

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/135

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-1156
Naslov projekta	Razvoj fotokatalitičnih superparamagnetnih nanokompozitov za postopke zmanjševanja emisij škodljivih snovi v okolje
Vodja projekta	10372 Darko Makovec
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.170
Cenovni razred	D
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	276 Cinkarna, metalurško-kemična industrija, d.d. 377 Zavod za zdravstveno varstvo Maribor 794 Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Družbeno-ekonomski cilj	

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	06.
Naziv	Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Cinkarna, Metalurško-kemična industrija, d.d.
	Naslov	Kidričeva 26, SI-3001 Celje, Slovenija
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Cilj projekta je bil razvoj fotokatalitskih superparamagnetnih nanokompozitov za postopke zmanjševanja emisij škodljivih snovi v okolje. Znano je, da se nanodelci TiO_2 lahko uspešno uporabljajo za fotokatalitsko razgradnjo onesnažil v vodi. Ker je potrebno za heterogeno katalizo zagotoviti veliko specifično površino, dosežemo največji učinek, če fotokatalitske nanodelce v onesnaženi vodi dispergiramo. Pri tem pa nastopi problem, da nanodelce iz vode po čiščenju težko popolnoma izločimo in s tem onesnažimo vodo z nanodelci. V praksi zato nanodelce nanesejo na trdne, ploščate nosilce, vendar pa pri tem izgubijo večino svoje aktivne površine. Predlagana rešitev je v vezavi fotokatalitskih nanodelcev na magnetne nosilce. Take nanokompozitne delce sestavljene iz magnetnega nosilca in prevleke iz fotokatalitskega materiala lahko v onesnaženi vodi dispergiramo in jih po fotokatalitskem čiščenju iz vode magnetno izločimo ter redispergiramo v novi onesnaženi vodi.

Nanos fotokatalitskega materiala ni bil nova ideja. Vendar pa magnetni fotokatalitski materiali, ki so že bili predstavljeni v znanstveni literaturi ob začetku projekta, omenjenega načina uporabe niso omogočali. Problem je bil povezan z neprimernimi lastnostmi magnetnih nosilcev. Če so magnetni nosilci večji od meje za prehod v superparamagnetno stanje (za maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) tipično nekaj nad 10 nm), je kompozitne delce zaradi njihove ferimagnetnosti zelo težko dispergirati v onesnaženi vodi, saj se močno in ireverzibilno aglomerirajo zaradi magnetnih privlačnih sil. Magnetni nosilci manjši od kritične velikosti so v superparamagnetnem stanju – zaradi termične relaksacije ne kažejo permanentnega magnetnega momenta. Izven zunanega magnetnega polja med superparamagnetnimi nanodelci ni magnetnih privlačnih sil, kar omogoča pripravo stabilnih suspenzij kompozitnih delcev. Na drugi strani pa so sile, ki delujejo na delec v gradientu magnetnega polja proporcionalne njegovemu volumnu. V praksi se je izkazalo, da je superparamagnetne nanodelce s tehnološko dosegljivimi magnetnimi polji praktično nemogoče izločati iz stabilnih suspenzij. Naša izvirna rešitev je bila v uporabi magnetnih nosilcev, ki imajo obliko aglomeratov superparamagnetnih nanodelcev. Tak aglomerat na eni strani ohrani superparamagnetno naravo posameznega nanodelca in zato med kompozitnimi delci ni magnetnih privlačnih sil, ki bi povzročale njihovo aglomeracijo, po drugi strani pa ima dovolj velik volumen za učinkovito magnetno separacijo.

Pomanjkljivost magnetnih fotokatalitskih materialov predstavljenih v literaturi je bil tudi postopek s katerim je bila fotokatalitska plast anatasa nanosena na magnetne nosilce. Uporabljen je bil alkoksidni sol-gel postopek, ki je zaradi relativne kompliciranosti, uporabe strupenih izhodnih surovin in cene manj primeren za industrijsko proizvodnjo. Naša ideja je bila v sintezi anatasa po preprosti metodi, ki temelji na vsiljeni hidrolizi vodne raztopine TiOSO_4 .

V prvem letu trajanja projekta (2008) smo razvili preprosto metodo za sintezo fotokatalitskih nanodelcev, ki temelji na hidrolizi vodne raztopine TiOSO_4 . Sintetizirani nanodelci anatasa velikosti okoli 6 nm so izkazovali odlično fotokatalitsko aktivnost. Prav tako smo nadgradili naše znanje o sintezi in uravnavanju površinskih lastnosti superparamagnetnih maghemitnih nanodelcev. S kontrolirano aglomeracijo magnetnih nanodelcev velikosti okoli 15 nm s prilagojenim površinskim nabojem smo pripravili primerne magnetne nosilce. Nanodelce prevlečene s citronsko kislino (negativni površinski naboj) v suspenziji zmešamo z nanodelci prevlečenimi z aminosilanom (pozitivni naboj), da se zaradi elektrostatskih privlačnih sil med delci tvorijo aglomerati velikosti okoli 100 nm. Uporaba aglomeratov je nujna, saj je sila, ki deluje v magnetnem polju na posamezen superparamagnetni delec premajhna za uspešno separacijo, če pa pripravimo večje nanodelce, pa ti izgubijo superparamagnetne lastnosti.

V drugem letu trajanja projekta (2009) smo se osredotočili na vezavo fotokatalitskih nanodelcev na magnetne nosilce – aglomerate superparamagnetnih nanodelcev. Vezava fotokatalitskega materiala na nosilce je potekala po dveh principih: (a) s heteroaglomeracijo predhodno sintetiziranih anatasnih nanodelcev in magnetnih

aglomeratov z uporabo površinskih elektrostatskih privlačnih sil, in (b) z direktnim prekrivanjem magnetnih aglomeratov z nanosem TiO_2 med hidrolizo TiOSO_4 .

