

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2014/55



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0150
Naslov programa	Integralni pristop k preprečevanju onesnaževanja voda
Vodja programa	11874 Albin Pintar
Obseg raziskovalnih ur	34000
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	104 Kemijski inštitut 103 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.02 Kemijsko inženirstvo
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.04 Kemijsko inženirstvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Skonstruirali smo laboratorijski pilotni membranski bioreaktor (MBR) za odstranjevanje nitratnih ionov iz onesnažene podtalnice. Rezultati so pokazali, da je delovanje sistema odvisno predvsem od pretočnosti membran, ki so se v kratkem času začele mašiti. Pilotni MBR sistem smo zato prilagodili delovanju s pritrjeno biomaso. Drugi del raziskav je potekal na področju obdelave in ponovne uporabe sanitarne odpadne vode. Skonstruirali smo nov, kompaktni sistem s kombinacijo biološkega postopka odstranjevanja raztopljenih organskih snovi in delne dezinfekcije s pomočjo UV svetlobe z namenom, da se voda ponovno uporabi za spiranje WC školjke.

Heterogeno katalizirane procese lahko učinkovito uporabimo za čisto produkcijo vodika s pretvorbo organskih onesnažil in različnih substratov (obnovljivi viri). Razviti katalizatorji temeljijo na kovinah prehoda, so cenovno ugodni in izkazujejo visoko ter stabilno aktivnost. Na podlagi variacije parametrov med sintezo materialov in kasnejšimi katalitskimi testi smo identificirali njihove ključne lastnosti, ki omogočajo stabilno delovanje bimetalnih katalizatorjev. Razviti bimetalni katalizatorji so primerni za reforming plinskih mešanic bioplina

ter so učinkoviti tudi v primeru do 25 vol. % vode v napajalni zmesi. Odpornost na oksidacijo lahko pripišemo tvorbi nanodelcev zlitine z nikljem, ki ima močno izraženo lastnost kemisorpcije vodika in na ta način vzdržuje kobalt v kovinskem stanju. V takem načinu obratovanja sintezni plin vsebuje H_2/CO razmerje enako 1,5, ki je neposredno primerno za Fischer-Tropsch sintezo umetnih goriv ali sintezo dimetiletra.

Delo na področju čiščenja odpadnih vod je bilo usmerjeno v odstranjevanje organskih onesnažil z naprednimi oksidacijskimi procesi, kot sta katalitske mokra oksidacija in heterogena fotokataliza. Raziskave so potekale na modelnih (vodna raztopina bisfenola A) in realnih (deponijska izcedna voda) vzorcih. Za uspešno delovanje omenjenih naprednih oksidacijskih procesov so bili potrebni aktivni katalizatorji, ki so bili v našem primeru pripravljene na osnovi titanatnih nanocevk. Izsledki študije katalitske mokre oksidacije modelnega onesnažila bisfenola A (BPA) v kapalnem cevnem reaktorju so pokazali, da lahko titanatne nanocevkke izkazujejo 5-10 krat višjo aktivnost kot komercialno dosegljivi TiO_2 ekstrudati (Degussa). Vzoredni testi so pokazali, da lahko z omenjenimi katalizatorji v primerljivem času, kot s komercialnim TiO_2 (P25 Degussa), dosežemo popolno odstranitev modelnega onesnažila.

Ugotovili smo, da se v večini primerov strupenost tretiranih vzorcev na testirane organizme in estrogena aktivnost zmanjšali v primerjavi z izhodno raztopino BPA. Na osnovi titanatnih nanocevk so bili pripravljene tudi Ru/TiO_2 katalizatorji, ki so pri zgoraj omenjenih CWAO pogojih odstranili do 70 % KPK in do 92 % amonijevega dušika v realnem vzorcu (izcedna deponijska voda).

ANG

A laboratory-scale pilot membrane bioreactor (MBR) for removal of nitrate ions from polluted ground water was constructed. Results showed that performance of the system depends on permeability of membranes, which started to clog. Therefore, the pilot MBR system was adjusted to operate with biomass that was immobilized to a carrier material (biofilm). Second part of research work was done in the area of sanitary wastewater treatment and its reuse. We invented a compact system with combination of a biological procedure for removal of dissolved organic matter and partial disinfection by using UV light with the goal of reusing treated water for toilet flushing.

Heterogeneous catalytic processes can be efficiently used for clean production of hydrogen by transformation of organic pollutants and various substrates (renewable sources). The developed catalysts are based on transition metals that are financially acceptable and show high and stable activity. On the basis of variation of parameters during synthesis, we have identified their key characteristics, which enable stable performance. The developed bimetallic catalysts are suitable for reforming of gas mixtures of biogas and are effective also in case where water content in feed mixture is up to 25 vol. %. Reason for resistance to oxidation can be in the formation of nanoparticles of nickel alloy, which has highly expressed characteristics of hydrogen chemisorption and in that way maintains cobalt in metallic state. In that way of operation, syngas contains H_2/CO relation equal to 1.5, which is directly appropriate for Fischer-Tropsch synthesis of synthetic fuels or synthesis of dimethylether.

Work in the area of wastewater treatment polluted with priority organic substances was conducted in a way of removal by using advanced oxidation processes like catalytic wet-air oxidation and heterogeneous photocatalysis. Research was done on model solutions (Bisphenol A water solution) and real samples (landfill leachate water). For successful performance, active catalysts were needed, which were in our case prepared on the basis of titanate nanotubes. Results of a study of catalytic wet-air oxidation of model pollutant bisphenol A (BPA) in a trickle-bed reactor showed that TiO_2 nanotubes can be 5-10 times more active than commercially available TiO_2 extrudates (Degussa). Parallel tests of photocatalytic oxidation showed that by using the above mentioned catalysts as well as a commercial TiO_2 (P25 Degussa), we can achieve total removal of model pollutant in comparable time. Efficiency of BPA removal ($c_0 = 10 \text{ mg/l}$) and estrogenic activity from water samples was determined by chemical analyses, acute/chronic toxicity tests and YES test. We discovered that in most cases toxicity of treated samples to test organisms and estrogenic activity was decreased in comparison to influent BPA solution. On the basis of TiO_2 nanotubes, Ru/TiO_2 catalysts were prepared which removed 70 % of COD and 92 % of ammonium nitrogen in real sample (landfill leachate water) at the above mentioned CWAO conditions.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

SLO

Skonstruirali smo laboratorijski pilotni membranski bioreaktor (MBR) za odstranjevanje nitratnih ionov iz onesnažene podtalnice. V primerjavi s konvencionalnimi procesi biološkega čiščenja lahko v MBR vzdržujemo občutno višjo koncentracijo biomase (aktivnega blata), v

očiščeni vodi pa je koncentracija mikroorganizmov manjša. Rezultati začetnih raziskav v pilotnem MBR z dispergirano biomaso so pokazali, da je delovanje sistema odvisno predvsem od pretočnosti membran, ki so se v kratkem času začele mašiti z mikroorganizmi in njihovimi izločki. Pilotni MBR sistem smo zato prilagodili delovanju z biomaso, ki je pritrjena na nosilnem materialu (biofilm). Drugi del raziskav je potekal na področju obdelave in ponovne uporabe sanitarne odpadne vode. Skonstruirali smo kompaktni sistem s kombinacijo biološkega postopka odstranjevanja raztopljenih organskih snovi in delne dezinfekcije s pomočjo UV svetlobe. Ta sistem omogoča, da se sanitarna odpadna voda očisti do takšne stopnje, da jo lahko ponovno uporabimo za spiranje WC školjke. Izsledke raziskav na teh področjih smo zaščitili s patentoma.

