

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



42. MEĐUNARODNA
KONFERENCIJA

ZBORNİK RADOVA

VODOVOD I KANALIZACIJA '21

Vrnjačka Banja

12 - 15. oktobar 2021.

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 Rada Petrović, dr Mirjana Stojanović,
dr Zorica Lopičić, prof. dr Dragan Milićević, prof. dr Jovan Despotović,
prof. dr Radomir Kapor, Dušan Đurić, prof. dr Darko Vuksanović,
prof. dr Goran Sekulić, prof. dr Vaso Novaković, mr Olivera Doklešić,
prof. dr Goran Orašanin, prof. dr Dragica Chamovska, prof. dr Filip Kokalj

Organizacioni odbor:

mr Bogdan Vlahović (predsednik), mr Zoran Pendić, Gvozden
Perković, Nebojša Jakovljević, dr Dragana Randelović, dr Tatjana
Šoštarić, Dalibor Joknić, Nikica Ivić, mr Dragan Grujičić, Zoran
Nikolić, Zoran Dimitrijević, Saša Ilić, Milan Đorđević Marijana
Mihajlović, Olivera Čosović i Olja Jovičić

Glavni i odgovorni urednik:

Prof. dr Milovan Živković, dipl. inž.

Lektura i korektura:

Olivera Čosović

Tehnički urednik:

Olja Jovičić

Štampa:

Akademski izdanja, Zemun

Naslovna strana:

Zlatarsko jezero, Srbija

Godina izdavanja: 2021**Tiraž: 200 primeraka****Organizator:**

Savez inženjera i tehničara Srbije

Suorganizatori:

**ITNMS - Institut za tehnologiju nuklearnih
i drugih mineralnih sirovina, Beograd**

**Prirodno-matematički fakultet – Departman za hemiju,
biohemiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad**

**Tehnološko-metalurški fakultet – Katedra za neogransku
hemijsku tehnologiju, Beograd**

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

Inženjerska akademija Srbije, Beograd

**IPIN Institut za primjenjenu geologiju i vodoinženjering
Bijeljina**

Uz podršku

Inženjerske komore Srbije, Beograd

Pod pokroviteljstvom

**Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
Republike Srbije**

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

628.1/.3(082)

МЕЂУНАРОДНА конференција Водовод и канализација (42 ; 2021 ; Врњачка Бања)

Zbornik radova / 42. Međunarodna konferencija Vodovod i kanalizacija '21, Vrnjačka Banja, 12 -15. oktobar 2021. ; [organizator] Savez inženjera i tehničara Srbije ; [glavni i odgovorni urednik Bogdan Vlahović]. - Beograd : Savez inženjera i tehničara Srbije, 2021 (Zemun : Akademska izdanja). - 363 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na više jezika. - Tekst lat. i ćir. - Tiraž 200. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-80067-47-6

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

COBISS.SR-ID 47151113



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

ИСТОРИЈАТ

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

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

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

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

Истовремено са школовањем првих техничких кадрова јавља се и иницијатива за оснивањем стручне, еснафске организације. ТАКО ВЕЋ 3. ФЕБРУАРА 1863. ГОДИНЕ, САМО ГОДИНУ ДАНА ПОСЛЕ ПРЕДАЈЕ КЉУЧЕВА ГРАДА ГРАДА ОД СТРАНЕ ТУРСКОГ ПАШЕ КНЕЗУ МИХАЈЛУ, ДОЛАЗИ МИХАЈЛО „ТЕХНИЧАРСКЕ ДРУЖИНЕ“, чији је први председник био Јосимовић и тај датум је усвојен као година настанка наше организације, а затим (1869) оснива се и Удружење за пољску привреду, односно Српско привредно друштво.

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

е Домовима и осталом имовином, извршавање општих, административних, стручних, рачуноводствено-финансијских, техничких и других реко Стручне службе Савеза инжењера и техничара Србије у свом интересу чланова, чланица, запослених и друго.

чланице Савеза имају развијену сарадњу са органима локалне самоуправе грађанских и републичких министарствима и другим органима академијом наука и уметности, Инжењерском комором Србије, Инженерском академијом Србије, Привредном комором Србије, са многим предузетним и стручним асоцијацијама, факултетима и универзитетима и другим институцијама. Имамо развијену и одговарајућу међународну сарадњу са органима других држава.

У прошлости, преко 20 година на основу Закона и уговора са надлежним републичким министарствима организује и спроводи послове одржавања стручних струка инжењерских струка у Републици Србији.

