



Časopis Naučnog društva za pogonske mašine, traktore i održavanje
Journal of Scientific Society of Power Machines, Tractors and Maintenance

TRAKTORI I POGONSKE MAŠINE

TRACTORS AND POWER MACHINES

5

UDK 631.372

ISSN 0354-9496

Godina 26

Dec. 2021.



Novi Sad, Srbija

Trakt. i pog. maš., Trac. and pow. mach., Vol. 26, No. 5 p.1-77, Novi Sad, Dec. 2021.

Časopis Traktori i pogonske mašine broj 5 posvećen je XXVIII-om naučnom skupu "Pravci razvoja traktora i obnovljivih izvora energije"

The journal Tractors and power machines number 5 is devoted to XXVIII scientific meeting "Development of tractors and renewable energy resources"

JUMTO 2021

Programski odbor

- Prof. dr Lazar Savin, predsednik
- Prof. dr Ratko Nikolić
- Prof. dr Mirko Simikić
- Prof. dr Ivan Klinar

Program board

- Prof. dr Dragan Ružić
- Prof. dr Radojka Gligorić, sekretar
- Prof. dr Milan Tomić
- Dipl. inž. Milan Samardžija
- Prof. dr Zdenko Tkač

Pokrovitelji skupa

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
- Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost
- Pokrajinski sekretarijat za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo AP Vojvodine

Godparent of meeting

Organizatori skupa

- Naučno društvo za pogonske mašine, traktore i održavanje

JUMTO – Novi Sad

- Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku, Novi Sad
- Društvo za razvoj i korišćenje biogoriva – BIGO, Novi Sad
- Agencija za bezbednost saobraćaja, Beograd
- Akademija inženjerskih nauka Srbije, Odeljenje biotehničkih nauka Beograd

Organizers of meeting

Mesto održavanja

Place of meeting

Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 03.12.2021.

Štampanje ove publikacije pomoglo je:

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost AP Vojvodine
Pokrajinski sekretarijat za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo AP Vojvodine

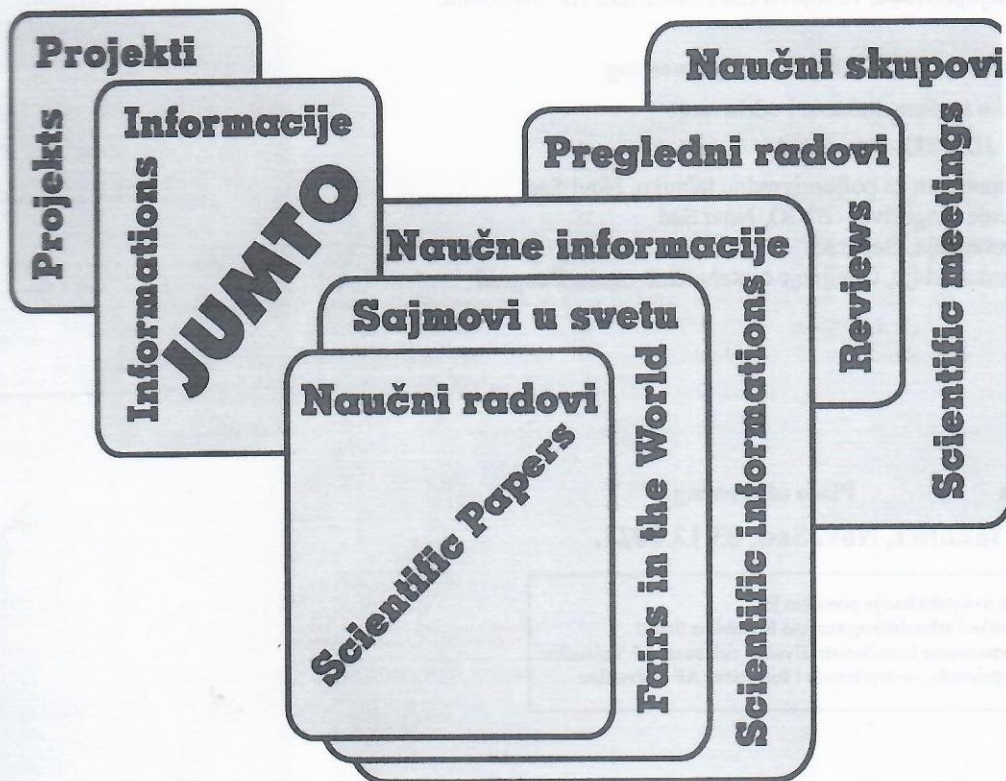
TRAKTORI I POGONSKE MAŠINE

5

UDK 6:
ISSN 03.
Godir
Dec. 2

TRACTORS AND POWER MACHIN

SADRŽAJ - CONTENS



Novi Sad, Srbija

Izdavač – Publisher



Naučno društvo za pogonske mašine, traktore i održavanje
Scientific Society of Power Machines, Tractors and Maintenance