Heterogeno katalizirane procese (npr. suhi reforming metana) lahko učinkovito uporabimo za čisto produkcijo vodika s pretvorbo v odpadnih vodah prisotnih organskih onesnažil kakor tudi s pretvorbo različnih substratov (obnovljivi viri). Katalitska produkcija vodika poteka s pretvorbo bioplina, ki smo ga iz omenjenih substratov predhodno pridobili z anaerobnimi biološkimi procesi. Katalitska pretvorba bioplina (CH_4 in CO_2) v sintezni plin (H_2 in CO) je zelo pomembna, saj omogoča nadaljnjo sintezo različnih energentov in kemikalij z višjo dodano vrednostjo. Katalizatorji, razviti v naši raziskovalni skupini, temeljijo na kovinah prehoda in so cenovno sprejemljivi tudi v večjem merilu, hkrati pa izkazujejo visoko in stabilno aktivnost brez poogljčenja pod industrijsko relevantnimi obratovalnimi pogoji v časovnem obdobju enakem 400 h. Na podlagi variacije parametrov med sintezo materialov in kasnejšimi katalitskimi testi smo identificirali njihove ključne lastnosti, ki omogočajo stabilno delovanje bimetalnih katalizatorjev. To lastnosti so: (i) zlitina niklja in kobalta v obliki kemijsko homogenih nanodelcev velikosti pod 10 nm, kateri so fino dispergirani po nosilcu ter (ii) trdna raztopina cerijevega in cirkonijevega dioksida, v kateri je zaradi substitucije cerijevega iona s cirkonijevim povečana gostota strukturnih defektov, ki omogoča hitrejšo in obširnejšo redukcijo materiala in s tem višjo gibljivost kisikovih zvrsti. Razviti bimetalni katalizatorji so primerni za reforming plinskih mešanic bioplina s širokim razponom razmerij med $\text{CH}_4/\text{CO}_2 < 2,33$, kar je izjemnega pomena za reforming realnih bioplinskih zmesi, katerih kemijska sestava je spremenljiva. Razviti katalizatorji so učinkoviti tudi v primeru do 25 vol. % vode v napajalni zmesi, kar je nenavadno za katalizatorje, ki vsebujejo kobalt. Le-ti so zaradi prisotnosti vode zelo podvrženi oksidaciji in deaktivaciji. Odpornost na oksidacijo lahko pripišemo tvorbi nanodelcev zlitine z nikljem, ki ima močno izraženo lastnost kemisorpcije vodika in na ta način vzdržuje kobalt v kovinskem stanju. V takem načinu obratovanja sintezni plin vsebuje H_2/CO razmerje enako 1,5, ki je neposredno primerno za Fischer Tropsch sintezo umetnih goriv ali direktno sintezo dimetiletra.

Raziskovalno delo na področju čiščenja odpadnih vod, onesnaženih s prioritetskimi onesnažili, je bilo vodeno tudi v smeri odstranjevanja organskih onesnažil z naprednimi oksidacijskimi procesi. Tako so bile raziskave opravljene predvsem na modelnih (vodna raztopina bisfenola A) in realnih (deponijska izcedna voda) vzorcih, katerih razgradnja je bila preučevana s (i) procesom katalitske mokre oksidacije (CWAO – catalytic wet air oxidation) ter (ii) heterogene fotokatalize. Za uspešno delovanje omenjenih naprednih oksidacijskih procesov so bili potrebni aktivni katalizatorji, ki so bili v našem primeru pripravljeni na osnovi TiO_2 . Foto(katalizatorji) visokih specifičnih površin (do 400 m^2/g) so bili pripravljeni po hidrotermalnem alkalnem postopku. Tako pripravljene praškaste materiale so v osnovi sestavljale titanatne nanocevkke s povprečnim premerom 15 nm in dolžino nekaj mikrometrov. Izhodiščne morfološke, strukturne in površinske lastnosti so se s toplotno obdelavo v temperaturnem območju od 300 do 700 °C znatno spremenile, kar je bil tudi naš cilj, saj smo vpliv spremenjenih fizikalno-kemijskih lastnosti preučili v procesu katalitske mokre in heterogene fotokatalitske oksidacije. Izsledki študije katalitske mokre oksidacije modelnega onesnažila bisfenola A (BPA) v kapalnem cevnom reaktorju so pokazali, da lahko titanatne nanocevkke izkazujejo 5-10 krat višjo aktivnost kot komercialno dosegljivi TiO_2 ekstrudati (Degussa). Najvišji delež odstranitve modelnega onesnažila smo sicer dosegli ob prisotnosti katalizatorja, ki je bil predhodno toplotno obdelan na 600 °C. Za popolno odstranitev, ob zadrževalnem času 14 s, smo potrebovali 300 mg omenjenega katalizatorja in 210 °C ter 10 bar parcialnega tlaka kisika. Vzporedni fotokatalitski testi v šaržnem reaktorju z goščo so pokazali, da lahko z omenjenimi katalizatorji v primerljivem času, kot s komercialnim TiO_2 (P25 Degussa), dosežemo popolno odstranitev modelnega onesnažila. Učinkovitost odstranjevanja BPA ($c_0 = 10 \text{ mg/l}$) in estrogenske aktivnosti iz vodnih vzorcev smo ugotavljali s HPLC analizami, testi strupenosti in s testom YES. Ugotovili smo, da je bila prisotnost katalizatorjev na osnovi nanocevk v obeh uporabljenih oksidacijskih postopkih učinkovita, saj sta se v večini primerov strupenost tretiranih vzorcev na testirane organizme in estrogena aktivnost zmanjšali v primerjavi z izhodno raztopino BPA. Na osnovi titanatnih nanocevk so bili pripravljeni tudi Ru/TiO_2 katalizatorji, ki so pri zgoraj omenjenih pogojih CWAO odstranili do 70 % KPK in do 92 % amonijevega dušika v realnem vzorcu (izcedna deponijska voda).