Strukturiranost pripravljenih nanokompozitnih delcev smo analizirali z elektronsko mikroskopijo in rentgensko difraktometrijo, raziskali smo stabilnost njihovih vodnih suspenzij, in izmerili njihovo fotokatalitsko aktivnost.

V zadnjem letu trajanja projekta (2010) smo se posvetili predvsem ovrednotenju uporabnih lastnosti pripravljenih nanokompozitnih delcev. Študirali smo predvsem vpliv sestave in strukturiranosti nanokompozitnih delcev na njihovo fotokatalitsko aktivnost in sposobnost njihovega magnetnega izločanja. Fotokatalitsko aktivnost smo ocenjevali glede na hitrost fotokatalitske razgradnje različnih onesnažil v vodi med UV obsevanjem v improviziranem fotoreaktorju. Kot onesnažila smo uporabili različne tipe predvsem organskih spojin, ki so lahko dejansko problematične v odpadnih vodah, kot je toluen, fenol, formaldehid in metanol. Poleg tega smo testirali fotokatalitsko aktivnost materialov s spremljanje fotokatalitskega razpada vode. Za hitre teste smo razvili metodo, ki temelji na fotokatalitski razgradnji mravljične kisline, pri čemer njeno koncentracijo posredno spremljamo z meritvami pH vrednosti in skupnega organskega ogljika. Kvantitativne kemijske analize spreminjanje koncentracije onesnažil v vodi so opravljali pri partnerju v projektu Zavodu za zdravstveno varstvo Maribor (ZZV).

Glavni rezultati projekti se nanašajo na dva nova postopka za razvoj superparamagnetnih fotokatalitskih nanokompozitnih delcev:

(a) Postopek heteroaglomeracije temelji na mešanju dveh vodnih suspenzij; suspenzije anatasnih nanodelcev, ki izkazujejo negativen površinski naboj in suspenzije funkcionaliziranih magnetnih aglomeratov s pozitivnim magnetnim nabojem. Dobimo nanokompozitne delce v obliki skupkov, ki so sestavljeni iz magnetnih aglomeratov in anatasnih nanodelcev. Skupki so veliki okoli 100 nm. Podrobno smo raziskali vplive različnih parametrov (koncentracije suspenzij, pH, način mešanja, uporaba ultrazvoka, itd) na strukturiranost nastalih nanokompozitnih delcev.

Ko smo pričeli z projektom v literaturi nismo našli podatkov, ki bi govorili, da je bil tak postopek že uporabljen za sintezo fotokatalitskih nanokompozitov. Naš postopek je bil torej originalen, vendar pa so kasneje pripravo materiala po podobnem principu objavili, tako da patentiranje ni bilo smiselno.

Meritve so pokazale, da se fotokatalitska aktivnost samih anatasnih nanodelcev s povezavo z magnetnimi nanodelci celo bistveno izboljša. Izboljšanje fotokatalitske aktivnosti ob vezavi anatasnih nanodelcev na delce magnetnega železovega oksida smo pojasnili z elektronskimi interakcijami med obema polprevodnima materialoma. Z uporabo laboratorijskega magnetnega separatorja smo ugotovili, da morajo nanokompozitni delci za učinkovito magnetno separacijo iz vodne suspenzije pri pogojih uporabe v fotokatalitskem čiščenju vode vsebovati le okoli 10 % magnetne faze. S pomočjo magnetnega separatorja smo ugotovili tudi, da so nanokompozitni delci stabilni in se anatasni nanodelci s časom ne sproščajo z magnetnih nosilcev.

Članek z rezultati je bil prejet v objavo v ugledni reviji Materials Chemistry and Physics.

(b) Pri postopku z direktnim prekrivanjem magnetnih aglomeratov z nanosem TiO_2 dosežemo heteronukleacijo TiO_2 na površini magnetnih nosilcev z dvigom pH vrednosti v suspenziji, v kateri je raztopljen TiOSO_4 . Dobimo nanokompozitne delce, ki so sestavljeni iz jedra, ki ga predstavlja aglomerat superparamagnetnih nanodelcev in lupine iz fotokatalitskega nanosa TiO_2 . Nanos je lahko amorfen ali pa nanokristaliničen anatas. Sistematično smo raziskali vplive različnih parametrov postopka (koncentracije reaktantov, temperatura, vpliv ultrazvoka, vpliv površinske obdelave magnetnih aglomeratov, itd.) na strukturiranost nanokompozitnih delcev. Postopek je relativno preprost, temelji na ceneni kemikaliji in je primeren za masovno proizvodnjo. Možno bi ga bilo uporabiti tudi pri pripravi nanosov TiO_2 na drugih nosilcih in za druge namene.

Postopka smo patentirali v Sloveniji. Razen postopka ščiti isti patent tudi sam material. Patentirali smo superparamagnetne fotokatalitske materiale, ki vsebujejo aglomerate superparamagnetnih nanodelcev. V tem delu ščiti patent tudi material, ki je narejen s

heteroaglomeracijo predhodno pripravljenih aglomeratov superparamagnetnih nanodelcev in anatasnih nanodelcev.

Meritve fotokatalitske aktivnosti nanokompozitnih delcev pripravljenih z direktnim nanosom TiO_2 na površino magnetnih aglomeratov so sicer pokazale vrednosti, ki so precej nižje od aktivnosti samih anatasnih nanodelcev ali nanokompozitnih delcev pripravljenih s heteroaglomeracijo. S stališča magnetnih lastnosti in pa stabilnosti pa so taki nanokompozitni delci zelo primerni za uporabo.