Suizdavač – Copublisher

Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku, Novi Sad
 Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, Novi Sad

Glavni urednik – Editor in chief

Dr Milan Tomić

Urednici - Editors

Dr Lazar Savin**Dr Ratko Nikolić****Dr Mirko Simikić****Dr Radojka Gligorić**

Tehnički urednik - Technical Editor

MSc Srđan Vejnović**Nevenka Žigić**

Tehnički sekretar - Technical Secretary

Nevenka Žigić

Uređivački savet - Editorial Committee

Dr Ratko Nikolić, Novi Sad**Dr Lazar Savin, Novi Sad****Dr Milan Tomić, Novi Sad****Dr Mirko Simikić, Novi Sad****Dr Dragan Ružić, Novi Sad****Dr Radojka Gligorić, Novi Sad****Dr Ivan Klinar, Novi Sad****Dr Radivoje Pešić, Kragujevac****Dr Klara Jakovčević, Subotica****Dr Krešimir Čopec, Zagreb****Dr Laszlo Mago, Budapest, Mađarska****Dr Александр Пастухов, Белгород, Rusija****Dr Ľubomír Hujo, Nitra, Slovačka****Dr Hasan Silleli, Ankara, Turska****Dr Valentin Vladut, Rumunija**

Adresa – Adress

Poljoprivredni fakultet**Trg Dositeja Obradovića br. 8****Novi Sad, Srbija****Tel.: ++381(0)21 4853 391****Tel/Fax.: ++381(0)21 459 989****e-mail: milanto@polj.uns.ac.rs**

Časopis izlazi svaka tri meseca

Pretpлата za radne organizacije je 1500 din, za
 društvo 5000 din a za individualne predplatnike 1000 din
 broj: 340-4148-96 kod Erste banke

Prema Mišljenju Ministarstva za nauku, Republike Srbije ovaj časopis je "PUBLIKACIJA OD POSEBNOG INTERESA ZA NAUKU"

Jurnal is published four times a year

Subscription price for organization is 40 EURO, for
 foreign organization 80 EURO and individual
 subscribes 15 EURO

SADRŽAJ – CONTENTS

<i>Tomić M., Savin L., Simikić M.</i>	
UTICAJ DUGORTAJNE PRIMENE BIODIZELA NA PROMENU PERFORMASI I EMISIJE IZDUVNIH GASOVA MOTORA	
EFFECTS OF CONTINUED USE OF BIODIESEL ON CHANGES IN ENGINE PERFORMANCES AND EXHAUST GAS EMISSIONS	5
<i>Ivanišević M., Zoranović M., Kešelj K., Vejnović S.</i>	
UTICAJ RADA RASPRŠIVAČA PROTOTIPA VLAŽNOG FILTERA NA AMBIJENTLNI PRITISAK PRI RAZMENI VAZDUHA SA OKRUŽENJEM	
INFLUENCE OF PROTOTYP WET FILTER SPRAYER OPERATION ON AMBIENT PRESSURE WHEN EXCHANGING AIR WITH THE ENVIRONMENT	20
<i>Tica N., Milić D., Zekić V., Savin L., Milana Popov, Zlata Mihajlov</i>	
TROŠKOVI SITNJENJA ŽETVENIH OSTATAKA PRIMENOM OPERACIJA TANJIRANJA I SEČENJA	
THE COSTS OF CROP RESIDUES CHOPPING USING DISKING AND CUTTING OPERATIONS	27
<i>Međved I.</i>	
RAČUNOVODSTVENI ASPEKT FAKTORINGA U POLJOPRIVREDI	
ACCOUNTING ASPECT OF AGRICULTURE FACTORING	32
<i>Aleksić N., Šušteršič V.</i>	
MOGUĆNOST PRIMENE NANOTEHNOLOGIJE U TRETMANU VODA I OTPADNIH VODA	
POSSIBILITY OF APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY IN WATER AND WASTEWATER TREATMENT	40
<i>Kekić A., Đuričić M.</i>	
TENDENCIJE U RAZVOJU I PROIZVODNJI MOTORNIH ULJA	48
<i>Kekić A., Đuričić M.</i>	
ODREĐIVANJE OPTIMALNOG INTERVALA ZAMENE MOTORNOG ULJA ZA RAZLIČITE VRSTE GORIVA	
DETERMINATION OPTIMAL INTERVAL CHANGE MOTOR OIL FOR DIFFERENT FUEL TYPES	52
<i>Savin L., Tomić M., Simikić M., Tica N.</i>	
PRIKAZ NAGRAĐENIH NOVITETA NA MEĐUNARODNOM SAJMU EIMA 2021 U BOLONJI	
REVIEW OF AWARDED INNOVATIONS AT SHOW EIMA 2021 IN BOLOGNA	58
<i>Antanasković M.</i>	
IZBOR ZA TRAKTOR GODINE 2022	68