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih

raziskovalnih ciljev³

SLO

Raziskovalni program "Integralni pristop k preprečevanju onesnaževanja voda" je prispeval k reševanju problematike, relevantne za Republiko Slovenijo: zmanjšanje emisij v okolje, optimizacija in razvoj novih tehnologij čiščenja odpadnih vod ter obdelava odpadnih blat, spremljanje vplivov onesnaženja na vodno okolje in ustrezne obdelave zajetih podatkov. Rezultati raziskav so prispevali k ustvarjanju potrebnih znanj za trajnostni družbenoekonomski razvoj Republike Slovenije.

Interdisciplinarni pristop k preprečevanju onesnaževanja voda je prispeval k razvoju sodobnih vidikov in metod reševanja naslednje problematike: zmanjšanja emisij v okolje, optimizacijo in razvoj novih metod (kemijskih in bioloških) za karakterizacijo nekaterih onesnaževal, razvoj sodobnih tehnologij čiščenja odpadnih vod, predelavo organskih odpadnih substratov v obnovljivi vir energije (bioplin), spremljanje vplivov onesnaženja na vodno okolje, izboljševanje onesnaženega okolja in ustrezne obdelave zajetih podatkov. Razvit integralni pristop je prispeval k dvigu kvalitete okolja na lokalnem in regionalnem nivoju, obenem pa so predlagane rešitve doprinesle tudi znanje za obvladovanje globalnih okoljskih problemov. Izsledke raziskav smo objavili v mednarodni znanstveni periodiki, patentni literaturi in jih predstavili na znanstvenih srečanjih.

Pri izvajanju programa smo prednostno upoštevali značilne in najbolj pereče industrijske ter družbene probleme s področja varstva voda v RS in dvig konkurenčnosti slovenskega gospodarstva na tujih trgih. Trajnostno ravnanje z vodami je pomembno za dober družbenoekonomski razvoj. Preprečevanje onesnaževanja je za zdravo okolje ter življenje ljudi in ekosistemov izjemnega pomena in zaradi tega nujno. Pomembno je bilo tudi izobraževanje mladih kadrov, ki so že bili ter bodo tudi v bodoče usposobljeni v okviru raziskovalne skupine. Ustvarjeno znanje in kadrovski potencial smo prenesli na industrijske partnerje in upravne organe. Pridobljena znanja smo predstavili na strokovnih in poljudnoznanstvenih srečanjih. S tem smo prispevali k dvigu tehnološkega nivoja na področju ravnanja z vodami in odpadki in k dvigu zavesti o varstvu okolja.

Cilje raziskovalnega programa »Integralni pristop k preprečevanju onesnaževanja voda« za obdobje 2009-2013 smo v celoti dosegli.

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁴

-

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	4863514	Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO	Z manganom funkcionalizirani silikatni nanodelci, uporabljeni kot katalizatorji Fentonovega tipa za čiščenje vode v naprednih oksidacijskih procesih
		ANG	Manganese functionalized silicate nanoparticles as a fenton-type catalyst for water purification by advanced oxidation processes (AOP)
		SLO	Katalitska oksidacija z vodikovim peroksidom WHPCO (Wet Hydrogen Peroxide Catalytic Oxidation) predstavlja enega od industrijsko uporabnih naprednih oksidacijskih procesov AOP (Advanced Oxidation Processes) za razgradnjo organskih onesnažil v vodi. V objavi smo prvič pokazali, da z manganom funkcionalizirani silikatni nanodelci delujejo v WHPCO procesu kot katalizator in v 30 minutah pri sobni temperaturi ter nevtralnem pH vrednosti vodne raztopine oksidativno razgradijo (do ogljikovega dioksida) kar 80 % modelnega organskega onesnažila. S strukturno karakterizacijo materiala z rentgensko absorpcijsko spektroskopijo in katalitskimi testi smo dokazali, da so visoko aktivni le nanodelci, ki vsebujejo v silikatno ogrodje vgrajen mangan, ne pa nanodelci, v katerih je mangan prisoten v obliki oksidov (Mn ₃ O ₄ ali Mn ₂ O ₃). Material predstavlja novo družino katalizatorjev za AOP procese, ki razgrajujejo organska onesnažila v vodi.
			Wet hydrogen peroxide catalytic oxidation (WHPCO) is one of the most

		ANG	important industrially applicable advanced oxidation processes (AOPs) for the decomposition of organic pollutants in water. It is demonstrated that manganese functionalized silicate nanoparticles with interparticle porosity act as a superior Fenton-type nanocatalyst in WHPCO as they can decompose 80% of a test organic compound in 30 minutes at neutral pH and room temperature. By using X-ray absorption spectroscopic techniques it is also shown that the superior activity of the nanocatalyst can be attributed uniquely to framework manganese, which decomposes H ₂ O ₂ to reactive hydroxyls and, unlike manganese in Mn ₃ O ₄ or Mn ₂ O ₃ nanoparticles, does not promote the simultaneous decomposition of hydrogen peroxide. The presented material thus introduces a new family of Fenton nanocatalysts, which are environmentally friendly, cost-effective, and possess superior efficiency for the decomposition of H ₂ O ₂ to reactive hydroxyls (AOP), which in turn readily decompose organic pollutants dissolved in water.
	Objavljeno v		Wiley Interscience; Advanced functional materials; 2012; Vol. 22, issue 4; str. 820-826; Impact Factor: 9.765; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.402; A'': 1; A': 1; WoS: DY, EI, NS, PM, UB, UK; Avtorji / Authors: Novak Tušar Nataša, Maučec Darja, Rangus Mojca, Arčon Iztok, Mazaj Matjaž, Cotman Magda, Pintar Albin, Kaučič Venčeslav
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	4936474	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Učinki štirih CeO ₂ nanokristaliničnih katalizatorjev na zgodnje razvojne oblike zebrič Danio rerio in rakov Daphnia magna
		ANG	Effects of four CeO ₂ nanocrystalline catalysts on early-life stages of zebrafish "Danio rerio" and crustacean "Daphnia magna"
	Opis	SLO	V raziskavi smo študirali štiri različne nanokristalinične katalizatorje na osnovi CeO ₂ na rake Daphnia magna in zgodnje razvojne oblike zebrič Danio rerio. Testirali smo čisti CeO ₂ in mešanice oksidov CuO–CeO ₂ z nominalno vsebnostjo 10, 15 in 20 mol. % CuO. Čisti CeO ₂ ni povzročil učinkov, medtem ko smo v vzorcih z mešanico oksidov CuO–CeO ₂ določili subletalne učinke na ribe ter vpliv na preživetje vodnih bolh. Najbolj očiten vpliv je bil na rast zebrič; manjšo stopnjo rasti smo ugotovili pri 10 mg/l v primeru CuCe20 ter pri 50 mg/l v primerih CuCe10 in CuCe15. Učinek na preživetje vodnih bolh smo določili pri koncentracijah nad 80 mg/l CuCe20, medtem ko CuCe10 in CuCe15 nista učinkovala na vodne bolhe. Nobeden od testiranih materialov ni bil zelo strupen za vodne bolhe in ribe v primerjavi z nekaterimi okoljskimi onesnaževali. Raziskava je pokazala, da je potrebno več pozornosti usmeriti na potencialno strupenost nanostrukturiranih delcev, kot so nanokristalinični mešani oksidi.
		ANG	Effects of four different nanocrystalline CeO ₂ -based catalysts on crustaceans Daphnia magna and early-life stages of zebrafish Danio rerio were studied. Pure CeO ₂ and CuO–CeO ₂ mixed oxides with a nominal 10, 15 and 20 mol. % CuO content were tested. Pure CeO ₂ provoked no effects, but CuO–CeO ₂ mixed oxides induced some sublethal effects on fish and affected daphnids' survival. The most pronounced effects were found on fish body growth, which was reduced at 10 mg/L in case of CuCe20 and 50 mg/L in cases of CuCe10 and CuCe15. Daphnids' survival was affected above 80 mg/L of CuCe20, while CuCe10 and CuCe15 did not affect daphnids. None of the materials was highly toxic to daphnids and fish in comparison to some other environmental pollutants. Differences in effects between the materials could not be explained by their specific physicochemical properties. This work indicates that more attention should be placed at potential toxicity of nanostructured materials, such as nanocrystalline mixed-oxides.