Инжењер и техничар Србије – СИТС, данас има више хиљада својих чланова и чланица у Србији, и то: 27 чланица на републичком нивоу, стручних различитих инжењерских струка, (архитектура, урбанизам, грађевинарство, електротехника, рударство, геологија, геодезија, агрономија, шумарство и др.), 18 колективних чланице савеза на покрајинском, градском и општинском нивоу.

Члановима и чланицама ИАС – Инжењерске академије Србије. У оквиру Савеза формирани су 2. године Развојни центар СИТС-а који ангажује наше научнике и стручњацима решавању многих текућих и развојних садржаја из области привреде и науке.

У оквиру својих периодичних публикација, редовно излази више стручних часописа: „Техника“, „КГХ“ (Климатизација, грејање, хлађење), „Изградња и експлоатација“, „Пољопривреда“, „Шумарство“, „Текстилна индустрија“, „Ecologica“, „Заштита материјала“ и други.

У оквиру своје покретне и непокретне имовине (Домове инжењера у Београду) активно се финансира, редовно измирује своје обавезе према свим државним органима и својим добављачима и успешно послује.

Инжењер и техничар Србије, као национална инжењерска организација, члан је међународних организација, и то FEANI – Европска федерација инжењерских удружења и COPISSSE – Стална конференција инжењерских удружења у источној Европи.

Чланица FEANI посебно учествује у програмима који се односе на стручну едукацију инжењера, затим у оквиру посебне Комисије за мониторинг са добијањем EUR-ING титуле и друго.

У прошлости, давно постављени и евидентни су резултати пређашњег рада. У оквиру своје активности у пројекатима у прошлости, према многим и великим пројектима, а посебно у техници и технологији, Савеза инжењера и техничара Србије чланице у континуитету иновирају свој рад, од интереса за своје чланице, грађане и државу Србију.

Dušan Milojkov, Angelina Mitrović, Vaso Manojlović, Miroslav Sokić

Superabsorbenti na bazi polimernih mreža i gelova sa dodatkom nanočestica za prečišćavanje otpadnih voda od metala 13

Marija Koprivica, Marija Mihajlović, Jelena Petrović, Marija Simić, Tatjana Šoštarić, Zorica Lopičić, Jelena Dimitrijević

List paulovnije i njegove hidročadi kao potencijalni adsorbenti za uklanjanje jona bakra iz vodenih rastvora 20

Dejan Dimkić, Marko Babalj, Aleksandar Anđelković

Dovođenje vode u NIVOS iz Akumulacije „Zavoj“ 26

Maja Pražić, Nenad Milenković, Vesna Zuber Radenković

Mogući pravci razvoja regionalnog vodovodnog sistema ibarsko-šumadijski do 2040. godine 34

Nemanja Branislavljević, Draško Stojić, Vidoje Stevanović, Ljubica Marić

Procena stanja vodovodne infrastrukture grada pančeva 44

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

Infiltracija – važna komponenta upravljanja kišnim oticajem 50

Nikola Nikolić, Boško Vuković, Vaso Novaković

Pojava učestalih ekstremnih vrednosti padavina kao posledica globalnog zagrevanja i njihov uticaj na količine dotoka i vrednosti vodoobilnosti u površinskom kopu Rudnika „Gacko“ 57