MOGUĆNOST PRIMENE NANOTEHNOLOGIJE U TRETMANU VODA I OTPADNIH VODA POSSIBILITY OF APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY IN WATER AND WASTEWATER TREATMENT

Aleksić N. ¹, Šušteršič, V. ²,

REZIME

Ubrzani proces urbanizacije, rast broja stanovnika i klimatske promene današnjem svetu donose velike promene kada su u pitanju dostupne količine sveže pijaće vode. Pored prerade vode iz izvora, pre njene distribucije do krajnjih korisnika, neophodno je vodu tretirati i prečišćavati i kao i otpadne vode, pre njihovog ispuštanja u životnu sredinu, kako njihova zagađenja ne bi dospela do podzemnih ili površinskih izvora i stvarala dodatna zagađenja. Nanotehnologija se pokazala kao inovativna, ekološki prihvatljiva i napredna tehnika u tretmanu voda i otpadnih voda. Ova tehnologija ima veliki potencijal u unapređenju tretmana voda i otpadnih voda kroz poboljšanje efikasnosti prečišćavanja, kao i povećanje vodosnabdevanja bezbednim korišćenjem nekonvencionalnih izvora vode. U ovom radu prikazana su ograničenja konvencionalnih tretmana voda i otpadnih voda, navedene su potencijalne primene nanomaterijala u tretmanu voda i otpadnih voda i date su karakteristike nanotehnologije (prednosti, nedostaci, sadašnja i buduća primena) kada je u pitanju tretman voda i otpadnih voda.

Ključne reči: nanotehnologija, nanomaterijali, tretman voda, tretman otpadne vode

SUMMARY

The accelerated process of urbanization, population growth, and climate change bring enormous changes to today's world about the available quantities of fresh drinking water. In addition to the processing of water from sources, before its distribution to end-users, it is necessary to treat and purify water as well as wastewater before their discharge into the environment, so that their pollution would not reach underground or surface sources and create additional pollution. Nanotechnology has proven to be an innovative, environmentally friendly, and advanced technique in water and wastewater treatment. This technology has great potential in improving water and wastewater treatment by improving treatment efficiency as well as increasing water supply through the safe use of unconventional water sources. This

¹ Natalija Aleksić, istraživač pripravnik, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, natalija94u@gmail.com

² Dr Vanja Šušteršič, red. prof., Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, vanijs@kg.ac.rs

review presents the limitations of conventional water and wastewater treatments, lists the potential applications of nanomaterials in water and wastewater treatment, and identifies nanotechnology characteristics (advantages, disadvantages, current and future applications) for water and wastewater treatment.

Key words: nanotechnology, nanomaterials, water treatment, wastewater treatment

UVOD

Svet se bori da održi korak sa rastućom potražnjom vode koja je uslovljena porastom stanovništva, životnim standardom, ali i klimatskim promenama i pogoršanjem kvaliteta vode. Porast stanovništva zajedno sa prekomernom eksploatacijom površinskih i podzemnih voda tokom poslednjih nekoliko decenija doveo je do nestašice vode u različitim delovima sveta [1]. Takođe, količina otpadnih voda se značajno povećava, a u nedostatku odgovarajućih mera za tretman i upravljanje otpadnim vodama dolazi i do zagađivanja postojećih rezervi slatke vode. Očekuje se da će se u narednim godinama problemi s vodom i nestašicom vode pogoršati usled klimatskih promena, rasta stanovništva i urbanizacije. Prema nekim procenama, svetsku populaciju će činiti oko devet milijardi stanovnika do 2050. godine, a oko 75 % populacije će se suočiti sa nedostatkom pitke vode do 2075. godine [2, 3]. Jedan od najvećih izazova, ne samo 21. veka već i budućnosti, jeste obezbeđivanje čiste i dostupne vode za zadovoljenje ljudskih potreba.

