврсте фазе.

На основу резултата приказаних у табели 1, може се закључити да је у узорку КШ доминантно присуство киселих функционалних група, док је површина узорка КШ-Б благо алкална, и њихове рН вредности суспензије износе 6,12 и 7,28, респективно. За узорак КШ-Б-М доминантно је присуство базних група, при чему рН суспензије овог узорка износи 10,35.

Тачке нултог наелектрисања узорака, pH_{pzc} , представљају ону рН вредност раствора при којој је збир површинског наелектрисања чврсте фазе једнак нули. Ова карактеристика сорбента је нарочито значајна у разматрању понашања сорбената у воденом раствору, јер ако је радна вредност рН суспензије мања од pH_{pzc} , површина чврсте фазе је наелектрисана позитивно и одговара везивању анјона. На основу платоа дијаграма зависности коначне (pH_f) од почетне (pH_i) вредности, одређена је pH_{pzc} свих узорака, и резултати су приказани у табели 1.

Табела 1. Карактеризација сорбената

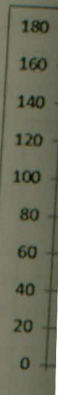
Параметар/ Узорак	КШ	КШ-Б	КШ-Б-М
pH_{sus}	6,12	7,28	10,35
pH_{pzc}	6,14	6,68	10,67

На основу приказаних резултата могуће је уочити да је вредност нултог наелектрисања пиролизованог узорка (КШ-Б) већа у односу на полазни материјал (КШ), што је и очекивано, с обзиром да се пиролизом разграђују

хемицелулоза и пораста садржаја модификован, в који је негативн

Сорпциони експ

Поређење приказано је на уклањају фосфа чињеницом да с раствору прелаз $\text{pH}_{\text{раствор}} < \text{pH}_{\text{pzc}}$, т елелекrostатичк статичко привла сорбената. Цири направљена од с садржани у пола зета потецијалом одбијања са прис киселој средини.



Слика 1. Пор

Насупрот нем фиковане биочађи часа уклоњено ви резултата дошли су анаеробно третира гнирана магнезијум објаснити присут биочађи током пир обзиром да је рН в површина MgO мо мирајући моно-, би

л почетног раствора постављени на орбиту износила је 5,49 и мента. Након 24 h, ометријски, кориш-

ку КШ-Б-М. Експериментом шаржном системом $C_i(PO_4^{3-})=50,0 \text{ mg/l}$, а узорци су суспензије 300, 480, 640 и 1440

ефекта одређених са којим су у директном укупном доминантним на површи-

закључити да је у група, док је концентрације суспензије присутно је присуство 0,35.

у ону рН вредност врсте фазе једнак разматрању понашања рН суспензије активно и одговара коначне (рН_f) од резултати су при-

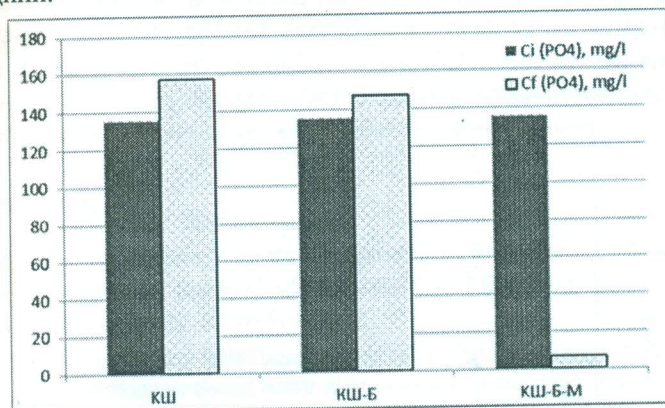
КШ-Б-М
10,35
10,67

вредност нултог осу на полазним системом разграђују

хемицелулоза и целулоза, главни носиоци карбоксилних група, и да долази до пораста садржаја хидроксилних група. У узорку КШ-Б-М који је хемијски модификован, вредност рН_{pzc} износи 10,67 што указује на то да је ово материјал који је негативно наелектрисан у широком опсегу иницијалних рН вредности.