Vladimir Adamović, Tatjana Šoštarić, Anja Antanasković, Zorica Lopičić

Močvarna zemljišta kao prirodna zaštita od poplava 68

Njegoš Dragović, Snežana Urošević, Milovan Vuković

Analiza mineralnih voda za piće u Sijarinskoj Banji 74

Ivan Stupić

Zaštita zone sanitarne zaštite Akumulacije „Gruža“ - problemi u praksi 80

Goran Gavrilović

Daljinski nadzor i upravljanje na vodovodnom sistemu „Grošnica“ 90

<i>Zoran Dimitrijević, Dragan Marinović</i>	
Aspekti upravljanja curenjima u vodovodnim sistemima i pokazatelji učinka	96
<i>Vladimir Kapetina, Goran Orašanin, Dejan Romić</i>	
Otkrivanje curenja vode pomoću logera šuma	105
<i>Milan Đorđević</i>	
Povećavanje efikasnosti u procesu evidencije potrošnje bez povećavanja troškova poslovanja	111
<i>Marko Šaković</i>	
Digitalizacija vodovodnih sistema kao mjera povećanja njihove energetske efikasnosti	116
<i>Zoran Pendić, Sanja Pendić Polak, Bojana Jakovljević, Marko Polak, Zoran Dimitrijević, Dragana Jovanović, Marina Strizak, Ljiljana Jovanović, Željko Marković</i>	
Šta pojam voda 4.0 znači za javna komunalna preduzeća koja se bave vodovodom?	124
<i>Dragan Milićević</i>	
Stanje i perspektive primene kružne ekonomije u Srbiji	138
<i>Dragan Vlatković</i>	
Korelacija vodne i energetske efikasnosti u hercegnovskom vodovodnom sistemu	151
<i>Ivan Bogdanović</i>	
Problematika održavanja linije gasa na S.P.O.V. „Cvetojevac“	158
<i>Zdravko Bijelić, Biljana Milanović, Mitar Bijelić</i>	
Upravljanje integrisanim kvalitetom planinskih vodotokova male energetske vrijednosti	163
<i>Slobodan Zlatković, Vukašin Đurković</i>	
Predlog za izmenu nekih propisa iz oblasti voda	171
<i>Vesna Pešić, Milena Bečelić-Tomin, Đurđa Kerkez, Dejan Krčmar, Božo Dalmacija, Anita Leovac Maćerak, Srđan Rončević</i>	
Ispitivanje uticaja ispuštanja otpadnih voda na reku Krivaju	177
<i>Dragan Marinović, Svetlana Belošević, Zoran Milićević, Zoran Dimitrijević, Dušanka Marinović</i>	
Kvalitet školskih voda u okolini grada Kraljeva	183
<i>Gordan Vrbanec</i>	
Merenje kvalitete i količine industrijske otpadne vode	191

<i>Angelina Mitrović, Tatjana Đurkić, Danijela Prokić, Jelena Lukić, Dušan Milojkov, Danijela Smiljanić</i>	
Mikroplastika u otpadnim vodama	
<i>Rada Petrović, Slavica Lazarević, Ivona Janković-Častvan, Željko Radovanović, Đorđe Janačković</i>	
Uklanjanje šestovalentnog hroma iz otpadnih voda primenom nanočestica elementarnog gvožđa sintetisanih korišćenjem ekstrakta lišća hrasta	
<i>Mladen Popov, Marijana Kragulj Isakovski, Jelena Molnar Jazić, Aleksandra Tubić, Nikica Ivić, Marina Šćiban, Jasmina Agbaba</i>	
Efekti O₃/GAU procesa na zastupljenost različitih klasa jedinjenja u vodi	
<i>Jovana Blagojević, Goran Orašanin, Stojan Simić</i>	
Tehnički aspekti korišćenja ozona u tretmanu vode za piće sa analizom primjenljivosti na vodovodni sistem „Tilava“	
<i>Tajana Simetić, Jelena Molnar Jazić, Irina Jevrosimov, Marijana Kragulj Isakovski, Aleksandra Tubić, Srđan Rončević, Jasmina Agbaba</i>	
Ispitivanje uticaja UV/H₂O₂ unapredene oksidacije i adsorpcije na aktivnom uglju za uklanjanje 1,2,3-trihlorbenzena iz vode	
<i>Aleksandra Porjazoska Kujundziski, Dragica Chamovska</i>	
Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions by Various Adsorbents	
<i>Slavica Lazarević, Ivona Janković-Častvan, Đorđe Janačković, Rada Petrović</i>	
Simultana adsorpcija jona bakra i antibiotika ciprofloksacina iz vode na sepiolitu	
<i>Jelena Petrović, Marija Mihajlović, Marija Simić, Marija Koprivica, Jelena Dimitrijević, Jelena Milojković</i>	
Modifikovana hidročad komine grožđa kao potencijalni adsorbens jona cinka i organskih boja	
<i>Ivanka Kaut, Jelena Stojić</i>	
Uticaj zamene filterske ispune na odstranjivanje amonijaka iz vode	
<i>Aleksandra Ivanovska, Mirjana Kostić</i>	
Alkali Modified Waste Jute Fabrics as Efficient Adsorbents for Various Cations and Anthraquinone dye	
<i>Iva Ćurić, Davor Dolar</i>	
Novel Hybrid System for the Treatment of Textile Wastewater	

