

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/196

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-1129
Naslov projekta	Razvoj fotokatalitskih prevlek in plinskih fotoreaktorjev za določanje učinkovitosti prevlek pri čiščenju zraka in samočiščenju
Vodja projekta	11873 Urška Lavrenčič Štangar
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	6.210
Cenovni razred	D
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	1540 Univerza v Novi Gorici
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	103 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo 104 Kemijski inštitut 1502 Zavod za gradbeništvo Slovenije
Družbeno-ekonomski cilj	12. Splošni napredek znanja - RiR financiran iz splošnih univerzitetnih fondov (SUF)

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	06.
Naziv	Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	MARTEX d.o.o.
	Naslov	Volčja Draga 43/b 5293 Volčja Draga
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Opisane so metode in pomembnejši rezultati, ki smo jih dosegli v projektu.

(1) **Sinteza novih fotokatalitskih prevlek**

Sintetizirali smo čiste TiO_2 , dopirane TiO_2 in $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ koloidne raztopine (sole) tako iz alkoksidnih (titanov izopropoksid) kot tudi iz anorganskih prekurzorjev (titanov klorid). TiCl_4 je cenovno ugoden prekurzor za pripravo tako tankih plasti kot prahov titanovega dioksida. Enostavno ga je tudi hraniti, saj za razliko od alkoksidov ne hidrolizira. Edina težava je, da se pri raztapljanju TiCl_4 v vodi hitro obori TiO_2 (po približno enem dnevu), kar onemogoča pripravo homogenih plasti in bi bilo zato potrebno vsakič znova sintetizirati svež sol. Zato največkrat z dodajanjem raztopine amoniaka TiO_2 oborimo, ga nato centrifugiramo in z dodatkom H_2O_2 raztapljamo do nastanka perokso kompleksa.

Eden od naših pristopov je bil z dodatkom raztopine kisline (H_2SO_4 oziroma HCl) stabilizirati sol do te mere, da se TiO_2 po raztapljanju TiCl_4 ne bi začel obarjati; nato pa določiti optimalno temperaturo toplotne obdelave, da bo fotokatalitska učinkovitost pripravljenih plasti maksimalna. Tak način priprave je enostaven in časovno ugoden; vendar sol lahko nanašamo le na kislinsko odporne površine. Za povečanje poroznosti materiala smo v sol dodajali tudi organski polimer hidroksipropil-celulozo (HPC). Najbolj učinkovite so bile tanke plasti, katerim smo dodali 0,5 masnih % HPC in jih termično obdelali na 450°C za 30 minut.

Kot solidna osnova za pripravo fotokatalitskih prevlek, ki so **visoko propustne** in tako ne pokvarijo izgleda podlage, nam je služil naš patent z naslovom »Priprava $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ solov in njihova uporaba za nanos samočistilnih in protizarositvenih prevlek« (avtorja U. Černigoj in U. Lavrenčič Štanger), ki je rezultat prejšnjega projekta (L1-7150: Samočistilne in fotokatalitske prevleke za okoljske aplikacije). V luči tega projekta je bila potrebna optimizacija procesnih pogojev za keramične substrate. Tako smo razvili nove formulacije solov, ki imajo večjo koncentracijo aktivnega TiO_2 kot soli za steklo, topila so okolju prijaznejša (le voda in etanol) in vsebujejo znaten delež silikatnega veziva. Silikatno vezivo smo pripravili iz tetraetoksisilana po sol-gel postopku z dodatkom komercialne koloidne silike. Pri pripravi solov smo stremeli k čim višji koncentraciji TiO_2 v solu, dobri razlivnosti oz. nanašanju in estetskemu videzu. Vzorce solov smo nanесли na substrat (keramično ploščico), ga segreli na potrebno temperaturo in nato pustili, da se ohladi. Posebno učinkoviti so se izkazali vzorci, pri katerih smo kot vir TiO_2 v solu uporabili suspenzijo anataznih delcev v vodi proizvajalca Cinkarna Celje (270 g/L TiO_2). Z višanjem temperature žganja se fotokatalitska učinkovitost in sama hidrofilnost TiO_2 tanke plasti zmanjšuje. To zmanjšanje fotokatalitske aktivnosti je najbolj opazno nad temperaturo 600°C . Razlogov je lahko več: (i) večanje anataznih zrn, (ii) prehajanje anatazne oblike v rutilno, (iii) delno taljenje glazure, posledica je »potapljanje« delcev TiO_2 v glazuro in posledično manjši kontakt katalizatorja z organskimi onesnažili na površini. Optimalna temperatura žganja sol-gel prevlek je tako med 450 in 550°C .