Сорпциони експерименти

Поређење сорпционих способности узорака КШ, КШ-Б и КШ-Б-М, приказано је на слици 1. Након 24 h примећује се да КШ и КШ-Б не само да не уклањају фосфате, већ их и отпуштају у раствор. Ово је могуће објаснити чињеницом да саме коштице шљиве у себи садрже фосфор, који у воденом раствору прелази у лако приступачне фосфате. Иако је за ова два сорбента рН_{раствор} < рН_{pzc}, током 24 h није дошло до везивања фосфата коме би допринеле електростатичке интеракције сорбент-сорбат, што указује да електростатичко привлачење не игра улогу у везивању фосфата за површину ових сорбената. Qiuping He и сарадници [10] су такође доказали да нативна биочађ направљена од стабљика дувана не везује фосфате, већ отпушта и оне који су садржани у полазној структури. Аутори ово објашњавају високим негативним зета потенцијалом немодификоване биочађи који доводи до електростатичког одбијања са присутним јонима фосфата, као и лужењем садржаног фосфора у киселој средини.



Слика 1. Поређење сорпционих способности КШ, КШ-Б и КШ-Б-М

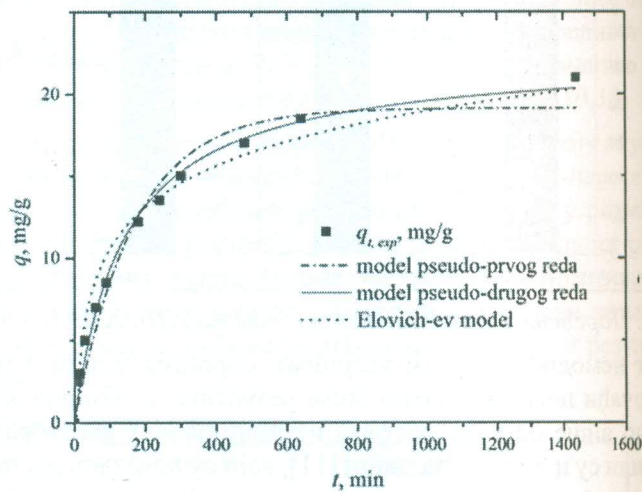
Насупрот немодификованим узорцима, сорпција фосфата помоћу модификоване биочађи показује знатно боље резултате, с обзиром да је након 24 часа уклоњено више од 95% фосфата из иницијалног раствора. До сличних резултата дошли су и Yao и сарадници [11], који су показали да нативна биочађ анаеробно третиране шећерне трске не уклања фосфате, док биочађ импрегнирана магнезијум достиже максимални капацитет од 133 mg/g. Ово је могуће објаснити присуством наночестица MgO које су синтетисане у матриксу биочађи током пиролизе, које могу снажно да вежу фосфатне анјоне. Такође, с обзиром да је рН вредност раствора нижа од рН_{pzc} КШ-Б-М, хидроксилована површина MgO може електростатички привући негативне јоне фосфата, формирајући моно-, би- и тринуклеарне комплексе [12]. Испитујући могућност

уклањања фосфата немодификованом и MgO модификованом биочеђи од отпада шећерне репе [13], закључено је да је повећано уклањање фосфата последица велике количине колоидних и наночестица MgO који се налазе на површини модификованих биочађи.

У циљу испитивања кинетике уклањања фосфата узорцима КШ-Б-М, експериментално добијени кинетички профили сорпције јона фосфата, моделовани су применом три реакциона модела: псеудо-првог и псеудо-другог реда и Еловичевим моделом.

Експериментални резултати кинетике уклањања фосфата и фитовање одређеним моделима приказани су на слици 2. Као што је могуће уочити, капацитет уклањања нагло расте са порастом времена, нарочито током првих 120 минута. Овакав феономен могуће је објаснити великим бројем активних места на спољашњој површини сорбента, као и високом погонском силом у смислу концентрације сорбата. Након 120 минута, активна места на површини бивају засићена, започиње дифузија унутар честица сорбента, те се предпоставља да долази и до промене механизма сорпције.