<i>Ivana Mikavica, Dragana Randelović, Aleksandra Janošević, Jelene Mutić</i> Efficiency of Water Pollution Treatment by Various Adsorption Methods – a Review	263
<i>Matej Čehovin, Alojz Medic</i> Dezinfekcija pijaće vode seoskih vodovoda – moguća rešenja sa primerima iz prakse u Republici Sloveniji	270
<i>Dragan Milićević, Goran Nedić, Nemanja Sibinović</i> Predlog smernica za projektovanje fekalne kanalizacione mreže	276
<i>Zdravko Bijelić, Biljana Milanović, Mitar Bijelić</i> Optimizacija pouzdanosti kanalizacionih sistema u industrijskim zonama u fazi projektovanja	287
<i>Ivan Milojković, Miodrag Popović, Lazar Roglijić</i> Kanalizacioni potis duž Bulevara Vojvode Bojovića	295
<i>Darko Vuksanović, Dragan Radonjić, Jelena Šćepanović, Kaća Backović</i> Višekriterijumska analiza utvrđivanja lokacije za izgradnju postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda Podgorice	301
<i>Zorana Radibratović, Biljana Cakić, Bojan Obušковиć</i> Predlog tehničkog rešenja za unapređenje tehnologije prerade na PPV „Bežanija“ U Beogradu	312
<i>Olivera Doklešić, Nenad Konjević</i> Kolektor kanalizacije na Hercegovskoj rivijeri, primjer upravljanja i izgradnje velikog projekta	319
<i>Miloš Milošević, Dušan Todorović</i> Izveštaj o pumpnim stanicama kanizacionog sistema od Kanli kule do PPOV – Meljine	326
<i>Darko Vuksanović, Kaća Backović, Dragan Radonjić, Jelena Šćepanović</i> Postojeće stanje upravljanja otpadnim vodama u Podgorici	332
<i>Davor Dolar, Iva Ćurić, Nada Glumac</i> Direct Reuse of Municipal Wastewater for Irrigation by MBR-NF/RO	342
<i>Branislava Matić, Dragana Jovanović, Snežana Dejanović</i> Kako unaprediti regulisanje dispozicije otpadnih voda iz zdravstvenih ustanova u Srbiji	349
<i>Miroslav Milosavljević</i> Kanalizacioni mulj PPOV Kruševac – energetski resurs	357

SUPERABSORBENTI NA BAZI POLIMERNIH MREŽA SA DODATKOM NANOČESTICA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA OD METALA

SUPERABSORBENTS BASED ON POLYMER NETWORKS WITH THE ADDITION OF NANOPARTICLES FOR WASTEWATER TREATMENT

DUŠAN MILOJKOV¹, ANGELINA MITROVIĆ²,
VASO MANOJLOVIĆ³, MIROSLAV SOKIĆ⁴

Rezime: U ovom radu biće prikazano dobijanje različitih adsorbenata na bazi polimernih mreža i gelova sa dodatkom nanočestica i njihova primena za prečišćavanje otpadnih voda od metala. Polimerne mreže i hidrogelovi kao adsorbenti predstavljaju novu klasu sistema tretmana otpadnih voda, ako se uzme u obzir da se mogu lako sintetisati iz dostupnih i jeftinih sirovina. Dodatkom nanočestica u matricu nastaju nove klase multifunkcionalnih nanokompozitnih materijala koje efikasno uklanjaju teške metale, radioaktivne elemente, boje, fenole i pesticide. U odnosu na konvencionalne adsorbente, ovakvi superabsorbenti imaju niz prednosti: visoki adsorpcioni kapacitet, velika brzina adsorpcije, mogućnost primene u širokom pH vrednosti, a potom i mogućnost desorpcije i ponovne upotrebe.

Ključne reči: superabsorbenti, hidrogel, metali, otpadne vode, polimerni materijali

Abstract: In this paper, the preparation of various adsorbents based on polymer networks and gels with the addition of nanoparticles and their application for metal removal from wastewater will be shown. Polymer networks and hydrogels as adsorbents represent a new class of systems for wastewater treatment, given that they can be easily synthesized from available and inexpensive raw materials. The addition of nanoparticles to such a polymer matrix creates new classes of multifunctional materials, which very efficiently remove heavy metals, radioactive elements and pesticides. Compared to conventional adsorbents, such superabsorbents have a number of advantages: high adsorption capacity, fast adsorption, applicability in a wide pH range, and the possibility of desorption and reuse.