3.	Objavljeno v		Elsevier Scientific Publ. Co.; Journal of hazardous materials; 2012; Vol. 219-220; str. 213-220; Impact Factor: 3.925; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.989; A'': 1; A': 1; WoS: IH, IM, JA; Avtorji / Authors: Jemec Anita, Djinović Petar, Tišler Tatjana, Pintar Albin
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS ID		5149722 Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO	Katalitska mokra oksidacija modelne raztopine bisfenola A v kapalnem reaktorju v prisotnosti titanatnih nanocevk
		ANG	Catalytic wet air oxidation of bisphenol A model solution in a trickle-bed reactor over titanate nanotube-based catalysts
		SLO	Katalizatorji na osnovi titanatnih nanocevk so bili pripravljeni s pomočjo alkalne hidrotermalne sinteze, kateri je sledila toplotna obdelava v temperaturnem območju od 300-700 oC. Nastali materiali (brez nanešenih kovin) so bili uporabljeni kot katalizatorji v trifaznem kapalnem reaktorju, v katerem smo vodili katalitsko mokro oksidacijo (CWAO) modelne vodne raztopine bisfenola A (BPA). CWAO eksperimenti so bili pretežno izvajani pri 200 °C in parcialnem tlaku kisika 10 bar ter uporabi 300 mg katalizatorja. Ugotovljeno je bilo, da v danem območju obratovalnih pogojev BPA izgineva po nekatalitskih in katalitskih oksidacijskih poteh, pri čemer so slednje bolj izrazite. Pri 210 °C in v prisotnosti 0,5 g katalizatorja na osnovi nanocevk, ki je bil žarjen pri 600 °C, je bila dosežena popolna odstranitev BPA. Z vidika TOC je bila dosežena približno 70 % mineralizacija, kar kaže na prisotnost težko oksidirajočih intermediatov v obliki nižjih karboksilnih kislin. Prerez rezultatov, dobljenih z različnimi analiznimi metodami, ki so bile uporabljene za identifikacijo površinskih, teksturnih in morfoloških lastnosti, je pokazal, da so za znatno stopnjo odstranitve BPA potrebne uravnotežene fizikalno-kemijske lastnosti katalizatorjev. Pri dolgotrajnih CWAO poskusih (24 dni) nismo opazili deaktivacije katalizatorja, ki bi jo lahko pripisali bodisi raztapljanju titanatnih nanocevk bodisi depoziciji ogljika na površini katalizatorja. Zato lahko zadevne materiale smatramo kot neškodljive in dolgoročno učinkovite katalizatorje za eliminacijo nevarnih organskih spojin (kot BPA) v procesu CWAO.
		ANG	Titanate nanotube based catalysts were prepared via alkaline hydrothermal synthesis route followed by heat treatment at different temperatures, ranging from 300 to 700 oC. The resulting metal-free solids were then applied as a catalyst in a threephase trickle-bed reactor, where catalytic wet air oxidation (CWAO) reactions of model aqueous bisphenol A (BPA) solution were performed. Mainly, the CWAO experiments were conducted at 200 oC with oxygen partial pressure of 10 bar over 300 mg of a catalyst. It was observed in the given range of operating conditions that BPA undergoes both noncatalytic as well as catalytic oxidation routes, while the latter is far more pronounced. At 210 oC and in the presence of 0.5 g of titanate nanotube-based catalyst, which was annealed at 600 oC, complete BPA removal was obtained. From TOC point of view, approximately 70 % conversion was achieved indicating the persistence of refractory intermediates of lower carboxylic acids. The cross-section of results derived from various analytical techniques, which were used to identify surface, textural and morphological properties, revealed that balanced physico-chemical properties are required to achieve meaningful extent of BPA removal. During 24-day time on stream, no catalyst deactivation occurred that could be attributed to the dissolution of active powders, or to the carbonaceous deposits accumulated on the catalyst surface. Therefore, these nanotubular materials can be regarded as innocuous and efficient long-term catalysts for oxidation of hazardous organic compounds (such as BPA) in the CWAO process.