Након моделовања експерименталних података кинетичким моделима резултати су показали да је најбоље слагање добијено коришћењем модела псеудо-другог реда, са највишим вредностима коефицијента корелације ($R^2=0,987$) и најнижим χ^2 -фактором (0,604). Такође, експериментално добијена вредност капацитета од 21,5 mg/g најбоље се поклапа са израчунатим капацитетом из псеудо-другог модела (22,6 mg/g).



Слика 2. Графички приказ експерименталних података и примењених модела

Применљивост кинетичког модела псеудо-другог реда сугерише да је уклањање фосфата помоћу сорбента засновано на хемијској реакцији, која укључује размену електрона између сорбента и анјона присутних у раствору. До сличних резултата дошли су Liu и сарадници [14] који су испитивали уклањање фосфата Са-модификованом биомасом рамије (*Boehmeria nivea* L.),

и који су закључили да је доминантан механизам сорпције

4. Закључак

Отпадна биомаса из производње етанолa треба искористити за сорпцију фосфата. Иако је сорпциона капацитет сорбента одређен природним карактеристикама сорбента, он се може повећати коришћењем модификатора. Прелиминарне студије показују да је сорпциона капацитет сорбента одређен природним карактеристикама сорбента, он се може повећати коришћењем модификатора. Прелиминарне студије показују да је сорпциона капацитет сорбента одређен природним карактеристикама сорбента, он се може повећати коришћењем модификатора.

Експериментално је уклањање фосфата помоћу сорбента засићеној честици сорбента се сматра отпадом. Експериментално је уклањање фосфата помоћу сорбента засићеној честици сорбента се сматра отпадом.

У складу са резултатима експериментално је уклањање фосфата помоћу сорбента засићеној честици сорбента се сматра отпадом.

5. Захвалница

Овај рад је подржан од стране Републике Србије.

6. Литература

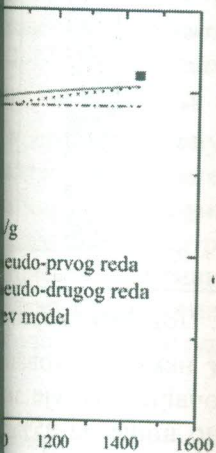
- [1] Zhang M, et al. Nanocomposites for phosphate adsorption. *Chemical Engineering Journal*.
- [2] Уредба о промени подземања гл. РС Б.
- [3] Liu B, et al. Phosphate adsorption by modified biomass. *Research Journal of Chemical Sciences*.
- [4] Wan S, et al. Layered double hydroxides for phosphate adsorption. *Journal of Environmental Science and Technology*.
- [5] Yu P, et al. Solution of phosphate adsorption by modified biomass. *Water Science and Technology*.
- [6] Република Србија, 2005, ступањем на снагу.

MgO модификованом биочеђи од је повећано уклањање фосфата честица MgO који се налазе на

а фосфата узорцима КШ-Б-М, ли сорпције јона фосфата, моделу псеудо-првог и псеудо-другог реда

уклањања фосфата и фитовање 2. Као што је могуће уочити, времена, нарочито током првих минута великим бројем активних места и високом погонском силом у првих минута, активна места на површини сорбента, те се претпоставља сорпције.

одатака кинетичким моделима добијено коришћењем модела кинетичких коефицијента корелације које, експериментално добијена се поклапа са израчунатим резултатима (g/g).



одатака и примењених модела

о-другог реда сугерише да је о на хемијској реакцији, која се одвија на површини катиона присутних у раствору. Резултати [14] који су испитивали сорпцију фосфатних јона на рамије (*Boehmeria nivea* L.),

и који су закључили да је хемисорпција фосфата на површини Ca-RSB доминантан механизам.

4. Закључак

Отпадна биомаса коштица шљива представља значајан ресурс чији потенцијал треба искористити кроз различите примене. У овом раду је испитана могућност примене немодификоване и Mg-модификоване отпадне биомасе КШ. Прелиминарна испитивања су показала да хемијски модификована биомаса и њена накнадна пиролиза дају материјал који је могуће применити у широком рН опсегу уз задовољавајући капацитет уклањања фосфата.

Експериментално одређивање кинетичких параметара указала су да је уклањање фосфата углавном контролисано хемисорпцијом на површини засићеној честицама MgO. Обзиром да је полазни материјал из сировине која се сматра отпадом, трошкови синтезе оваквог сорбента могу бити релативно ниски.