¹ Dušan Milojkov, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih materijala, d'Eperea 86, Beograd

² Angelina Mitrović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih materijala, d'Eperea 86, Beograd

³ Vaso Manojlović, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

⁴ Miroslav Sokić, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih materijala, d'Eperea 86, Beograd

МОДИФИКОВАНА ХИДРОЧАЋ КОМИНЕ ГРОЖЉА КАО ПОТЕНЦИЈАЛНИ АДОРБЕНС ЈОНА ЦИНКА И ОРГАНСКИХ БОЈА

MODIFIED GRAPE POMACE HYDROCHAR AS A POTENTIAL ADSORBENT OF ZINC IONS AND ORGANIC DYES

ЈЕЛЕНА ПЕТРОВИЋ¹, МАРИЈА МИХАЈЛОВИЋ², МАРИЈА СИМИЋ³,
МАРИЈА КОПРИВИЦА⁴, ЈЕЛЕНА ДИМИТРИЈЕВИЋ⁵,
ЈЕЛЕНА МИЛОЈКОВИЋ⁶

Резиме: У оквиру ове студије хидрочај комине грожља испитана је као потенцијални адсорбент јона цинка и органских боја из водених раствора. Хидрочај припремљена хидротермалном карбонизацијом (ХТЦ) на 220°C, је накнадно алкално модификована у циљу постепеног њене способности за уклањање испитиваних полутаната. Пре-лиминарни адсорпциони резултати су показали да модификована хидрочај показује нешто нижи проценат уклањања мурексида (14,2%), док су проценти уклањања за цинк, метил-црвено и метил-љубичасто знатно већи (80,68%, 46,53% и 51,23%, редом). Резултати наше студије су показали да комина грожља може бити разматрана као прекурсор за производњу ефикасних адсорбенса применом ХТЦ процеса.

Кључне речи: хидротермална карбонизација, комина грожља, цинк, органске боје, третман отпадне воде.

Abstract: Within this study, the grape pomace hydrochar was utilized as a potential adsorbent of zinc ions and organic dyes from aqueous solutions. Hydrochar prepared by hydrothermal carbonization (HTC) at 220°C, was subsequently alkali modified in order to improve its capability to remove of tested pollutants. According to results, the modified hydrochar showed a slightly lower percentage of murexide removal (14.2%), while the removal percentages for Zinc, methylred and methylviolet are significantly higher (80.68%, 46.53% and 51.23%). The results showed that grape pomace can be considered as precursor for the production of efficient metal and dye adsorbents via HTC.

¹ Јелена Петровић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше д'Епера 86, Београд

² Марија Михајловић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше д'Епера 86, Београд

³ Марија Симић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше д'Епера 86, Београд

⁴ Марија Копривица, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше д'Епера 86, Београд

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

⁶ Јелена Милојковић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Франше д'Епера 86, Београд

hydrothermal carbonization (HTC) at 220 °C was subsequently alkali modified in order to improve its capability to remove of tested pollutants. According to results, the modified hydrochar showed a slightly lower percentage of murexide removal (14.2%), while the removal percentages for Zinc, methylred and methylviolet are significantly higher (80.68%, 46.53% and 51.23%). The results showed that grape pomace can be considered as precursor for the production of efficient metal and dye adsorbents via HTC.

Key words: Hydrothermal carbonization, grape pomace, Zinc, organic dyes, wastewater treatment.

1. Увод

Све већи развој индустријализације и урбанизације подстакло је континуално испуштање различитих загађивача, попут органских боја, тешких метала, пестицида и других органских једињења, у речне водотокове. Досадашње студије су показале да тешки метали и органске боје у природу доспевају из индустријских и рударских отпадних вода (текстилне индустрије, галванизације, производње папира, штављења коже, прехранбене технологије и друго) [1, 2]. Горе поменута једињења су токсични и бионеразградиви загађивачи који имају тенденцију акумулације у биљним и животињским ткивима, као и људском организму, при том узрокујући значајне поремећаје који укључују оштећење централног нервног система, дерматитис, рак, дисфункцију бубрега, јетре и репродуктивних органа [3]. Из овог разлога је неопходно развити ефикасне и економичне начине уклањања тешких метала и органских боја из индустријских отпадних вода пре њиховог испуштања у речне водотокове.

За уклањање загађивача до сада су се користиле различите индустријске технике (јонска измена, хемијско таложење, адсорпција на активном угљу), међутим оне показују одређена ограничења попут непотпуног уклањања полутанта или стварања токсичног муља. Како би се превазишли ови недостаци пажња научне јавности је последњих година окренута ка развоју нових, ефикасних, обновљивих и јефтених технологија за уклањање загађивача, попут биосорпције. Упоредо са развојем биосорпције, све је израженија примена угљеничних материјала добијених из отпадне биомасе као адсорбенса. Угљеником богати адсорбенси се могу добити гасификацијом, пиролизом или хидротермалном карбонизацијом (ХТЦ) различите отпадне биомасе [1-4].