Trenutne tehnologije za prečišćavanje voda i otpadnih voda dostižu svoj limit u smislu obezbeđivanja vode odgovarajućeg kvaliteta za zadovoljenje ljudskih i ekoloških potreba. Postojeći sistemi tretmana, distribucije i ispuštanja voda oslanjaju se na centralizovane sisteme koji više nisu održivi i koji nisu efikasni u uklanjanju mnogih zagađivača [4]. Pored navedenog, pojava novih i stabilnijih nečistoća u vodama i otpadnim vodama predstavlja sve veći problem za konvencionalne sisteme i postrojenja koja se bave tretmanom voda. Ovakvi sistemi ne mogu da ispune ekološke zahteve današnjice i smatraju se neefikasnim, jer ne postoji mogućnost potpunog uklanjanja pojedinih složenih nečistoća [5]. Iz navedenih razloga, u tretmanu voda i otpadnih voda pojavljuju se nove tehnologije koje poseduju mogućnost prečišćavanja jedinjenja i nečistoća, koji su nepoželjni u svakom obliku, iz voda i otpadnih voda.

Danas je nanotehnologija postala jedna od naprednijih svetskih tehnologija. Svake godine sve veći broj istraživača se bavi istraživanjima u oblastima nanotehnologije, nanomaterijala, njihove primene i problemima koji mogu nastati njihovom upotrebom [6]. Nanotehnologija u tretmanu voda i otpadnih voda se pokazala kao jedna od naprednih i efikasnih načina za uklanjanje nečistoća u veoma visokom procentu. Njen razvoj omogućio je zadovoljenje visokih standarda kvaliteta prečišćene vode i smatra se tehnologijom koja će se u velikoj meri primenjivati u budućnosti. Nanotehnologija može rešiti mnoga pitanja kvaliteta vode primenom različitih vrsta nanomaterijala. Najvažnija karakteristika ovih materijala jeste veliki odnos površine i zapremine zbog čega su pogodni za različite oblike prečišćavanja voda (adsorpcija, membranska filtracija itd.), ali i veća reaktivnost sa zagađujućim atomima, brži hemijski procesi, bolja magnetna svojstva i slično. Primena nanotehnologije u tretmanu voda i otpadnih voda utiče na unapređivanje i, prevazilaženje glavnih izazova u tretmanu voda, ali i na obezbeđivanje novih tehnika tretmana vode koji bi mogle da omoguće ekonomsku eksploataciju alternativnih izvora vode kako bi se obezbedilo pouzdano snabdevanje pitkom vodom [7]. Nanotehnologija omogućava razvoj visoko efikasnih, modularnih i multifunkcionalnih procesa za prečišćavanje voda i otpadnih voda koji će se manje oslanjati na

veliku infrastrukturu, tzv. vodovod sledeće generacije [8-10]. U radu je prikazana moguća primena nanotehnologije i nanomaterijala u tretmanu voda i otpadnih voda.

NANOTEHNOLOGIJA I NANOMATERIJALI U TRETMANU VODA I OTPADNIH VODA

Postojeće tehnike tretmana voda i otpadnih voda imaju jedno ili više ograničenja u pogledu konačnog kvaliteta vode nakon njihove primene. [11] Ograničenja primene pojedinih tretmana navedena su u tabeli 1.