	Objavljeno v		Elsevier; Applied catalysis; 2013; Vol. 132/133; str. 342-352; Impact Factor: 5.825; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.598; A'': 1; A': 1; WoS: EI, IH, II; Avtorji / Authors: Erjavec Boštjan, Kaplan Renata, Djinović Petar, Pintar Albin
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID		33885701 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Primerjava različnih fizikalno-kemijskih postopkov za odstranjevanje strupenih snovi iz izlužkov deponije
		ANG	Comparison of different physico-chemical methods for the removal of toxicants from landfill leachate
	Opis	SLO	Raziskovali smo različne postopke odstranjevanja strupenih snovi iz izcedne vode komunalne deponije. Postopki so bili: adsorpcija na aktivno oglje in zeolit, prepihovanje z zrakom ter Fentonova oksidacija. Prepihovanje z zrakom pri pH=11 je najboljši postopek za odstanjevanje NH ₄ ⁺ -N (več kot 94 %) in zmanjšanje strupenosti na mikroorganizme. V preskusih v koloni s klinoptilolitom smo odstranili 45/93/100 % NH ₄ ⁺ -N in 25/32/39 % KPK. S Fentonovo oksidacijo pri molarnem razmerju Fe ²⁺ :H ₂ O ₂ = 1,0 : 10,0 smo odstranili 70-85 % KPK.
		ANG	Our work was focused on investigation of different treatment procedures for the removal of toxic fractions from a landfill leachate. The applied methods were air stripping, adsorption to activated carbon and zeolite clinoptilolite and Fenton oxidation. Air stripping at pH 11 was a viable treatment option for the removal of ammonia nitrogen (up to 94 %) and reduction of toxicity to microorganisms. In the column experiments with clinoptilolite 45/93/100 % of NH ₄ ⁺ -N as well as 25/32/39 % of COD removal was attained. Fenton oxidation at molar ratio Fe ²⁺ :H ₂ O ₂ = 1.0:10.0 assured 70-85 % removal of COD.
	Objavljeno v		Elsevier Scientific Publ. Co.; Journal of hazardous materials; 2010; Vol. 178, no. 1/3; str. 298-305; Impact Factor: 3.723; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.88; A'': 1; A': 1; WoS: IH, IM, JA; Avtorji / Authors: Cotman Magda, Žgajnar Gotvajn Andreja
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID		33738245 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Določanje nitrata in nitrita v odpadni vodi z uporabo online UV spektrofotometrične metode
		ANG	Nitrate and nitrite nitrogen determination in waste water using on-line UV spectrometric method
	Opis	SLO	Razvili smo metodologijo za določanje nitrata in nitrita v odpadni vodi z uporabo on-line merilnika. Izvedli smo primerjavo s standardizirano metodo in ugotovili, da je za določanje nitrata in nitrita v komunalni odpadni vodi kalibracija z referenčnimi materiali s čisto substanco ustrezna, pri določanju v izlužkih pa je za kalibracijo potrebno uporabiti referenčne materiale z ustreznim matriksom.
		ANG	A method is proposed for on-line UV spectroscopy and data analysis are applied to determine nitrate and nitrite nitrogen (NO _x -N) in various waste water matrices. Comparison with standard analytical method was performed. Sensor calibration with pure substance reference materials delivered sufficient results for characteristic municipal waste water matrix, but for waste water with substantial industrial contribution and for landfill leachate matrix match calibration was required to enhance trueness. The described method concept is well suited for on-line monitoring.
	Objavljeno v		Elsevier Applied Science; Bioresource technology; 2010; Vol. 101, no. 11; str. 4228-4233; Impact Factor: 4.365; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.486; A'': 1; A': 1; WoS: AE, DB, ID; Avtorji /

	Authors: Drolc Andreja, Vrtovšek Janez
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Zoisovo priznanje za pomembne znanstvene dosežke v kemijskem inženirstvu
		ANG	National Zois award for significant scientific achievements in chemical engineering
	Opis	SLO	Prof. dr. Albin Pintar je 24. novembra 2011 prejel Zoisovo priznanje za pomembne znanstvene dosežke v kemijskem inženirstvu.
		ANG	On 24th November 2011, Prof. Dr. Albin Pintar received a national Zois award for significant scientific achievements in chemical engineering.
	Šifra	E.01 Domače nagrade	
	Objavljeno v	http://www.mvzt.gov.si/nc/si/medijsko_sredisce/novica/article/94/7195/	
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo	
2.	COBISS ID	4877850	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nacionalna meroslovna infrastruktura
		ANG	National metrological infrastructure
	Opis	SLO	Kemijski inštitut je nosilec nacionalnega etalona na področju okolja – vode. V okviru dejavnosti zagotavlja sledljivost na primarni nivo, izvaja raziskovalno dejavnost in izobraževanje za uporabnike.
		ANG	National Institute of Chemistry is holder of the national standard in environmental area – water samples. We assure traceability of results to primary level, perform research activities and education for endusers.
	Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Objavljeno v	Kemijski inštitut; 2012; [32] str.; Avtorji / Authors: Drolc Andreja, Cotman Magda, Pintar Albin	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
3.	COBISS ID	5083418	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izvajanje medlaboratorijskih primerjav
		ANG	Organization of interlaboratory comparisons
	Opis	SLO	Z organizacijo medlaboratorijskih primerjav, pri katerih sodeluje petdeset laboratorijev iz Slovenije in sosednjih držav, še posebej z delavnico, se nova meroslovna znanja širijo med udeležence. Rezultati prve medlaboratorijske primerjave za vzorčenje odpadnih vod, ki smo jo izvedli v letu 2012, kažejo zadostno časovno stabilnost odpadne vode na izbranem vzorčevalnem mestu, ki smo jo zagotovili z letnimi meritvami.
		ANG	The interlaboratory comparisons in which fifty laboratories from Slovenia and neighbouring countries took part in each study, especially with the annual meeting, the new metrological knowledge is spread to participants. The results of the first collaborative field trial on wastewater sampling performed in Slovenia in 2012, in which seventeen sampling teams participated, demonstrate that sufficient temporal stability of wastewater was ensured during the sampling as a result of preceeding annual measurements of pollution on candidate sampling

		sites.
	Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Objavljeno v	Kemijski inštitut; 2012; 27 str.; Avtorji / Authors: Cotman Magda, Vrtovšek Janez, Pintar Albin
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
4.	COBISS ID	4526618 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Čiščenje odpadnih vod z naprednimi oksidacijskimi procesi
		<i>ANG</i> Wastewater treatment by means of advanced oxidation processes
	Opis	<i>SLO</i> Prof. dr. Albin Pintar je imel vabljen predavanje z naslovom »Čiščenje odpadnih vod z naprednimi oksidacijskimi procesi«, Slovenski kemijski dnevi 2010, Maribor, 23. in 24. september 2010.
		<i>ANG</i> Prof. Dr. Albin Pintar had invited lecture entitled »Wastewater treatment by means of advanced oxidation processes«, Slovenian chemical days, Maribor, September 24, 2010.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v	FKKT; Slovenski kemijski dnevi 2010, Maribor, 23. in 24. september 2010; 2010; 6 str.; Avtorji / Authors: Pintar Albin
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
5.	COBISS ID	5078810 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Kompaktni sistem za obdelavo sanitarne odpadne vode in njeno ponovno uporabo za spiranje WC školjke
		<i>ANG</i> Compact system for processing sanitary waste water and its reuse for flushing the toilet bowls
	Opis	<i>SLO</i> V letu 2012 smo pridobili patent za kompaktni sistem za obdelavo sanitarne odpadne vode in njeno ponovno uporabo (izumitelji: A. Pintar, J. Vrtovšek, M. Cotman). Sistem deluje s kombinacijo biološkega procesa za odstranjevanje organskih snovi in UV obdelave vode za kontrolo koncentracije mikroorganizmov. Uporaba tega sistema je možna tudi v manjših stanovanjskih enotah, pri čemer bi lahko prihranili do 33 % dnevne porabe pitne vode. Patent, ki opisuje zadevni izum, je bil izdan 28. 9. 2012 s strani Urada RS za intelektualno lastnino (št. patenta: 23669).
		<i>ANG</i> In 2012, we acquired a patent for a compact system for the treatment of sanitary wastewater and its reuse (inventors: A. Pintar, J. Vrtovšek, M. Cotman). The system operates by a combination of a biological process for removing organic substances and UV treatment of the water to control the concentration of microorganisms. The use of this system is also available in smaller housing units; its implementation enables to save up to 33 % of the daily consumption of drinking water. A patent describing this invention was issued on 28th September 2012 by the Slovenian Office for Intellectual Property (Patent No.: 23669).
	Šifra	F.33 Patent v Sloveniji
	Objavljeno v	Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino; 2012; 9 str.; Avtorji / Authors: Pintar Albin, Vrtovšek Janez, Cotman Magda
	Tipologija	2.24 Patent