У складу са овим, резултати овог рада могу послужити као полазна основа за синтезу ефикасног сорбента фосфата, чије би карактеристике и максимални сорпциони капацитет требало даље испитати.

5. Захвалница

Овај рад је подржан од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (451-03-68/2022-14/200023).

6. Литература

- [1] Zhang M., Gao B., Yao Y., Xue Y., Inyang M.: Synthesis of porous MgO-biochar nanocomposites for removal of phosphate and nitrate from aqueous solutions, *Chemical Engineering Journal*, 2012.
- [2] Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање *Службени гласник РС* бр. 50/12.
- [3] Liu B, Gai S, Lan Y, Cheng K, Yang F, Metal-based adsorbents for water eutrophication remediation: A review of performances and mechanisms, *Environmental Research*, 212, Part B, 113353, 2022.
- [4] Wan S, Wang S, Li Y, Gao B, Functionalizing biochar with Mg-Al and Mg-Fe layered double hydroxides for removal of phosphate from aqueous solutions. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 47, 2017.
- [5] Yu P, Xue Y, Gao F, Liu Z, Cheng X, Yang K., Phosphorus Removal from Aqueous Solution by Pre or Post-Modified Biochars Derived from Agricultural Residues, *Water Air and Soil Pollution* 227(10):370, 2016.
- [6] Републички завод за статистику Републике Србије, Биљна производња, од 2005, <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/130102?languageCode=sr-Cyrl> (приступљено 30.08.2022. године)

- [7] Majid I, Khalil A., Nisar F, Din S, Nazir N, Ahad S. and Mumtaz S, Comparative tree growth, fruit set, fruit yield and physical characteristics of some plum cultivars grown under temperate conditions of Kashmir, *International Journal of Chemical Studies* 8(4): 2343-2347, 2020.
- [8] Турчић, Тртирање отпада у производњи шљиве, https://db.iseki-food.net/sites/default/files/digital_library_attachments/cacak_srecko_curcic_201602_0.pdf
- [9] S. Milonjić, A. Ruvarac, M. Šušić, The heat of immersion of natural magnetite in aqueous solutions, *Thermochimica Acta*, 11 (3) (1975), 261-266, 1975.
- [10] He Q, Luo Y, Feng Y, Xie K, Zhang K, Shen S, Luo Y. and Wang F, Biochar produced from tobacco stalks, eggshells, and Mg for phosphate adsorption from a wide range of pH aqueous solutions, *Materials Research Express*, 7, 115603, 2020.
- [11] Yao Y, Gao B, Inyang M, Zimmerman A. R, Cao X, Pullammanappallil P, Yang L, Removal of phosphate from aqueous solution by biochar derived from anaerobically digested sugar beet tailings, *Journal of Hazardous Materials*, 190, 1-3, 501-507, 2011.
- [12] Shin E. W, Han J. S, Jang M, Min S.-H, Park J. K, Rowell R. M, Phosphate Adsorption on Aluminum-Impregnated Mesoporous Silicates: Surface Structure and Behavior of Adsorbents, *Environmental Science and Technology*, 38, 3, 912-917, 2004.
- [13] Yao Y, Gao B, Inyang M, A. R Zimmerman, Cao X, Pullammanappallil P, Yang L, Biochar derived from anaerobically digested sugar beet tailings: characterization and phosphate removal potential, *Bioresource Technology* 102, 6273-6278, 2011.
- [14] Liu S, Tan X, Liu Y, Gu Y, Zeng G, Hu X, Wang H, Zhou L, Jiang L. and Zhao B, Production of biochars from Ca impregnated ramie biomass (*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.) and their phosphate removal potential, *RCS Advances*, 6, 5871, 2016.

ДОСТУ
КРАГУAVAILAB
THE CITY

Резиме: Једна предузећа, јесно исправном условљена је (заједница), из обезбеђење у водоснабдева којих се више насеља која од већине сео
Кључне речи:

Abstract: One companies is nesses. The av by a number constructed w supply, provis supply system which more th that gravitate settlements.

Key Words: a

1. Увод

Град Кр

¹ Иван Ступ Карађорђе