Tab. 1. Konvencionalni tretmani i njihova ograničenja [11]

Tab. 1. Conventional treatments and their limitations [11]

Tip tretmana Type of treatment	Ograničenja Limitations
Destilacija Distillation	Visoka potreba za energijom i vodom. Tačka ključanja zagađivača je > 100 °C, teško se uklanja. High requirement of energy and water. Pollutant boiling point > 100 °C, difficult to remove.
Biološki tretman Biological treatment	Mikroorganizme je teško kontrolisati, a nusproizvodi oštećuju ćelije, nisu isplativi i zahtevaju vreme. Microorganisms difficult to control and by-product damages cells, not cost effective and is time taking.
Ultraljubičasti tretman Ultraviolet treatment	Skupa metoda, a neaktivna ukoliko postoji замуćenje, neefikasna zbog teških metala i neefikasna u uklanjanju neorganskih zagađivača. Expensive method, inactivated due to the turbidity, ineffective due to heavy metals and ineffective in inorganic contaminants removal.
Ultrafiltracija Ultrafiltration	Ne uklanjaju rastvorene neorganske materije, velike potrebe za energijom, filteri se teško čiste. Not remove dissolved inorganics, high energy requirement, difficult in cleaning.
Hemijska transformacija Chemical transformation	Potreban višak reagensa, nekvalitetna smeša, neaktivni nepovoljni uslovi, selektivna metoda. Excess reagents needed, low-quality mixture, inactive adverse conditions, selective method.
Koagulacija i flokulacija Coagulation and flocculation	Niska efikasnost i zavisnost od pH vrednosti. Low efficiency and pH dependent.

Konvencionalni procesi tretmana voda i prečišćavanja otpadnih voda su dizajnirani tako da postignu poboljšanja u kvalitetu voda/otpadnih voda. Različiti procesi tretmana mogu smanjiti: suspendovane čvrste materije, biorazgradive organske materije, patogene bakterije, nitrata i fosfata [12]. Uvođenje dostignuća nanotehnologija otvara brojne promene u mnogim oblastima [13]. Nanotehnologija je obezbedila inovativna rešenja za tretman vode i otpadnih voda. Na osnovu vrste tretmana i stepena prečišćavanja, određuje se primena nanomaterijala za efikasno uklanjanje zagađivača iz vode/otpadne vode. Nanomaterijali za tretman vode mogu se podeliti u tri glavne grupe: nano-adsorbenti, nanokatalizatori i nanomembrane [6]. Sve vrste nanomaterijala mogu da se koriste za desalinizaciju i uklanjanje organskih i neorganskih zagađivača iz vode za piće, kao i za uklanjanje jona teških metala i boja iz otpadnih voda [6]. Nanomaterijali se proizvode sa karakteristikama, kao što su veliki odnos površine i zapremine, reaktivnost i podesiva zapremina pora i dr. U tabeli 2 navedeni su postupci tretmana voda u kojima se primenjuju različite vrste nanomaterijala. U kontekstu tretmana i sanacije,

nanotehnologija ima potencijal da dugoročno obezbedi i dobar kvalitet i veću količinu prečišćene vode. Nanočestice koje imaju visoku sposobnost adsorpcije, interakcije i reakcije, mogu se ponašati kao koloid. Primena nanotehnologije omogućava uštedu energije, troškova i prostora zbog malih veličina čestica koje vrše prečišćavanje, međutim ukupni troškovi primene ove tehnologije u poređenju sa ostalim dostupnim tehnikama prerade na tržištu jesu veći.

Tab. 2. Primeri potencijalne primene nanomaterijala u tretmanu voda i otpadnih voda, kao i karakteristike navedenih nanomaterijala [5]

Tab. 2. Examples of potential applications of nanomaterials in water and wastewater treatment, as well as the characteristics of these nanomaterials [5]

Tretman Treatment	Nanomaterijali Nanomaterials	Karakteristika Characteristics
Adsorpcija Adsorption	Metalni oksidi na nanometarskoj skali i nano vlakna, ugljenična nanocev (CNT) Nanoscale metal oxides and nanofibers, carbon nanotube (CNT)	Visoka specifična površina, veća mogućnost adsorpcije, kratka udaljenost difuzije unutar čestica, podesiva hemija površine, laka ponovna upotreba i regeneracija itd. High specific surface area, higher adsorption possibility, short diffusion distance within particles, adjustable chemistry surface, easy reuse and regeneration, etc.
Dezinfekcija Disinfection	Nanosrebro/titanijum-dioksid, ugljenična nanocev (CNT) Nanosilver/titanium dioxide, carbon nanotube (CNT)	Snažna antimikrobiološka aktivnost, niska toksičnost i cena, visoka hemijska stabilnost, jednostavnost upotrebe itd. Strong antimicrobial activity, low toxicity and cost, high chemical stability, ease use, etc.
Fotokataliza Photocatalysis	Derivati nano titanijum-dioksida i fuleren Nano titanium dioxide derivatives and fullerenes	Fotokatalitička aktivnost u sunčevom spektru, niska toksičnost za ljude, visoka stabilnost i selektivnost, niska cena itd. Photocatalytic activity in the solar spectrum, low toxicity to humans, high stability and selectivity, low cost, etc.
Membransko filtriranje Membrane filtration	Nano srebro, nano titanijum-dioksid, zeolit, magnetit, ugljenična nanocev (CNT) Nano silver, nano titanium dioxide, zeolite, magnetite, carbon nanotube (CNT)	Snažna antimikrobiološka aktivnost, hidrofilnost, niska toksičnost za ljude, visoka mehanička i hemijska stabilnost, visoka propustljivost i selektivnost, fotokatalitička aktivnost itd. Strong antimicrobial activity, hydrophilicity, low toxicity to humans, high mechanical and chemical stability, high permeability and selectivity, photocatalytic activity, etc.