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

V sodelovanju s sodelavci podjetja HTZ in Razvojnega centra energija iz Velenja smo razvili nov

in računalniško nadzorovan, integriran proces za odstranjevanje presežnih množin nitratnih ionov iz podtalnice. Proces sestoji iz stopenj ionske izmenjave, anoksične biološke denitrifikacije in ultrafiltracije ter omogoča učinkovito odstranjevanje nitratnih ionov iz onesnažene pitne vode, poleg tega pa tudi regeneracijo izrabljene ionske izmenjevalne mase v zaprtem krogu. V letu 2013 je bila dokončana demonstracijska pilotna enota, ki je trenutno v fazi preizkušanja. V teku je tudi zaščita intelektualnih pravic.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Interdisciplinarni pristop k preprečevanju onesnaževanja voda je prispeval k razvoju sodobnih bioloških in katalitskih procesov in metod reševanja naslednje problematike: zmanjšanja emisij v okolje, optimizacijo in razvoj novih metod (kemijskih in bioloških) za karakterizacijo nekaterih onesnaževal, razvoj sodobnih tehnologij čiščenja odpadnih vod, predelavo organskih odpadnih substratov v obnovljivi vir energije (bioplin), spremljanje vplivov onesnaženja na vodno okolje, izboljševanje onesnaženega okolja in ustrezne obdelave zajetih podatkov. Razvit integralni pristop je prispeval k dvigu kvalitete okolja na lokalnem in regionalnem nivoju, obenem pa so predlagane rešitve doprinesle tudi znanje za obvladovanje globalnih okoljskih problemov. Izsledke raziskav smo objavili v mednarodni znanstveni periodiki, patentni literaturi in jih predstavili na znanstvenih srečanjih.

ANG

Interdisciplinary approach to the prevention of water pollution has contributed to the development of novel biological and catalytic processes, contemporary issues and methods of solving the following problems: reduction of emissions into the environment, optimization and development of new methods (chemical and biological) for the characterization of certain pollutants, the development of new technologies for wastewater treatment, transformation of organic waste substrates in renewable energy (biogas and syngas), monitoring of pollution effects in the aquatic environment, improvement of environmental pollution and the proper treatment of acquired data. Developed an integrated approach has helped to raise the quality of the environment at local and regional level, while the proposed solutions will provide the knowledge to tackle global environmental problems. Research findings were published in international scientific journals, patent literature and presented at scientific meetings.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Raziskovalni program "Integralni pristop k preprečevanju onesnaževanja voda" je prispeval k reševanju problematike, relevantne za Republiko Slovenijo: zmanjšanje emisij v okolje, optimizacija in razvoj novih tehnologij čiščenja odpadnih vod ter obdelava odpadnih blat, spremljanje vplivov onesnaženja na vodno okolje in ustrezne obdelave zajetih podatkov. Rezultati raziskav so prispevali k ustvarjanju potrebnih znanj za trajnostni družbenoekonomski razvoj Republike Slovenije. Pri izvajanju programa smo prednostno upoštevali značilne in najbolj pereče industrijske ter družbene probleme s področja varstva voda v RS in dvig konkurenčnosti slovenskega gospodarstva na tujih trgih. Trajnostno ravnanje z vodami je pomembno za dober družbenoekonomski razvoj. Preprečevanje onesnaževanja je za zdravo okolje ter življenje ljudi in ekosistemov izjemnega pomena in zaradi tega nujno. Pomembno je bilo tudi izobraževanje mladih kadrov, ki so že bili ter bodo tudi v bodoče usposobljeni v okviru raziskovalne skupine. Ustvarjeno znanje in kadrovski potencial smo prenesli na industrijske partnerje in upravne organe. Pridobljena znanja smo predstavili na strokovnih in poljudnoznanstvenih srečanjih. S tem smo prispevali k dvigu tehnološkega nivoja na področju ravnanja z vodami in odpadki in k dvigu zavesti o varstvu okolja.

ANG

The research program "Integrated Approach to the Prevention of Water Pollution" has contributed to solving the problems relevant to the Republic of Slovenia: reduction of emissions into the environment, optimization and development of new technologies for wastewater treatment and waste sludge treatment, monitoring of pollution effects in the aquatic

environment and the proper treatment of acquired data. The research results have contributed to the creation of the necessary skills for sustainable socioeconomic development of the Republic of Slovenia.

In implementing the program, we primarily considered significant and the most abundant industrial and social problems in the area of water protection in the Republic of Slovenia, and the increase of the competitiveness of the Slovenian economy abroad. Sustainable water management is important for a good socioeconomic development. Pollution prevention is of the utmost importance in order to provide healthy environment and quality of life as well as welfare of ecosystem. Education of young research personnel, who have been and will continue to be trained in the future in the context of the research group, was also important. Created knowledge and human potential have been transferred to industrial partners and authorities. The acquired knowledge was presented at professional meetings and events popularizing science. In this way we have contributed to raising the technological level in the field of water treatment, waste management and raising awareness on environmental protection.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2013¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	4
bolonjski program - II. stopnja	0
univerzitetni (stari) program	47

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
29336	Ilja Gasan Osojnik Črnivec	☐	☒	☒	
29489	Mirjana Bistan	☐	☒	☒	
30847	Mija Sežun	☐	☒	☒	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29336	Ilja Gasan Osojnik Črnivec	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	
29489	Mirjana Bistan	☐	☒	D - Javni zavod	
30847	Mija Sežun	☐	☒	C - Gospodarstvo	