Током ХТЦ процеса долази до карбонизације влажне отпадне биомасе на умереним реакционим температурама (180-260°C) и аутогеном притиску у року сати и потребни су блажи реакциони услови у поређењу са пиролизом [3]. Добијене чврсте хидрочаји се захваљујући својим карактеристикама и различитим сировинама од којих се могу добити сматрају вредним материјалима за различите индустријске, еколошке и пољопривредне примене. Што се тиче примене као адсорпционог материјала, хидрочаји су богатије функционалним групама на својој површини у поређењу са сировом биомасом и

биочађима, што им даје високу хидрофобност, хемијски афинитет и потенцијал за уклањање различитих загађивача [4]. У последње време истраживачи све већу пажњу посвећују и модификацији хидрочађи, како би се додатно побољшале адсорпционе карактеристике ових материјала. Досадашња истраживања су показала да третман хидрочађи водоник пероксидом, различитим алкалијама или солима значајно може повећати њихову адсорпциону ефикасност [5].

У оквиру овог рада, по први пут ће бити испитан потенцијал хидрочађи комине грожђа добијене на 220°C за уклањање јона цинка и изабраних органских боја (мурексид, метил-црвено и метил-љубичасто) из водених раствора. Додатно, хидрочађ је модификована 1M раствором КОН и упоређени су проценти уклањања изабраних загађивача. За загађиваче ка којима је хидрочађ показала најбољи афинитет је додатно испитан утицај концентрације и добијени резултати су анализирани изотермским моделима адсорпције. Главни циљ овог рада је промовисање примене нових материјала добијених хидротермалном карбонизацијом отпадне биомасе.

2. Материјали и методе

2.1. Хемикалије

Све коришћене хемикалије су биле аналитичког степена чистоће. Основни раствори (1 mM) су припремани растварањем одређене количине метала или боје у дестилованој води, док су раствори различитих концентрација припремани разблаживањем основних раствора.

2.2. Припрема и модификација хидрочађи

Конверзија отпадне комине грожђа, сакупљене након процесуирања у кондиторске производе, вршена је ХТЦ поступком. Сам поступак се одигравао у лабораторијском аутоклаву (Carl Roth модел II) у ком је суспензија од 10 g биомасе и 150 mL бидестиловане воде мешана у трајању од 1 h на 220°C. Након реакционог периода суспензија је профилтрирана, добијена хидрочађ је осушена на 105°C и коришћена у даљим експериментима. Алкална модификација је рађена применом 1M раствора КОН по поступку описаном у нашој претходној студији [1].

За прелиминарне адсорпционе експерименте 0,02 g суве модификоване хидрочађи је мешано на орбиталном шејкеру (Heidolph, модел Unimax 1010) са 20 mL стандардног растора изабраног полутанта (0,5 mM) у стакленим еrlenmјерима (100 mL), током 24 h, на собној температури, брзином од 220 rpm. На основу прелиминарних тестова, одлучено је да се утврди утицај полазне концентрације на уклањање јона цинка и метил-љубичастог. Садржај цинка у полазном раствору и добијеном филтрату је одређен методом ААС (Perkin Elmer 900T), док је садржај органских боја одређен на UV-VISa (SPECOL 1300). Процент уклањања и капацитет адсорпције израчунати су по следећим формулама (1) и (2) [3]:

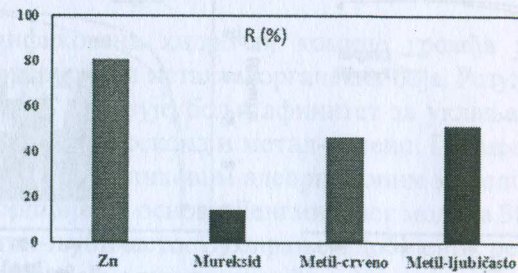
$$q = \left(\frac{C_0 - C_{eq}}{m} \right) \times V \quad (1)$$

$$R = \frac{C_0 - C_{eq}}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

У којојим је q -количина адсорбованог загађивача (mg/g); R -процент уклањања; C_0 -концентрација јона у раствору пре почетка адсорпције (mg/L); C_{eq} - концентрација јона у раствору после адсорпције (mg/L); V -запремина раствора (L); m -примењена маса хидрочађи (g). Поред тога, на добијене резултате утицаја концентрације примењене су Ленгмирова и Фројндлихова адсорпциона изотерма. Метода нелинеарног фитовања помоћу софтвера Origin 9. коришћена је за истраживање примењених изотермних модела.