Rezultate smo poslali v objavo v revijo J. Nanopart. Res.

Primerjava obeh razvitih postopkov za pripravo superparamagnetnih fotokatalitskih delcev je pokazala boljšo fotokatalitsko aktivnost pri materialih, pripravljenih s heteroaglomeracijo, predvsem zaradi večje aktivne površine. Po drugi strani pa izkazujejo materiali pripravljeni z direktnim prekrivanjem superparamagnetnih aglomeratov večji potencial za nadaljnji razvoj, predvsem zaradi optimalnih magnetnih lastnosti.

Razvoj se nadaljuje s financiranjem Cinkarne, ki je bila industrijski partner in sofinancer projekta. Razvoj naj bi privedel do metode za masovno proizvodnjo superparamagnetnih fotokatalitskih nanokompozitnih delcev in razvoja metod njihove uporabe v čiščenju vode.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Ocenjujem, da so bili zastavljeni cilji projekta v celoti doseženi. Raziskovalne hipoteze predvidene v projektu so se izkazale za pravilne. Potrdili smo osnovno raziskovalno tezo projekta, da je možno pripraviti fotokatalitske, superparamagnetne delce s heteroaglomeracijo v vodnih suspenzijah predhodno sintetiziranih anatasnih nanodelcev in aglomeratov superparamagnetnih nanodelcev, pri čemer izkoriščamo elektrostatske privlačne sile zaradi nasprotnega površinskega naboja na obeh tipih delcev. Poleg tega smo za pripravo fotokatalitskih, superparamagnetnih nanokompozitnih delcev razvili metodo z direktnim nanosom TiO_2 na superparamagnetne aglomerate med hidrolizo TiOSO_4 . Postopek je zanimiv tudi za pripravo plasti TiO_2 za druge namene. Nanosi TiO_2 na trdnih nosilcih so pomembni tudi v fotovoltaiki, nelinearni optiki, za antibakterijske prevleke, samočistilne prevleke, ali kot vmesna stopnja pri pripravi materialov. Razviti material in postopek priprave sta bila patentno zaščitena. Rezultati so bili objavljeni v znanstveni periodiki in predstavljeni na domačih in mednarodnih konferencah. Eden znanstveni članek je v tisku, medtem ko sta bila še dva znanstvena članka poslana v objavo. Pridobljeno znanje bo omogočilo razvoj novih komercialnih produktov in storitev.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Sprememb ni bilo.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Patentna zaščita fotokatalitskega materiala, ki temelji na nanosih TiO_2 na aglomeratih superparamagnetnih nanodelcev, ter postopka njegove priprave.
		ANG	Patent for a photocatalytic material that is based on TiO_2 coatings on superparamagnetic nanoparticles and the procedure of its preparation.
	Opis	SLO	Patentna prijava ščiti tako sam izdelek, fotokatalitske delce za čiščenje vode z dispergiranjem in z magnetno separacijo, kot tudi postopek priprave. Pri razvitem materialu smo kot magnetni nosilec uporabili aglomerate superparamagnetnih nanodelcev, medtem ko pri znanih materialih kot nosilec služijo posamezni nanodelci ali pa večji, ferimagnetni delci. Uporaba aglomeratov omogoči veliko učinkovitost pri magnetni separaciji. Postopek, ki temelji na pripravi nanosov TiO_2 na trdnem nosilcu s hidrolizo vodne raztopine TiOSO_4 , je primeren za pripravo vrste materialov za različne

			uporabe.
		ANG	The patent legally protects the product – a photocatalyst for water purification in suspensions, which is magnetically separable, as well as the procedure for its preparation. The material differs from already known materials in the application of magnetic carriers in the form of agglomerates of superparamagnetic nanoparticles. The application of the agglomerates enables good efficiency in the separation. The patented procedure for the coating of TiO ₂ layers on solid substrates using the hydrolysis of TiOSO ₄ is appropriate for the preparation of different materials for various applications.
	Objavljeno v		MAKOVEC, Darko, VERHOVŠEK, Dejan, SAJKO, Marjan. Fotokatalitski nanosi TiO ₂ na superparamagnetnih nosilcih ter postopek njihove izdelave : patentna prijava P-200900337. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 3. nov. 2009.
	Tipologija		2.24 Patent
	COBISS.SI-ID		23140391
2.	Naslov	SLO	Sinteza superparamagnetnih, fotokatalitskih nanokompozitnih delcev s heteroaglomeracijo predhodno sintetiziranih nanodelcev v vodnih suspenzijah.
		ANG	Synthesis of superparamagnetic, photocatalytic nanocomposite particles using hetero-agglomeration of the previously synthesized nanoparticles.
	Opis	SLO	V znanstvenem članku smo objavili originalen postopek sinteze superparamagnetnih, fotokatalitskih nanokompozitnih delcev. Uporaba takih delcev je v fotokatalitskem čiščenju vode, pri čemer jih dispergiramo v onesnaženi vodi in po čiščenju iz nje magnetno izločimo. Postopek temelji na heteroaglomeraciji predhodno sintetiziranih nanodelcev maghemita in anatasa v vodnih suspenzijah. Meritve so pokazale, da se po pripenjanju na magnetne nosilce anatasnim nanodelcem fotokatalitska aktivnost celo izboljša, kar smo povezali z elektronskimi interakcijami med obema materialoma.
		ANG	Our original procedure for the synthesis of the superparamagnetic, photocatalytic nanocomposite particles was published. Such particles will be used in water purification where the photocatalyst is dispersed in water and magnetically separated from the suspension after purification. The procedure is based on the hetero-agglomeration of the maghemite nanoparticles and anatase nanoparticles in their aqueous suspension. The photocatalytic activity of the anatase even improved after bonding onto the carriers. This improvement was related to the electronic interactions between the two materials.
	Objavljeno v		MAKOVEC, Darko, SAJKO, Marjan, Selišnik, Aljaž, DROFENIK, Mihael. Magnetically recoverable photocatalytic nanocomposite particles for water treatment. Mater. chem. phys.. [Print ed.], [in press] 2011, 4 str., doi: 10.1016/j.matchemphys.2011.03.059.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		24631335
3.	Naslov	SLO	Funkcionalizacija magnetnih nanodelcev.
		ANG	Functionalization of maghemite nanoparticles.
	Opis	SLO	Superparamagnetne fotokatalitske nanokompozitne delce dobimo s heteroaglomeracijo anatasnih nanodelcev in funkcionaliziranih magnetnih nanodelcev v suspenziji. Magnetni nanodelci morajo izkazovati pozitiven površinski naboj, zato nanje vežemo aminopropil silan (APS). V članku smo objavili sistematično raziskavo vezave APS na površino nanodelcev.
		ANG	Superparamagnetic, photocatalytic nanocomposite particles are synthesized using hetero-agglomeration of the previously synthesized anatase nanoparticles and the functionalized maghemite nanoparticles in their suspension. The magnetic maghemite nanoparticles have to display a positive electric surface charge. This can be achieved by grafting aminopropyl silane (APS) onto their surfaces. A systematic study of the APS grafting onto the maghemite nanoparticles was published in a scientific journal.
	Objavljeno v		ČAMPELJ, Stanislav, MAKOVEC, Darko, DROFENIK, Mihael. Functionalization of magnetic nanoparticles with 3-aminopropyl silane. J. magn. magn. mater.. [Print ed.], 2009, vol. 321, no. 10, str. 1346-1350.