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi

B - gospodarstvo

C - javna uprava

D - družbene dejavnosti

E - tujina

F - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2013

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
35886	Moom Sinn Aw	D - podoktorand iz tujine	10	
0	Radina Kralchevska	C - študent – doktorand	4	
0	Sunil A. Ramankutty	C - študent – doktorand	3	
0	Gergö I. Mezöhegyi	D - podoktorand iz tujine	12	
28545	Andrea Cesar	A -	29	
33604	Matjaž Ravnjak	A -	36	
31320	Nataša Belšak Šel	A -	12	
0	Huseyin Arbag	C - študent – doktorand	1	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent – doktorand iz tujine
- D** - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2013 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi pozivov za EU vpetost.¹⁵

SLO

- bilateralni raziskovalni projekt z univerzo St. Kliment Ohridski, Sofija, Bolgarija (vodja: A. Pintar)
- bilateralni raziskovalni projekt z univerzo Åbo Akademi, Åbo/Turku, Finska (vodja: A. Pintar)
- bilateralni raziskovalni projekt z Raziskovalnim inštitutom za analitske inštrumente (INCDO-INOE 2000), ClujNapoca, Romunija (vodja: A. Drolc)
- bilateralni raziskovalni projekt z univerzo Gazi, Ankara, Turčija (vodja: A. Pintar)
- član Zveze evropskih meroslovnih inštitutov (EURAMET) (A. Drolc)
- predstavnik v EURAMET – Tehnični komite Meroslovje v kemiji – Anorganska kemija (A. Drolc)
- kot partner smo sodelovali pri izvedbi panevropskih medlaboratorijskih primerjav na področju prednostih substanc v vodi glede na Okvirno vodno smernico (PTW FD Proficiency testing Water Focused Determinands) (A. Drolc, M. Cotman)
- Evropska komisija – Direktorat Okolje, sodelovanje v komisiji za pripravo novih kriterijev za karakterizacijo odpadkov in novega kataloga odpadkov (V. Grlic)
- izobraževanje s področja meroslovja v kemiji (Training in Metrology in Chemistry TrainMic) (A. Drolc)

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

- zagotavljanje sledljivosti na mednarodni nivo, Urad Republike Slovenije za meroslovje, Ljubljana
- validacija postopkov in določanje nečistot v farmacevtskih učinkovinah, Lek d.d., Ljubljana in Krka d.d. Novo mesto
- organizacija medlaboratorijskih primerjav na področju odpadnih vod, Agencija RS za okolje, Ljubljana
- neradiološki monitoring reke Save, Nuklearna elektrarna Krško, Krško
- ocena emisije metana v Republiki Sloveniji, Agencija RS za okolje
- prevod izrazov s področja ekotoksikologije, European Commission, Slovene Translation Department
- preskusi anaerobne biorazgradljivosti in določitev bioplinskega potenciala organskih substratov, KOTO, Ljubljana

- razvoj tehnologije za pridobivanje bioplina iz organskih substratov pivovarne, Pivovarna Laško, Laško
- ocena primernosti tehnoloških parametrov za ČN Nova Gorica, Nova Gorica
- določitev osnovnih parametrov za izvedbo bioplinarne na organske odpadke, Komunalno stanovanjska družba Ajdovščina, Ajdovščina
- raziskave fizikalno-kemijskega čiščenja odpadnih vod, Henkel Slovenija d.o.o., Maribor
- raziskave membranskih reaktorjev, HTZ Velenje, I.P., d.o.o., Velenje
- razvoj biološkega procesa denitrifikacije, Kostak d.d., Krško
- strokovne podlage za določitev alternativnih načinov ravnanja z odvečnim materialom iz bagranja luke Koper, skupaj z Geoportalom d.o.o., Ljubljana
- razvoj regeneracijskega postopka za komponente iz odpadne topilne mešanice iz proizvodnje monolitov, Bia Technology d.o.o.
- analiza podatkov iz letnih poročil o ravnanju z odpadki (nenevarnimi in nevarnimi) v RS za leto 2008, MOP-ARSO
- statistična analiza vzorcev posušenega odpadnega blata iz VOKA, CCN Ljubljana, VOKA d.o.o., Ljubljana
- razvoj novih produktov in ekološka optimizacija proizvodnje, TKI Hrastnik
- poskusi za zmanjšanje obarvanosti kristalov natrijevega acetata, Tanin d.d., Sevnica
- zmanjševanje emisij hlapnih organskih snovi iz proizvodnje kompozitnih izdelkov, Adria d.d., Novo mesto
- raziskave o ugotavljanju učinkovitosti titanovega koagulanta, ruska gospodarska družba
- poskusi predelave odpadnega blata KČN Šmarje pri Jelšah za potrebe sanacije odlagališča odpadkov, Občinsko komunalno podjetje d.o.o., Rogaška Slatina
- preskus mikrobiološkega sredstva Bioalgeen G41 za zmanjšanje smradu komunalnih odpadkov, J.P. Snaga d.o.o., Ljubljana
- velikolaboratorijski poskusi izolacije Abigenola iz vodnih ekstraktov skorje iglavcev, Tanin d.d., Sevnica
- razvoj in izvedba pilotnega postopka pridobivanja dearomatiziranega naftalana, Bia d.o.o., Ljubljana
- analiza, ocena in načrt ravnanja z nečistočami iz plinovoda, Geoplin Plinovodi d.o.o., Ljubljana
- optimizacija procesa anaerobne razgradnje odvečnega aktivnega blata, CCN Ljubljana, VOKA d.o.o., Ljubljana
- karakterizacija nečistoč v plinovodnem omrežju, Plinovodi d.o.o., Ljubljana
- razvoj tehnologije za termično izrabo odpadnih snovi, Julon d.d., Ljubljana
- razvoj tehnologije za odstranjevanje smradu iz čistilne naprave, Julon d.d., Ljubljana

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Rezultati raziskovalnega programa, ki zadevajo proces biološke denitrifikacije v reaktorjih s pritrjeno biomaso, omogočajo neposredno implementacijo tega procesa v praksi za namen odstranjevanja presežnih množin nitratnega iona iz podtalnice (bioremediacija). Izvedba tega procesa je še toliko bolj sprejemljiva, če čiščenje podtalnice v biološki stopnji nadgradimo s procesom nanofiltracije. Implementacija zadevnih rezultatov raziskovalnega dela poteka v sodelovanju s podjetjem HTZ iz Velenja in Razvojnim centrom energija (RCE) v smislu postavitve pilotnega demonstracijskega sistema za odstranjevanje presežnih množin nitratnih ionov iz onesnažene pitne vode.

Kompaktni sistem za obdelavo sanitarne odpadne vode in njeno ponovno uporabo, za katerega smo v letu 2012 pridobili tudi patent, omogoča prihraniti do 33 % dnevne porabe pitne vode. Izum, za katerega obstaja prototip in je bil vsestransko preskušen, je možno neposredno uporabiti in zelo hitro komercializirati.