V sodelovanju s sofinancerjem in proizvajalcem keramičnih ploščic Martex d.o.o. smo v preteklem letu opravili **pol-industrijski poskus nanosa samočistilnih prozornih prevlek** na njihove keramične ploščice (slikovno gradivo se nahaja v prilogi). Prevleke smo iz prej pripravljene optimizirane koloidne raztopine z masnim deležem TiO_2 2.22% in množinskim razmerjem $\text{Ti} : \text{Si} = 1 : 0.91$ nanašali na liniji za nanos glazur z zračno razpršilno šobo v komori na že žgane ploščice. Po končanem postopku nanašanja smo ploščice vstavili v valjčno peč za žganje ploščic. Najvišja temperatura v peči je bila okrog 420°C , zadrževalni čas ploščic v peči pa 1h. Na ploščicah smo opravili teste fotokatalitske oz. samočistilne učinkovitosti in mehanske odpornosti (opisani pod točko 3). S temi testi smo pokazali, da bi bile ploščice glede na samočistilno sposobnost v odvisnosti od stopnje obrabe uporabne kot fasadne ploščice ali ploščice za tla, kjer se hodi z mehкими podplati. Za doseganje večje mehanske odpornosti bi bilo potrebno še dodatno utrditi plast z vezivom.

Pripravili smo tudi vrsto prevlek **iz komercialno dostopnih suspenzij ali koloidnih raztopin TiO_2** , npr. Hombikat XXS 100 proizvajalca Sachtleben, ki smo jih redčili z vodo ali izopropanolom. Pripravljene suspenzije smo s spray tehniko pod pritiskom 6 bar-ov nanесли na substrat,

keramično ploščico, dimenzije 6x6cm. Uporabljena je bila pištola za barvanje in lakiranje, ki omogoča enakomerno razpršitev suspenzije v obliki aerosola po substratu. Pri vzorcih, kjer smo kot vezivo uporabili Na-vodno steklo, smo le-to nanесли najprej in nato suspenzijo TiO_2 . Tako pripravljene vzorce smo odžgali v gradientni peči pri različnih temperaturah, 100°C, 200°C, 400°C, 600°C, 700°C, 800°C in 850°C, s hitrostjo 100°C/h in s časom držanja pri izbrani temperaturi 30 min.

V preteklem letu smo razvili tudi **debelejše visokoučinkovite plasti na kovinskih podlagah** za namene čiščenja vode in zraka. Prijavili smo patent z naslovom »Postopek priprave obstojnih plasti titanovega dioksida na kovinskih nosilcih za namene fotokatalitskega čiščenja«. Predmet izuma je postopek priprave zaščitne plasti za kovinske površine in poznejši nanos fotokatalitsko visokoaktivne tanke plasti. Priprava po izumu je značilna po tem, da je postopek sestavljen iz sinteze zaščitnega sola, ki temelji na SiO_2 iz ormosilnega prekursorja, nanašanju pripravljenega sola na kovinske nosilce, nizkotemperaturni toplotni obdelavi zaščitnih plasti, hidrofilizaciji zaščitnih plasti v vodni raztopini močne baze ali kisline in dodatnem namakanju v deionizirani vodi. Nadalje je postopek priprave značilen po pripravi fotokatalitsko visokoaktivnih sol-suspenzij, kjer je visokoaktiven prah TiO_2 suspendiran v vezivu, sestavljenem iz koloidnega in hidroliziranega SiO_2 in dodatno tudi hidrolizata TiO_2 . Značilnost sol-suspenzij in nanašanje le-teh je, da vsi postopki vključujejo toplotne obdelave samo do 200 °C, torej nizkotemperaturne obdelave. V končnem izdelku dobimo do nekaj mikrometrov debele plasti visokoaktivnega fotokatalizatorja, nanešene na predhodno zaščitene kovinske nosilce, ki so namenjene fotokatalitski oksidaciji organske snovi v vodnem ali plinastem mediju. Plasti titanovega dioksida po tem izumu odlikuje, ob prisotnosti sončnega sevanja, visoka učinkovitost razgradnje organske snovi do končnih anorganskih produktov.