	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		22581799
4.	Naslov	SLO	Prevlečenje magnetnih nanodelcev s tanko izolatorsko plastjo amorfne silicijevega oksida.
		ANG	Coating magnetic nanoparticles with a thin silica layer.
	Opis	SLO	Superparamagnetne fotokatalitske nanokompozitne delce dobimo s prekrivanjem aglomeratov magnetnih nanodelcev železovega oksida maghemita s fotokatalitsko plastjo anatasa. Zaradi elektronskih interakcij med obema polprevodnima oksidoma med UV obsevanjem pride do znižanja fotokatalitske aktivnosti anatasa ali celo do raztapljanja magnetne faze. To lahko preprečimo z nanosom tanke izolatorske plasti amorfne silicijevega oksida (silike). V članku smo objavili sistematično študijo prevlečenja magnetnih nanodelcev s tanko plastjo silike ob uporabi hidrolize in kondenzacije tetraetil ortosilikata.
		ANG	Superparamagnetic, photocatalytic nanocomposite particles are synthesized by coating a photocatalytic anatase layer onto agglomerates of magnetic iron oxide - maghemite. The electronic interactions between the two materials can result in a decrease of the photocatalytic activity of the anatase, or in the photodissolution of the magnetic phase. The interactions can be prevented by applying a thin layer of insulating silica. A systematic study of coating the maghemite nanoparticles with a silica layer using the hydrolysis and polycondensation of tetraethyl orthosilicate was published.
	Objavljeno v		KRALJ, Slavko, MAKOVEC, Darko, ČAMPELJ, Stanislav, DROFENIK, Mihael. Producing ultra-thin silica coatings on iron-oxide nanoparticles to improve their surface reactivity. J. magn. magn. mater.. [Print ed.], 2010, vol. 322, no. 13, str. 1847-1853. [
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		23527463
5.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Predstavitev sinteze superparamagnetnih, fotokatalitskih nanokompozitnih delcev za čiščenje vode.
		ANG	Synthesis of superparamagnetic, photocatalytic, nanocomposite particles for water purification.
	Opis	SLO	Na konferenci posvečeni fotokatalizi smo predstavili sintezo novega materiala za fotokatalitsko čiščenje vode - superparamagnetnih, fotokatalitskih nanokompozitnih delcev. Predstavljena sta bila oba postopka razvita v okviru projekta: sinteza s heteroaglomeracijo predhodno pripravljenih anatasnih nanodelcev in maghemitnih nanodelcev v suspenzijah in sinteza s prekrivanjem aglomeratov maghemitnih nanodelcev s anatasno plastjo med hidrolizo TiOSO4. Predavanje je imelo velik odziv med strokovnjaki.
		ANG	The synthesis of new materials for photocatalytic water purification - superparamagnetic, photocatalytic, nanocomposite particles - was presented at a specialized scientific conference. We presented both procedures for the materials synthesis developed in the framework of the project: the method based on the hetero-agglomeration of the previously synthesized anatase and maghemite nanoparticles in their suspensions and the method based on coating the anatase layer onto the agglomerates of the maghemite nanoparticles using the hydrolysis of TiOSO4.