Primena nanomaterijala i nanotehnologije za potrebe tretmana voda i otpadnih voda se, na osnovu dostupnih literaturnih podataka, poslednjih decenija pokazala kao veoma dobra tehnika koja je u stanju da vodu prečisti do zahtevanog kvaliteta. Primenom nanotehnologije moguće je iz različitih izvora voda ili otpadne vode potpuno ukloniti najsitnije čestice i zagađivače.

U tabeli 3 prikazane su prednosti i nedostaci pojedinih nanotehnologija/nanomaterijala, oblast primene ali i buduća, planirana primena u skladu sa njenim razvojem, dok je u tabeli 4 prikazana efikasnost izdvajanja nečistoća nanofiltracijom.

Tab. 3. Karakteristike nanotehnologija [14-16]
Tab. 3. Characteristics of nanotechnologies [14-16]

Nano-adsorbenti Nano-adsorbents			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	
visoka specifična površina, visoka moć adsorpcije, mali otisak high specific surface area, high adsorption power, small footprint	visoki troškovi proizvodnje high production costs	uklanjanje organskih materija, teških metala, bakterija removal of organic matter, heavy metals, bacteria	
CNTs CNTs			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	Buduća primena Future application
visoka moć adsorpcije, anti mikrobno dejstvo (bez toskičnih nusproizvoda), ponovna upotreba i oporavak metala, termička/hemijska stabilnost high adsorption power, anti- microbial action (without toxic by-products), metal reuse and recovery, thermal/chemical stability	visoki troškovi proizvodnje, štetno dejstvo po živi svet high production costs, detrimental effect on the living world	adsorpcija teže biorazgradivih materija (npr. antibiotici), dezinfekcija, uklanjanje teških metala adsorption of severely biodegradable substances (eg antibiotics), disinfection, removal of heavy metals	razvoj ultra dugih nano-cevi za desalinaciju vode, uklanjanje ulja, filtracija development of ultra long nano-tubes for water desalination, oil removal, filtration
Polimerni nano-adsorbenti Polymer nano-adsorbents			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	Buduća primena Future application
dvostruko dejstvo, ponovna upotreba double effect, reuse	složena proizvodnja complex production	uklanjanje metala i organskih nečistoća removal of metals and organic impurities	izrada biorazgradivog/ netoksičnog adsorbenta (hitozana i dendrita) production of biodegradable / non- toxic adsorbent (chitosan and dendrites)
Zeolit Zeolite			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	Buduća primena Future application
anti mikrobno dejstvo, modifikovan je reaktivan anti microbial action, modified reactive	manja aktivna površina imobilizacijom srebrnih nanočestica smaller active surface by	dezinfekcija, uklanjanje fenola, metala Disinfection, removal of phenols, metals	/ /