Za namene čiščenja zraka smo pripravili tudi vrsto prahov **na poroznih nosilcih** - mezoporoznih silikatnih materialih, pripravljenih na Kemijskem inštitutu - KIL-2 in SBA-15. Sveže koloidne sole TiO_2 , pripravljene po nizkotemperaturnem sol-gel postopku iz TiCl_4 prekursorja, smo impregnirali v porozni silikatni material z veliko specifično površino. Sintetizirali smo urejeno in neurejeno mezoporozno siliko kot nosilca za inkorporacijo TiO_2 z različnimi molskimi razmerji Ti/Si (1/2, 1/1 in 2/1) po sol-gel impregnacijski metodi. Titanov izopropoksid ali vodni TiO_2 nanokristalinični sol sta služila kot vir TiO_2 . Opravljena je bila karakterizacija s praškovo rentgensko difrakcijo (XRD), FT-IR spektroskopijo, sorpcijskimi meritvami dušika, vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), visoko ločljivo transmisijsko elektronsko mikroskopijo (HR-TEM) in UV-Vis-NIR difuzno refleksijsko spektroskopijo (DRS) za določanje kemijske strukture in morfologije prahov. V večini primerov ni bila izboljšana le temna adsorpcija, temveč tudi hitrost same fotokatalitske razgradnje, kar pomeni, da TiO_2 nanodelci niso aglomerirali v porah in le-teh niso blokirali, s čimer bi bila sicer onemogočena dostopnost velike aktivne površine za oksidacijo hlapne organske snovi. Najboljše rezultate (temna adsorpcija in velika hitrost fotokatalitske oksidacije) so dali prahovi, v katerih je bilo molsko razmerje TiO_2 in SiO_2 1:1. Pripravili smo tudi prevleke iz teh novih materialov, katerih optična kvaliteta pa ne dosega optične kvalitete najprej opisanih tankih plasti TiO_2 s silikatnim vezivom po sol-gel postopku.

(2) Načrtovanje in izdelava plinskih fotoreaktorjev

Plinski reaktorski sistem na ZAGu z neposredno povezavo na FT-IR smo nadgradili s posebno plinsko celico s podaljšano optično potjo. Ta celica nam omogoča boljše ločljivosti in tako natančnejše rezultate. Poleg tega pa zaradi dodanih zapiral, ki optično pot ločijo pred okoliško atmosfero, lahko spremljamo tudi nastajanje končnih produktov, to je vodo in ogljikov dioksid. Ti dve snovi prej nismo mogli določevati, saj nas je motila sprememba le-teh v okoliški atmosferi. Kot modelno organsko substanco smo uporabili izopropanol, ki se v prvi stopnji fotokatalitske reakcije oksidira v aceton. S kinetičnim modelom smo določali konstante hitrosti nastajanja acetona.

Poleg obstoječega plinskega sistema na ZAGu smo na UNG izgradili in optimizirali fotoreaktorski sistem plin-trdno z neposredno povezavo na GC/MS analizator. Sistem je sestavljen iz dveh glavnih delov. Prvi del pripelje vhodne snovi v reakcijo in sestoji iz zračnega cilindra, filtra, kontrolerjev masnih pretokov in vlažnosti, mešalne komore in črpalke. Drugi del je definiran z reakcijsko zanko in sestoji iz merilnika pretoka, črpalke, mesta za vzorčenje, manometra, reakcijske celice, rezervoarja, vodne kopeli. Čisti sintetični zrak uporabljamo kot vir kisika. Reguliran tok zraka je razdeljen na dve poti, ena je za vlažen zrak in druga za suh zrak. Hlapno