	Šifra		
	Objavljeno v		MAKOVEC, Darko, VERHOVŠEK, Dejan, SAJKO, Marjan, DROFENIK, Mihael. Superparamagnetic photocatalytic nanocomposite particles for application in the decomposition of pollutants in water. V: SOLAR 10, International Conference on Nano/Molecular Photochemistry and Nanomaterials for Green Energy Development, 14-17 February 2010, Cairo, Egypt. Going NanoGreen in a big way in Cairo : program and abstracts. [S. l.: s. n.], 2010, str. 39-40.
	Tipologija		1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
	COBISS.SI-ID		24285991
2.	Naslov	SLO	Predstavitev fotokatalitskega materiala, ki temelji na nanosih TiO ₂ na aglomeratih superparamagnetnih nanodelcev.
		ANG	Photocatalytic material that is based on TiO ₂ coatings on agglomerates of superparamagnetic nanoparticles.
	Opis	SLO	Na konferenci smo predstavili naš koncept priprave fotokatalitskih, superparamagnetnih nanokompozitnih delcev za čiščenje onesnažil v vodi. Poudarek je bil na pripravi magnetnih nosilcev s kontrolirano aglomeracijo superparamagnetnih nanodelcev Fe ₂ O ₃ s prilagojenim površinskim nabojem v vodnih suspenzijah. Pripravljeni superparamagnetni aglomerati zagotavljajo učinkovito magnetno separacijo.
		ANG	Our original concept for the preparation of photocatalytic, superparamagnetic nanocomposite particles for the decomposition of pollutants in water was presented for the first time. The focus was on the assembly of the magnetic carriers using the controlled agglomeration of the superparamagnetic Fe ₂ O ₃ nanoparticles in aqueous suspensions. The prepared agglomerates enable effective magnetic separation.
	Šifra		F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v		MAKOVEC, Darko, SAJKO, Marjan, VERHOVŠEK, Dejan, MERTELJ, Alenka, DROFENIK, Mihael. Superparamagnetic photocatalytic nanocomposite particles for application in the decomposition of pollutants in water. V: ECIS 2009, 23rd Conference of the European Colloidal and Interface Society, September 6-11, 2009, Antalya, Turkey, 3rd COST D43 Action Workshop, September 7-8, 2009, Antalya, Turkey. Abstracts. [S. l.]: European Colloid and Interface Society, 2009. [COBISS.SI-ID 22970919]
	Tipologija		1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
	COBISS.SI-ID		22970919
3.	Naslov	SLO	Uporaba aglomeratov superparamagnetnih nanodelcev kot magnetnih nosilcev.
		ANG	Application of agglomerates of superparamagnetic nanoparticles as magnetic carriers.
	Opis	SLO	Na konferenci smo predstavili sintezo aglomeratov superparamagnetnih nanodelcev s kontrolirano heteroaglomeracijo nanodelcev v suspenzijah. Taki aglomerati so v magnetni separaciji mnogo učinkovitejši od posameznih nanodelcev in omogočijo učinkovito magnetno separacijo fotokatalitskih nanokompozitov. Predlagana metoda za njihovo metodo je enostavna in je lahko osnova za industrijsko proizvodnjo magnetnih nosilcev, katerih cena bo dovolj nizka, da se bodo lahko široko uporabljali za preproste aplikacije, kot je čiščenje onesnažene vode ali priprava pitne vode.
		ANG	The synthesis of agglomerates using the controlled hetero-agglomeration of superparamagnetic nanoparticles in suspensions was presented at a scientific conference. The agglomerates are much more effective in the magnetic separation compared to individual (nano)particles. The presented method used for the assembly agglomerates is relatively simple and can be scaled up for the industrial production of magnetic carriers that will be cheap enough for simple mass applications, for example, in the photocatalytic purification of polluted water or in the preparation of drinking water.
	Šifra		F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v		MAKOVEC, Darko, SELIŠNIK, Aljaž, SAJKO, Marjan, KRALJ, Slavko, DROFENIK, Mihael. Superparamagnetic cluster as carriers for an anatase photocatalyst. V: 8th International Conference on the Scientific and Clinical Applications of Magnetic Carriers : conference program & abstract booklet, May 25-29, 2010, Rostock, Germany. [S. l.: s. n., 2010], str. 132. [COBISS.SI-ID 23687719]

	Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
	COBISS.SI-ID	23687719	
4.	Naslov	SLO	Predstavitev fotokatalitskih nanodelcev sintetiziranih s hidrolizo vodnih raztopin TiOSO ₄ .
		ANG	Photocatalytic nanoparticles synthesized using the hydrolysis of aqueous TiOSO ₄ .
	Opis	SLO	Predstavili smo vpliv velikosti nanodelcev anatasa na njihovo fotokatalitsko aktivnost. Nanodelci so bili sintetizirani s hidrolizo vodnih raztopin TiOSO ₄ , njihovo velikost pa smo naknadno povečali s hidrotermalno obdelavo. V nasprotju z literaturnimi podatki se je izkazalo, da imajo največjo fotokatalitsko aktivnost najmanjši, hidrotermalno neobdelani nanodelci, velikosti okoli 6 nm.
		ANG	The influence of the nanoparticles' size on their photocatalytic activity of anatase was presented. The nanoparticles were synthesized using the hydrolysis of aqueous TiOSO ₄ and subsequently coarsened by a hydrothermal treatment. In contrast to the literature data it appeared that the smallest, as-synthesized nanoparticles with a size of approximately 6 nm showed the strongest photocatalytic activity.
	Šifra	F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v		PRIMC, Darinka, SAJKO, Marjan, VERHOVŠEK, Dejan, DROFENIK, Mihael, MAKOVEC, Darko. Hidrotermalna sinteza anatasnih fotokatalitskih nanodelcev. V: VALANT, Matjaž (ur.), PIRNAT, Urša (ur.). Slovenska konferenca o materialih in tehnologijah za trajnostni razvoj, Ajdovščina, 11.-12. maj 2009. Knjiga povzetkov. Zbornik. V Novi Gorici: Založba Univerze, 2009.
	Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
	COBISS.SI-ID	22969895	
5.	Naslov	SLO	Doktorsko usposabljanje.
		ANG	PhD education.
	Opis	SLO	Mladi raziskovalec Stanislav Čampelj je zaključil doktorsko usposabljanje, katerega bistveni del je bil vezan na tematiko projekta. V svojem delu je podrobneje raziskal možnosti za površinsko obdelavo superparamagnetnih nanodelcev maghemita. Površinska obdelava omogoča uravnavanje električnega naboja na površinah nanodelcev, ki je ključen za pripravo magnetnih aglomeratov in superparamagnetnih fotokatalitskih nanokompozitov s heteroaglomeracijo v suspenzijah.
		ANG	A young researcher Stanislav Čampelj, finished his PhD thesis. The major part of the PhD was related to the topic of the project. He studied the possibilities for the surface treatment of maghemite superparamagnetic nanoparticles. The surface treatment is used to engineer the electric charge at the surfaces of nanoparticles, which is crucial for the preparation of magnetic agglomerates and superparamagnetic, photocatalytic nanocomposite particles using hetero-agglomeration in suspensions.
	Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v		ČAMPELJ, Stanislav. Funkcionalizacija magnetnih nanodelcev : doktorska disertacija = Functionalization of magnetic nanoparticles : doctoral dissertation. Ljubljana: [S. Čampelj], 2010. XIII, 100 str., ilustr., tabele.
	Tipologija	2.08	Doktorska disertacija
	COBISS.SI-ID	251875328	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Ker smo dali prednost patentni zaščiti razvitih materialov, se je objavljjanje rezultatov projekta zavleklo. V procesu objavljjanja sta še dva članka o sintezi fotokatalitskih nanodelcev in superparamagnetnih fotokatalitskih nanokompozitov pripravljenih z nanosom plasti anatasa na površino magnetnih aglomeratov. Relevantnost rezultatov dela dokazuje tudi nadaljevanje razvoja v financiranju industrijskega partnerja Cinkarne. Nadaljnji razvoj je usmerjen predvsem v sintezo večjih količin materialov in

bo privedel do novih produktov in storitev.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Predmet projekta je bil razvoj novih nanostrukturiranih delcev za fotokatalitsko razgradnjo onesnažil v vodi. Delci so sestavljeni iz površinskega sloja fotokatalitskih nanodelcev anatasa in superparamagnetnega jedra, ki omogoča njihovo magnetno izločevanje iz suspenzije po čiščenju. Od podobnih materialov opisanih v znanstveni literaturi, se razviti superparamagnetni fotokatalitski nanokompozitni delci razlikujejo predvsem v dveh točkah:

- (i) V uporabi magnetnih nosilcev, ki imajo obliko aglomeratov superparamagnetnih nanodelcev. Taki magnetni nosilci zagotavljajo učinkovito magnetno separacijo fotokatalizatorja iz suspenzije po čiščenju in njegovo ponovno uporabo. Do sedaj so bili razviti fotokatalitski kompoziti z magnetnimi nosilci v obliki večjih delcev, ki jih po magnetni separaciji ni mogoče redispergirati ali posameznih superparamagnetnih nanodelcev, ki ne omogočajo dovolj učinkovite magnetne separacije.
- (ii) Ne uporabljajo sol-gel postopka za nanos fotokatalitske plasti, ampak tehnološko mnogo lažje obvladljiv postopek, ki temelji na hidrolizi vodna raztopine TiOSO_4 .

Razvili smo znanje, ki je omogočilo za razvoj postopka za nanos fotokatalitskega materiala na magnetne nosilce po dveh metodah:

- (i) Predhodno sintetizirane nanodelce anatasa smo povezali z magnetnimi aglomerati s heteroaglomeracijo v vodnih suspenzijah, pri čemer smo izkoriščali elektrostatske privlačne sile med delci z nasprotnim površinskim nabojem. Tak način priprave te vrste materialov je povsem originalen.
- (ii) Magnetne aglomerate smo prevlekli z amorfno ali nanokristalinično anatasno plastjo TiO_2 s hidrolizo TiOSO_4 v vodni suspenziji nosilcev. Metoda je splošna, zanimiva za nanos plasti TiO_2 na različne trdne nosilce in bo osnova za razvoj tudi drugih materialov, ki temeljijo na aktivnih plasteh TiO_2 , na primer v fotovoltaiiki, nelinearni optiki, za izdelavo antibakterijskih prevlek, samočistinih prevlek, itd..

Da smo dosegli zastavljene cilje projekta, je bilo potrebno tudi nadgraditi znanje o sami sintezi fotokatalitskih delcev anatasa, superparamagnetnih nanodelcev železovega oksida maghemita ter o kontroli njihovih površinskih lastnosti. Prav tako smo morali nadgraditi znanje o ovrednotenju fotokatalitske aktivnosti materialov in s tem povezano analitiko.

ANG

The topic of this project is the development of new, nanostructured particles for the photocatalytic decomposition of organic pollutants in water. The particles contain a surface coating of photocatalytic TiO_2 nanoparticles and a superparamagnetic core (carrier), which enables their magnetic separation from the water suspension after the pollutant's degradation. The developed particles differ from those already described in the scientific literature in two ways:

- (i) Magnetic carriers in the form of agglomerates composed of superparamagnetic nanoparticles were developed. Such magnetic carriers enable the effective separation of the photocatalyst from the suspension and their re-dispersion. Up to now, only photocatalytic composites with magnetic carriers comprising individual superparamagnetic nanoparticles or larger magnetic particles were presented. The disadvantage of the first is in the difficulty of their complete magnetic separation, and the disadvantage of the second is the difficulty of their re-dispersion after the magnetic separation.
- (ii) Instead of the currently used sol-gel method, the hydrolysis of aqueous TiOSO_4 was used for the synthesis of the anatase nanoparticles. The advantage of this process is its simplicity, which will facilitate its transfer to mass production.