	immobilization of silver nanoparticles		
Nano-TiO₂ Nano-TiO₂			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	Buduća primena Future application
hemijska stabilnost, dug životni vek chemical stability, long lifetime	aktivacija UV zracima UV activation	uklanjanje organskih zagađivača removal of organic pollutants	aktivacija vidljivim svetlom visible light activation
Magnetne nanočestice Magnetic nanoparticles			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	Buduća primena Future application
oporavak magnetnim poljem magnetic field recovery	neophodna stabilizacija necessary stabilization	tretman površinskih voda surface water treatment	prirodna osmoza natural osmosis
nZVI nZVI			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	Buduća primena Future application
visoko reaktivan, magnetna svojstva highly reactive, magnetic properties	neophodna stabilizacija, kratak vek trajanja necessary stabilization, short lifetime	tretman površinskih voda surface water treatment	/
Membranski procesi Membrane processes			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	
automatizovan/pouzdan proces automated/reliable process	velika potrošnja energije high energy consumption	tretman voda i otpadnih voda water and wastewater treatment	
Nanofiltracija Nanofiltration			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	Primena Use
niska vrednost pritiska, velika selektivnost low pressure value, high selectivity	koncentracija polarizacije polarization concentration	omekšavanje, uklanjanje boje, mirisa, teških metala, mikroba softening, removal of paint, odors, heavy metals, microbes	desalinacija morske vode seawater desalination
Nano-kompozitne membrane Nano-composite membranes			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	Buduća primena Future application
veća hidrofilitnost, propustljivost vode,	moguće oslobađanje nanočestica	reverzna osmoza, uklanjanje	izrada bioloških nano-kompozitnih

otpornost na prljavštinu, mehanička otpornost higher hydrophilicity, water permeability, dirt resistance, mechanical resistance	(orošavanje) possible release of nanoparticles (dew)	mikrozagađivača reverse osmosis, removal of micro-pollutants	membrana fabrication of biological nano-composite membranes
Membrane od nano-vlakana Nano-fiber membranes			
Prednosti Advantages	Nedostaci Disadvantages	Primena Use	Buduća primena Future application
visoka poroznost, prilagodljivost, visok kvalitet permeata, anti mikrobnog dejstva, visoka spec. površina, jednostavna proizvodnja high porosity, adaptability, high permeate quality, anti microbial action, high spec. Surface, simple production	zaprljanje pora, moguće oslobađanje nanočestica (orošavanje) pore contamination, possible release of nanoparticles (dew)	ultrafiltracija, predfiltracija, tretman voda, samostalni uređaj za filtriranje ultrafiltration, prefiltration, water treatment, stand-alone filtration device	izrada kompozitnih membrana od nano-vlakana i bioloških membrana od nano-vlakana production of composite nano-fiber membranes and biological nano-fiber membranes

Tab. 4. Efikasnost izdvajanja nečistoća nanofiltracijom [16]

Tab. 4. Efficiency of impurity removal by nanofiltration [16]

Supstanca Substance	Efekat uklanjanja [%] Removal effect [%]	Supstanca Substance	Efekat uklanjanja [%], log* Removal effect [%], log *
Ukupna rastvorena supstanca Total dissolved substance	40-60	Arsen Arsenic	<40
Ukupni organski ugljenik Total organic carbon	90-98	Atrazin Atrazin	85-90
Boja Color	90-96	Proteini Proteins	3-5*
Tvrdoća Hardness	80-85	Bakterije Bacteria	3-6*
Nitrati Nitrates	80-85	Protozoa Protozoa	>6*
Fluoridi Fluorides	10-50	Virusi Viruses	3-5*

ZAKLJUČAK

Konvencionalni tretmani voda i otpadnih voda su energetski intenzivni i neekonomični, efikasnost prečišćavanja je nedovoljna kao i ponovna upotreba ostataka, pa oni polako postaju neodrživi. Tretman voda zasnovan na nanotehnologijama pruža ekološki pristup povećanjem efikasnosti postojećih procesa kroz ponovnu upotrebu nanomaterijala i regeneraciju pojedinih zagađivača čime se štede i troškovi rada postrojenja (održivi razvoj). Posebne osobine nanostrukture obezbeđuju efikasno uklanjanje organskih i neorganskih zagađivača, teških metala i štetnih mikroba. Može se primenjivati u gotovo svim fazama tretmana voda ali tri glavne kategorije su: adsorpcija, membranski procesi i fotokataliza. Trend primene