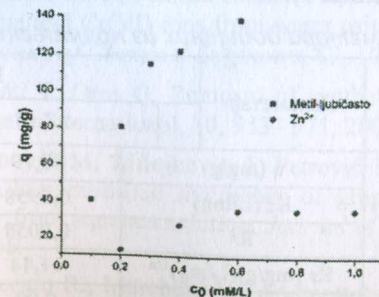
3. Резултати и дискусија

Прелиминарни адсорпциони тестови (слика 1) су показали да модификована хидрочађ комине грожђа показује знатно већи проценат уклањања, самим тим и бољу способност за адсорпцију јона Zn^{2+} и метил-љубичастог у односу на мурексид и метил-црвено.



Слика 1. Процент уклањања испитиваних загађивача

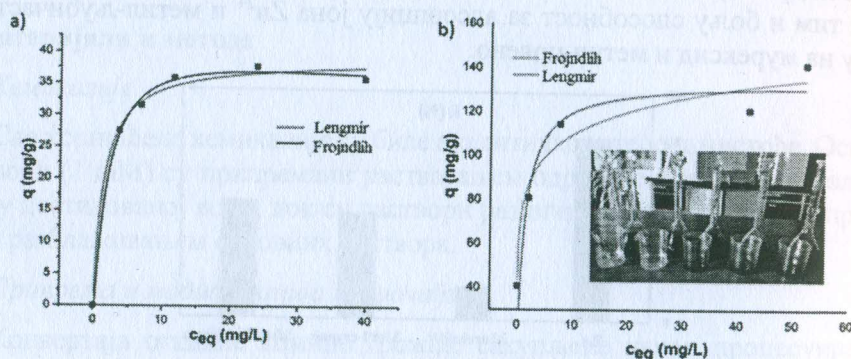
Цинк и метил-љубичасто су на основу прелиминарних резултата изабрани за даље испитивање везивања полутаната на површину модификоване хидрочађи, тачније на овим полутантима је извршено испитивање утицаја концентрације (слика 2), као једног од битнијих параметара адсорпционог процеса.



Слика 2. Утицај полазне концентрације јона Zn^{2+} и метил-љубичастог на капацитет адсорпције

На добијене резултате су примењени Ленгмиров и Фројндлихов модел изотерми како би се добили детаљнији подаци о максималном капацитету адсорпције и природи интеракције између адсорбенса и адсорбата. Ленгмиров модел изотерме, заснован на претпоставци процеса једнослојне адсорпције на хомогену површину, док Фројндлихов изотерми модел претпоставља адсорпцију на хетерогеној површини адсорбенса [1].

Са слике 2 се може видети да са порастом почетне концентрације испитиваних јона у раствору (c_0) расте и количина адсорбованих јона (q) применом алкално модификоване хидрочађи комине грожђа, све до момента успостављања равнотеже у систему. Након достизања равнотеже даљи пораст концентрације нема утицај на адсорпциони капацитет. Познато је да са повећањем концентрације полутаната у раствору долази до смањења броја активних места на површини адсорбенса, услед њихове међусобне интеракције. Када се при одређеној концентрацији јона у раствору заузму сва активна места на површини адсорбенса, може се рећи да је адсорпциони процес постигао стање равнотеже [5].



Слика 3. Графички приказ испитиваних модела изотерми за адсорпцију јона Zn^{2+} (a) и метил-љубичастог (b) применом модификоване хидрочађи комине грожђа

На добијене експерименталне вредности су примењене горе поменуте адсорпционе изотерме (слика 3).

Табела 1. Вредности параметара добијених из примењених изотерми

Модел	Параметар	Вредност	
		Zn^{2+}	Метил-љубичасто
Ленгмир	q (mg/g)	38,79	133,94
	K_L (L/mg)	0,6958	0,8274
	R^2	0,9058	0,7354
Фројндлих	K_F (mg/g)(L/mg) $^{1/n}$	11,44	78,19
	$1/n$	0,99	0,15
	R^2	0,9595	0,9562

Адсорпциони параметри добијени на основу нагиба и одсечка криве и корелациони коефицијенти (R^2) за примењене адсорпционе моделе, су рани у табели 1.

Вредности корелационих коефицијената (R^2) за оба испитивана пола (табела 1) јасно указују да Фројндлихов модел изотерме, са $R^2 > 0,95$, ставља модел којим се може описати равнотежа адсорпције јона цинка тил-љубичастог применом алкално модификоване хидрочађи у посматраном опсегу концентрација. Добијени резултати показују да се процес адсорпције одиграва на хетерогеној површини и да је дистрибуција активних места на површини хидрочађи изузетно комплексна, па се самим тим и уклањање танина одиграва на сложен начин [1, 6].