organsko snov (kot modelno onesnažilo zraka v zaprtih prostorih smo uporabili toluen) injiciramo v vertikalno mešalno komoro z vlažnim in suhim zrakom. Mešalna komora je narejena iz kvarčne steklene cevi. Zmes plinov vodimo v reakcijsko zanko z uporabo tripotnega ventila. Z UV obsevanjem začnemo potem, ko je doseženo adsorpcijsko/ desorpcijsko ravnotežje. Koncentracija toluena je merjena pred in v konstantnih časovnih intervalih reakcije z injiciranjem vzorca na "on-line" GC-MS. V tem sistemu lahko določamo fotokatalitske aktivnosti tako praškastim vzorcem kot tudi tankim plastem na nosilnih ploščicah iz stekla, kovine ali keramike. Najprej smo konstruirali in optimizirali fotoreaktorsko celico za praškaste vzorce, v zadnjem letu projekta pa še za tanke plasti katalizatorja. V prvem primeru je celica ožjih dimenzij postavljena vertikalno v ogrodje fotoreaktorja, v slednjem pa leži horizontalno in ima precej večji premer, da lahko vanjo vstavimo držalo z več ploščicami vzorca, koncentrično postavljenimi (slikovno gradivo se nahaja v prilogi).

(3) Določanje samočistilnih in antibakterijskih sposobnosti ter mehanske trdnosti

V okviru projekta smo razvili tudi povsem novo metodo ovrednotenja samočistilne aktivnosti premazov in prevlek, ki temelji na občutljivi fluorescenčni detekciji oksidacijskega produkta tereftalne kisline, ki jo v trdni prozorni plasti nanese na preiskovano samočistilno površino. Homogeno prozorno plast dosežemo z inkorporacijo v celulozni polimer, ki prepreči agregacijo tereftalne kisline. Metoda predstavlja korak naprej med testi fotokatalitske oz. samočistilne aktivnosti zaradi svojih naslednjih značilnosti: (i) gre za fotokatalizo v trdnem stanju, ki v realnosti poteka pri procesih samočiščenja, (ii) sicer počasen oksidacijski proces lahko detektiramo v krajšem času na račun visoko občutljive in natančne fluorescenčne detekcije, (iii) je neposredna metoda za sledenje fotokatalitski oksidaciji, (iv) je kvantitativna metoda s HPLC-FLD ali spektrofotometrično detekcijo, (v) tanka plast tereftalne kisline je v odsotnosti fotokatalizatorja stabilna in prosojna za vidno in UVA sevanje. Poleg te nove metode smo uporabili tudi druge bolj običajne metode določanja učinkovitosti: a) določanje razpada metilen modrega barvila v vodni raztopini s pomočjo UV/VIS spektrofotometra, b) spremljanje razpada modelnih plinskih organskih snovi v zaprtim reaktorskem sistemu s pomočjo FTIR in GC/MS (gl. točko 2), c) merjenje kontaktnega kota vodne kapljice s površino ploščice pred in po onesnaženju s plastjo modelnega metilnega estra maščobne kisline, pri čemer spremljamo hitrost upada kontaktnega kota glede na čas osvetljevanja, d) fotokatalitsko razgradnjo maščobne plasti smo spremljali tudi s FTIR spektroskopijo na podlagi zmanjšanja intenzitete vrha pri približno 2920 cm^{-1} (asimetrično valenčno nihanje C – H vezi) po določenem času osvetljevanja v UV-osvetljevaniku z maksimalno intenziteto sevanja pri 350 nm. Izbrani rezultati določanja samočistilnih sposobnosti pripravljenim prevlekam so navedeni v prilogi.