Two methods for coating the photocatalyst onto the magnetic carriers were developed following two different approaches:

- (i) Pre-synthesized anatase nanoparticles were combined with the magnetic agglomerates using hetero-agglomeration in the aqueous suspensions, applying electrostatic attractive forces between the particles with an opposite surface charge. Such an approach has been applied for the first time in development of this type of materials.
- (ii) Magnetic agglomerates were coated with amorphous or nanocrystalline anatase TiO_2 coatings using the hydrolysis of TiOSO_4 in aqueous suspensions of the carriers. The method is general and can be used for the preparation of TiO_2 coatings on different substrates. It can,

therefore, be used for the development of different materials that are based on active TiO₂ coatings, needed for different applications, such as in photovoltaics, nonlinear optics, for the preparation of antibacterial coatings, self-cleaning coatings, etc.

To achieve the goals of the project, the knowledge related to the synthesis of the anatase nanoparticles, of superparamagnetic iron-oxide (maghemite) nanoparticles, and to the control of their surface properties had to be expanded. Moreover, we had to expand our knowledge of the characterization of the materials' photocatalytic activity and of related analytics.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Predmet projekta je razvoj superparamagnetnih fotokatalitskih delcev za oksidativno razgradnjo organskih onesnažil v vodi. Delce dispergiramo v onesnaženi vodi, plast fotokatalitskih nanodelcev TiO₂ na njihovi površini omogoča razgradnjo onesnažil pod vplivom UV svetlobe, medtem ko omogočajo njihova superparamagnetna jedra magnetno separacijo po končanem čiščenju. Medtem, ko so sami fotokatalitski nanodelci že komercialno dostopni, pa gre pri superparamagnetnih fotokatalitskih delcih za nov produkt, ki ga še ni na tržišču. Vsi tehnološki postopki, ki so bili razviti za pripravo materiala so primerni za uvajanje v masovno proizvodnjo. Nadgradnja postopkov, ki bodo omogočali proizvodnjo večjih količin materiala že poteka v financiranju industrijskega partnerja Cinkarne. Rezultati projekta predstavljajo osnovo za razvoj povsem novih produktov in storitev z visoko dodano vrednostjo in so s tem pomembni za večanje konkurenčnosti slovenske industrije.

Projekt je pomemben tudi iz naravovarstvenega vidika. Onesnaženje vode in zraka z organskimi onesnažili je zelo velik problem tudi v Sloveniji. Projekt bo omogočil razvoj povsem novih načinov fotokatalitskega čiščenja odpadnih voda in priprave pitne vode. Razviti materiali/metode se bodo lahko uporabljali predvsem pri čiščenju večjih količin vode, ki je onesnažena z nizkimi koncentracijami onesnažil.

Projekt je pomemben tudi za nadaljnji razvoj drugih produktov, ki temeljijo na magnetni separaciji in na nanosih TiO₂ na različnih trdnih nosilcih. Patentirani postopek priprave nanosov TiO₂ se bo lahko uporabil kot podlaga za nadaljnji razvoj različnih področij, kot so fotovoltaika, samočistilne in baktericidne prevleke, itd.

V okviru projekta so sodelovali štirje mladi raziskovalci. Eden od partnerjev v projektu je bila Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Mariboru. Projekt je tako prispeval k dvigu ravni podiplomskega izobraževanja in pripomogel k boljši povezanosti med industrijo in raziskovalno – izobraževalno dejavnostjo v Sloveniji.

ANG

The topic of this project is the development of new, superparamagnetic photocatalytic particles for the oxidative decomposition of pollutants in water. Such particles will be dispersed in polluted water; their surface layer of TiO₂ nanoparticles will provide photocatalytic activity in the decomposition of pollutants under UV irradiation, while their superparamagnetic cores will enable their magnetic separation after the treatment. While photocatalytic nanoparticles are already commercially available, the superparamagnetic photocatalytic particles represent a new product in the world market. All the developed technological processes involved in their production are appropriate for mass production. Further development of the methods, which will enable the production of larger amounts of the materials, is going on under financing of the industrial partner Cinkarna. The results of the project represent the foundations for the development of completely new products of high added value. Thus, the results will increase the competitiveness of Slovenian industry.

The project is also important for ecology. The pollution of water and air with organic pollutants is a very large problem also in Slovenia. The project will enable the development of entirely new approaches for the purification of polluted water and the preparation of drinking water. In the first place, the developed materials and the methods will be applied for the purification of large amounts of water polluted with low concentrations of organic pollutants.

The project is also important for the development of other products that are based on magnetic separation and on TiO₂ coatings on different substrates. The knowledge needed for the coating of the TiO₂ coatings on solid substrates was developed. The developed method was patented and will contribute to the further development of different TiO₂ coatings needed in different areas, such as photovoltaics, self-cleaning and bactericide coatings, etc.

Four young researchers participated in the project. One of the project partners is the Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Maribor. Thus, the project contributes to the improvement of the level of higher education and to better connections between industry, research and higher education in Slovenia.

10. Samo za aplikativne projekte!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri aplikativnem projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen

	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

Rezultat projekta sta bila dva nova postopka priprave novega materiala - magnetnega fotokatalizatorja. Material in eden od postopkov sta bila patentirana v Sloveniji. Rezultati so bili objavljeni v tuji prilogi in predstavljeni na številnih znanstvenih srečanjih. Na osnovi razvitih metod poteka v sodelovanju med sofinancerjem Cinkarno in raziskovalno skupino na IJS nadaljna prilagoditev metode priprave materiala potrebam masovne proizvodnje. Poleg tega je razvoj materiala sprožil nadaljni industrijski razvoj reaktorjev za fotokatalitsko čiščenje onesnažene vode ob uporabi magnetnih fotokatalizatorjev. Nadaljni razvoj bo industrijskemu partnerju omogočil razvoj novih produktov in storitev.