Поред тога, ниске вредности фактора хетерогености ($1/n < 1$) и параметра K_L указују да је адсорпција испитиваних јона фаворизован процес на хидрочађи који показује висок афинитет за уклањање испитиваних загађивача из водених раствора. Сличне резултате су добили и Le Tri Nguyen и сарадници (2021) приликом испитивања уклањања конго црвене боје помоћу биомодификоване металним солима [6].

4. Закључак

Алкално модификована хидрочађ комине грожђа је испитиван потенцијални адсорбент јона метала и органских боја. Резултати ове студије показали да хидрочађ показује бољи афинитет за уклањање цинка и метил-љубичастог у односу на мурексид и метил-црвено. Процес адсорпције боје боље може описати Фројндлиховим адсорпционим моделом, док је максимални капацитет адсорпције на основу Ленгмировог модела 38,79 mg/g за цинк и 133,94 mg/g за метил-љубичасто. Сумирањем добијених резултата се може закључити да је хидрочађ комине грожђа ефикасан адсорбент различитих загађивача.

5. Литература

- [1] Shaban M, Abukhadra M. R, Parwaz Khan A. A, Jibali B. M, Removal of red, methylene blue and Cr(VI) ions from water using natural serpentine, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 82, 102–116, 2018.
- [2] Forgacs E, Cserháti T, Oros G, Removal of synthetic dyes from wastewater, *Environment International*, 30, 953–971, 2004.
- [3] Petrović J, Stojanović M, Milojković J, Petrović M, Šoštarić T, Laušević M, Mihajlović M, Alkali modified hydrochar of grape pomace as a persulfate adsorbent of Pb^{2+} from aqueous solution, *Journal of Environmental Management*, 182, 292-300, 2016.
- [4] Ferrentino R., Ceccato R., Marchetti V., Andreattola G., Fiori L: Sewage Hydrochar: An Option for Removal of Methylene Blue from Wastewater, *Water Sciences*, 10, 3445, 2020.

- [6] Le Tri Nguyen D, Binh Q. A, Nguyen X. C, Huyen Nguyen T. T. et al, Metal salt-modified biochars derived from agro-waste for effective congo red dye removal, *Environmental Research*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.-111492>, 2021.

UTICAJ ZAMENE FILTERSKE ISPUNE NA ODSTRANJENJE AMONIJAKA IZ VODE

INFLUENCE OF FILTER FILLING REPLACEMENT ON AMMONIA REMOVAL FROM WATER

IVANKA KAUT¹, JELENA STOJIĆ²

Rezime: Postojeći vodovodni sistem u gradu Pančevu zasniva se na preradi podzemne vode u vodu za piće. Tehnološka koncepcija prerade vode bazira se na postupcima za uklanjanje gvožđa, mangana i amonijaka. Rekonstrukcije filtera na postrojenjima u Pančevu ukazuju na značaj izbora filterske ispune na rezultate u procesu prerade.

Glavne riječi: rekonstrukcija, filterska ispuna

Abstract: The existing water supply system in the city of Pancevo is based on the treatment of groundwater into drinking water. The technological concept of water treatment is based on procedures for the removal of iron, manganese and ammonia. Reconstruction of the plants in Pancevo indicated the importance of the choice of filter filling on the results of the processing process.

Key words: reconstruction, filter filling

1. Uvod

Postojeći vodovodni sistem u gradu Pančevu zasniva se na preradi podzemne vode u vodu za piće. Kvalitet podzemnih voda uslovljen je geološkim karakteristikama terena. Karakteristike sirove vode su opterećenje sadržajima gvožđa, mangana i amonijaka. Poznato je, da se amonijak u vodi može tokom prerade oksidirati u nitrat, što je u vodovodskoj praksi više zastupljeno, nego postupak sa biološkom nitrifikacijom.

Teorija o mogućnosti hlorisanja „na tački prevoja“ nije u praksi pogotovo ostvariva, zato što se dodati hlor ugrađuje u razne organske supstance. Proces hlorisanja vodio na tački prevoja, tj. kad bi sirova voda imala konstantan sadržaj amonijaka, moglo bi se računati na potpunu oksidaciju za koju je potrebno do 4 mg/1 hlora za svakih 1,0 mg/1 amonijak.

¹ Kaut Ivanka, JKP „Vodovod i kanalizacija“ Oslobođenja 15, Pančevo

² Stojić Jelena, JKP „Vodovod i kanalizacija“ Oslobođenja 15, Pančevo