nanotehnologije za tretman voda i prečišćavanje zagađenja iz voda brzo napreduje i teži ka tome da ubrzo postane široko primenjena i neophodna tehnika prečišćavanja voda. Jedinstvena svojstva nanomaterijala i njihovo približavanje savremenim tehnologijama prečišćavanja predstavljaju velike mogućnosti za revoluciju u prečišćavanju vode i otpadnih voda. Izazovi sa kojima se suočava nanotehnologija za prečišćavanje vode jesu važni, ali mnogi od ovih izazova su samo privremeni, uključujući tehničke prepreke, visoke troškove i potencijalni ekološki rizik. Trenutno stanje je takvo da se ova tehnologija ne koristi dovoljno u praksi, a najveći problem su visoki troškovi. Dobra strana je što nanotehnologije postaju ekonomski sve prihvatljivije.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu III 42013 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1.] Saha I., Bhattacharya S., Mukhopadhyay A., Chattopadhyay D., Ghosh U., Chatterjee D., Role of nanotechnology in water treatment and purification: Potential applications and implications, *International Journal of Chemical Science and Technology*, vol. 3, no. 3, pp 59-64, 2013,
- [2.] Tlili I., Alkanhal T. A., Nanotechnology for water purification: electrospun nanofibrous membrane in water and wastewater treatment, *Journal of Water Reuse and Desalination*, vol. 9 no. 3, pp. 232-248, 2019,
- [3.] Shirazi M., Kargari Ali., Water Desalination: Solar-Assisted Membrane Distillation. In: Sohail Anwar (ed), *Encyclopedia of Energy Engineering and Technology*, edition 2, CRC Press, USA, 2014,
- [4.] Machado A. B., Rodrigues G. Z. P., Feksa L. R., Berlese D. B., Tundisi J. G., Applications of nanotechnology in water treatment, *Revista Conhecimento Online, Novo Hamburgo: Universidade Feevale*, vol. 1, pp. 03-15, 2019,
- [5.] Amin M. T., Alazba A. A., Manzoo U., A Review of Removal of Pollutants from Water/Wastewater Using Different Types of Nanomaterials, *Alamoudi Water Research Chair, King Saud Universtiy, P.O. Box 2460, Riyadh 11451, Saudi Arabia*, 2014,
- [6.] Šušteršič V., Possibility of Using Carbon Nanotubes in Water and Wastewater Treatment, In: Brabazon, Dermot (ed), *Encyclopedia of Materials: Composites*. vol. 2, pp. 314-325, Oxford: Elsevier, 2021,
- [7.] Madhura L., Singh S., Kanchi S., Sabela M., Bisetty K., Nanotechnology-based water quality management for wastewater treatment, *Environmental Chemistry Letters*, vol. 17, no. 1, pp. 65-121, 2019,
- [8.] Kovačević B., Značaj i zaštita voda „Kap po kap“, Klub studenata Fakulteta političkih nauka Banja Luka, Evropski defendologija centar za naučna, politička, ekonomska, socijalna, bezbjedonosna, sociološka i kriminološka istraživanja Banja Luka, 2017,
- [9.] Đurić Z., Nanotehnologije kao globalni zadatak istraživača 21. veka, 49. Konferencija za ETRAN, str. 13-25, Budva, 5-10. jun 2005,
- [10.] Xiaolei Q., Alvarez J. J. P., Li Q., Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment, *Water Research*, vol. 47, no. 12, pp. 3931-3946, 2013,
- [11.] Das R., Ali M. E., Hamid S. B. A., Ramakrishna S., Chowdhury Z.Z., Carbon nanotube membranes for water purification: A bright future in water desalination, *Desalination*, vol. 336, no. 1, pp. 97-109, 2014,
- [12.] Kanchi S., Nanotechnology for Water Treatment, *Environmental Analytical Chemistry*, vol. 1, no. 2, pp 1-3, 2014,
- [13.] Pešić R., Milojević S., Davinić A., Taranović D., Petković S., Hnatko E., Stefanović R., Veinović S., Uvođenje naučne ekologije u sve oblasti poljoprivredne mehanizacije, *Traktori i pogonske mašine*, vol. 23, no 3/4, pp. 49-60, Novi Sad, 2018,
- [14.] Gehrke I., Geiser A., Somborn-Schulz A., Innovations in nanotechnology for water treatment, *Nanotechnology, Science and Applications*, vol. 8, pp. 1-17, 2015,
- [15.] Kunduru K., Nazarkovsky M., Farah S., Pawar R., Basu A., Domb A., Nanotechnology for water purification: Applications of nanotechnology methods in wastewater treatment, In: *Water Purification*, edition 1, Academic Press: Elsevier, 2017,
- [16.] Zekić E., Vuković Ž., Halkijević I., Primjena nanotehnologije u pročišćavanju otpadnih voda, *Građevinar*, vol. 70, no. 4, pp. 315-323, 2018.