11. Samo za aplikativne projekte!**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☒	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☒	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☐	☒	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☐	☒	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☒	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☐	☒	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☒	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☐	☒	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☐	☒	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☐	☒	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☒	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☐	☐	☒	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☐	☒	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☐	☐	☒	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☐	☒	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	☐	☐	☒	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☒	☐	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☒	☐	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	☒	☐	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	☒	☐	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	☒	☐	☐	☐	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	☐	☐	☐	☒	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					

G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar**12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki [12](#)**

1.	Sofinancer	Cinkarna, Metalurško-kemična industrija, d.d.		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		53.299,00	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		25,00	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Slovenski patent: Fotokatalitski nanosi TiO2 na superparamagnetnih nosilcih ter postopek njihove izdelave.	F.33	
	2.	V okviru projekta je veliko izkušenj pridobil tudi mladi raziskovalec iz gospodarstva Aljaž Selišnik. Delno je osvojil znanja na področju magnetizma in priprave magnetnih materialov, fotokatalize,...	G.01	
	3.	Razvita sta dva postopka priprave fotokatalitskega materiala, ki predstavljata temelj za postavitvev prototipa za čiščenje onesnaženih vod.	F.08	
	4.			
	5.			
	Komentar	V okviru projekta L2-1156 - Razvoj fotokatalitičnih superparamagnetnih nanokompozitov za postopke zmanjševanja emisij škodljivih snovi v okolje smo razvili kompozitni material, ki je sestavljen iz magnetnega jedra ter plasti titanovega dioksida, njegova uporaba pa je vezana na čiščenje organskih onesnažil iz vode. Magnetno jedro sestavljajo superparamagnetni nanodelci, plast titanovega dioksida pa nanodelci TiO2. S sintezo takšnega materiala smo dosegli naslednje lastnosti katalizatorja, ki nam omogočajo prednost pred drugimi produkti, ki so primerni za takšne aplikacije: -velika aktivna površina katalizatorja -izločljivost katalizatorja po končanem procesu čiščenja ter njegova ponovna uporaba -preprečevanje vnosa katalitskih delcev v okolje -vhodne surovine za pripravo materiala so širše dostopne, prav tako pa sinteza ni energijsko potratna Končni kompozitni material lahko pripravimo na dva načina: -heterogeno obarjanje titanovega dioksida na magnetnem jedru iz raztopine titanil sulfata -elektrostatsko spajanje magnetnih jeder ter hidroliznih kali		

		S karakterizacijo materiala smo ugotovili, da je slednja pot priprave kompozitnih delcev bolj obetavna, saj material izkazuje večjo fotokatalitsko učinkovitost. Rezultati tega projekta so osnova za nadaljnji projekt 011.02.11 – Razvoj tehnologije čiščenja odpadnih vod z magnetnim fotokatalizatorjem (MF).	
	Ocena	Rezultati zgoraj navedenega projekta predstavljajo temelj za lansiranje novega projekta "Razvoj tehnologije čiščenja odpadnih vod z magnetnim fotokatalizatorjem", v okviru katerega bo postavljen tudi prototip za čiščenje odpadnih vod. Zavedamo se, da je strateško usmerjen razvoj je bistvenega pomena za nadaljnje delovanje podjetja in njegove zaposlene. S tem bo podjetje pridobilo nova znanja, obvladovalo bo najsodobnejše tehnologije in razširilo paleto proizvodov z visoko dodano vrednostjo. Le - ti so bistvenega pomena za prihodnost, saj bo z njimi podjetje veliko bolj konkurenčno na svetovnem trgu. Prav tako bo razvoj podjetja zelo pomembno vplival na razvoj celotne regije in države ter imel pomemben prispevek pri vpeljavi visokotehnoloških proizvodov nizke proizvodne cene na območju EU. Primarna dejavnost podjetja je proizvodnja titanovega dioksida v pigmentni obliki. Dodana vrednost slednjega ni visoka, zato je vizija podjetja razvoj nanotehnologije omenjenega materiala, katerega aplikacije se številčne in katerega dodana vrednost je bistveno višja kar omogoča večjo konkurenčnost našega podjetja.	
2.	Sofinancer		
		Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	EUR
		Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	%
		Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra
		1.	
		2.	
		3.	
		4.	
		5.	
	Komentar		
	Ocena		
3.	Sofinancer		
		Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	EUR
		Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	%
		Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra
		1.	
		2.	
		3.	
		4.	

	5.	
Komentar		
Ocena		

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, za objavo 6., 7. in 8. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

Darko Makovec	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

19.4.2011

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/135

¹ Zaradi spremembe klasifikacije družbeno ekonomskih ciljev je potrebno v poročilu opredeliti družbeno ekonomski cilj po novi klasifikaciji. [Nazaj](#)

² Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

Naslov: Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

Opis: Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

Objavljeno v: OBERMAJER, N., PREMŽL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates $\beta 2$ - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. Exp. Cell Res., 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

COBISS.SI-ID: 1920113 [Nazaj](#)

⁷ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov

(največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta 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. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

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

¹¹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite/prepišite skladno z obrazcem "Izjava sofinancerja" (<http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>), ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2011-1 v1.01

AF-E0-E6-F9-FF-97-42-9E-7D-46-81-C7-19-34-FB-10-22-A0-C4-E6