Pri razvoju katalizatorjev za suhi reforming metana smo identificirali kemijsko sestavo, postopek sinteze in obratovalne pogoje, ki omogočajo dolgotrajno stabilno delovanje. Ti pogoji sovpadajo z industrijsko relevantnimi pogoji za proizvodnjo sinteznega plina. S partnerjem, ki razpolaga s tehnologijo priprave in testiranja katalizatorjev na pilotnem nivoju, bi lahko testirali njihovo delovanje v večjem merilu, kar je nujno za komercializacijo novega katalizatorja.

Na področju meroslovja v kemiji je izkazana možnost za implementacijo rezultatov raziskovalnega dela v praksi, predvsem zagotavljanje metodologije za kakovostne rezultate merjenj ter določanje referenčnih vrednosti v medlaboratorijskih primerjavah.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	☐ DA ☒ NE
potrebni finančni vložek	
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v 2013¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Kot izjemni znanstveni dosežek v letu 2013 izpostavljam publikacijo z naslovom "Catalytic wet air oxidation of bisphenol A model solution in a trickle-bed reactor over titanate nanotube-based catalysts", ki je bila objavljena v reviji Applied Catalysis B: Environmental (avtorji: Boštjan Erjavec, Renata Kaplan, Petar Djinović, Albin Pintar). Faktor vpliva revije znaša 5,83.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

-

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnatih obliki
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba JRO
in/ali RO s koncesijo:*

in

vodja raziskovalnega programa:

Kemijski inštitut

Albin Pintar

ŽIG

Kraj in datum: Ljubljana 25.3.2014

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2014/55

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2013), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Točko izpolnijo tudi izvajalci raziskovalnega programa, prejemniki sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja raziskovalnega programa zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanja v projektih okvirnih programov Evropske unije). Izvajalec, ki je na podlagi pogodbe prejel sredstva iz navedenega naslova, vsebinsko opiše porabo prejetih sredstev za financiranje stroškov blaga in storitev ter amortizacije, nastalih pri izvajanju tega raziskovalnega programa. V primeru, da so bili v okviru raziskovalnega programa prejemniki sredstev različni izvajalci, vsak pripravi vsebinsko poročilo za svoj delež pogodbenih sredstev. Vodja raziskovalnega programa poskrbi, da je vsebinsko poročilo, ločeno za vsakega izvajalca, vključeno v navedeno točko poročila. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2014 v1.00a
B5-31-27-8F-92-2E-EE-4D-96-10-2B-8D-1B-B2-FC-BF-B8-D3-B3-41

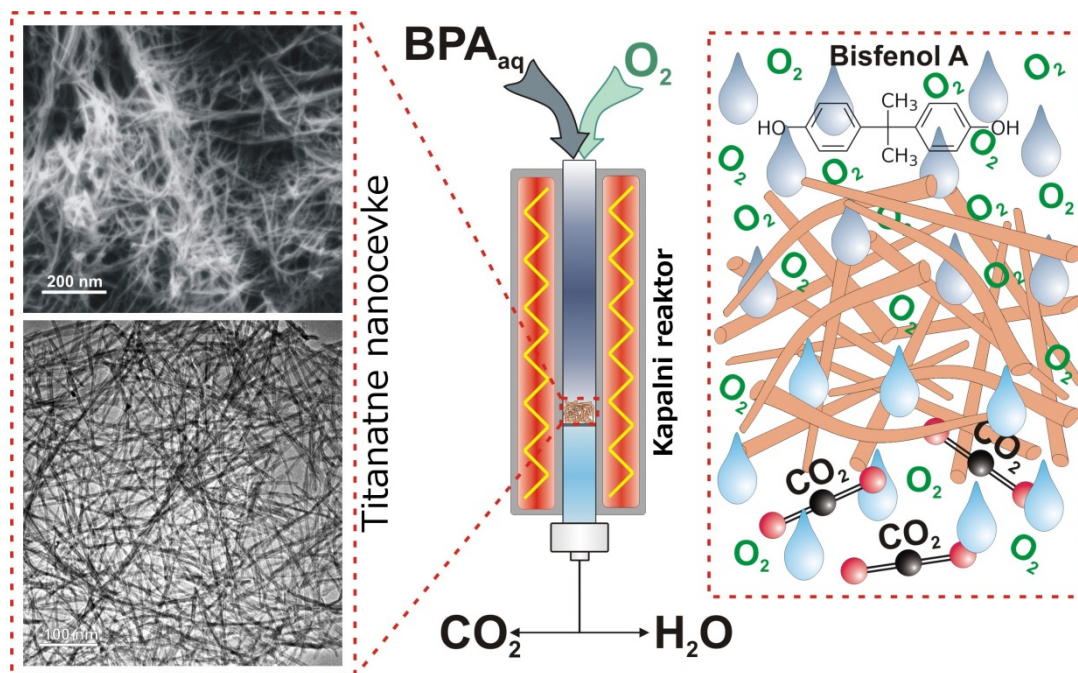
Priloga 1

TEHNIKA

2.02 – Kemijsko inženirstvo

Katalizator za odstranjevanje prioritetnih onesnažil iz vode

(Erjavec in sod., Applied Catal. B 132-133 (2013), str. 342)



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Applied Catalysis B: Environmental

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apcatb



Catalytic wet air oxidation of bisphenol A model solution in a trickle-bed reactor over titanate nanotube-based catalysts

Boštjan Erjavec^{a,b,*}, Renata Kaplan^a, Petar Djinović^{a,b}, Albin Pintar^{a,b}

Objava opisuje sintezni postopek priprave katalizatorjev na osnovi titanatnih nanocevk, ki ne vsebujejo dodanih plemenitih oziroma prehodnih kovin. Katalizatorji, ki izkazujejo visoko BET specifično površino, so bili uporabljeni v trifaznem kapalnem reaktorju s strjenim slojem, kjer je potekala reakcija katalitske mokre oksidacije modelne vodne raztopine bisfenola A (BPA). Pri danih eksperimentalnih pogojih smo opazili, da oksidacija BPA poteka tako po nekatalitski kot tudi po katalitski poti, ki je znatno bolj izrazita. Pri temperaturi 210 °C in masi katalizatorja 0,5 g, ki je bil predhodno kalciniran pri 600 °C, smo uspeli iz vodne raztopine odstraniti ves BPA. Z vidika odstranjevanja oziroma mineralizacije celotnega organskega ogljika (TOC) smo uspeli doseči 70 % konverzijo, kar kaže na to, da so v vzorcu ostali nezreagirani reakcijski intermediati, ki so večinoma v obliki nižjih karboksilnih kislin.