Aktivnost tankih plasti smo preučevali tudi z vidika njihovega vpliva na preživelost mikroorganizmov, ki so v stiku s tem materialom. Za študij antimikrobne aktivnosti prevlek smo poleg uporabe konvencionalne metode s štetjem bakterijskih (*E. coli*) in kvasnih (*S. cerevisiae*) kolonij razvijali tudi metodo za določanje preživelosti mikroorganizmov po fotokatalizi preko spremljanja metabolne aktivnosti (aktivnosti dihalne verige) na osnovi redukcije tetrazolijeve soli XTT v celicah z delujočo dihalno verigo. Za ovrednotenje antimikrobnega delovanja fotokatalize smo preizkusili tudi uporabnost kombinacije fluorescentnih barvil propidijevega jodida (PI) in SYTO 9 ter jo pod fluorescentnim mikroskopom preliminarно potrdili. Poleg končnih metod detekcije (štetje kolonij, metodi XTT in PI/SYTO 9) smo izboljšali celotno metodologijo ovrednotenja, v smislu upoštevanja lastnosti materiala in uporabljenih organizmov, pri čemer so pomembni parametri temperatura, vlažnost, dostopnost kisika, vrsta in fiziološko stanje organizma, sestava uporabljenih medijev, svetloba itd. Izbrani rezultati so navedeni v prilogi.

Pomemben segment razvoja fotokatalitsko učinkovite samočistilne ploščice je tudi njena trajnost. Trajnost nanosov smo določali s pospešenim staranjem v klimatski komori, kjer smo vzorce izpostavili 50 ciklom zmrzovanja pri -20°C in tajanja v vodi sobne temperature. Uporabljena je bila standardizirana metoda SIST EN 539. Po 50, 100 in 150 cikli smo ponovno določali fotokatalitsko učinkovitost. Vzorci so praviloma pokazali visoko učinkovitost tudi po 50 ciklih staranja (zmrzovanje- tajanje).

Drug način staranja je mehanska obraba; za preveritev mehanske odpornosti fotokatalitskih prevlek smo uporabili metodo z rotirajočo krtačo s trdimi ščetinami (slika v prilogi), kateri lahko reguliramo hitrost vrtenja od 0 do 100%. Vzorce smo ščetkali pri različnih časih, 30 min in 1h, s 50% hitrostjo vrtenja (kar pomeni 500 obratov/minuto). Ščetkanje smo izvajali v posodi z vodo, saj smo s tem zagotovili, da se je odstranjen nanos izpiral. V primeru ščetkanja v suhem se je pri daljših časih izpostavljenosti ščetkanju nanos še dodatno utrjeval in rezultati so kazali večjo učinkovitost vzorcev kot pri vzorcih s krajšim časom ščetkanja. Merjenja fotokatalitske aktivnosti samočistilne keramične ploščice iz pilotne proizvodnje (pol-industrijski poskus, opisan zgoraj) pred

in po mehanski obrabi (ščetkanje 1 uro) so dala naslednje ugotovitve: (i) po novi metodi s fluorescenčno detekcijo je aktivnost padla na približno četrtno, vendar je bila še vedno večja od netretiranih komercialnih proizvodov, (ii) po metodi spremljanja razpada modelnih plinskih organskih snovi v zaprtem reaktorskem sistemu s pomočjo FTIR je bila hitrost nastajanja acetona pred mehansko obrabo 3,1 ppm/h, po obrabi pa 1,6 ppm/h, kar je primerljivo s komercialnimi proizvodi.

Zaključimo torej lahko, da smo pripravili vrsto novih fotokatalitskih prevlek, ki izkazujejo samočistilno in antibakterijsko učinkovitost, razvili več fotoreaktorskih sistemov za določanje učinkovitosti pripravljenim vzorcem in tudi preverili trajnost nekaterih prevlek. Opravili smo tudi pol-industrijsko proizvodnjo keramičnih ploščic, prevlečenih z izbrano popolnoma prozorno tanko plastjo fotokatalitskega materiala. S tem smo dokazali, da je prenos tehnologije iz laboratorija v proizvodnjo možen in da smo v okviru projekta razvili nov proizvod v pravem pomenu besede.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Stopnja realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev projekta je popolna, predvsem če vzamemo v obzir dejstvo, da je bil projekt prijavljen kot večji projekt, pridobljen pa kot manjši projekt s sredstvi, skrčenimi na polovico.

Realizirali smo vse naslednje naloge, navedene v tabeli pri prijavi projekta:

Sinteza novih fotokatalitskih prevlek

- Sol-gel procesiranje iz alkoksidnih prekurzorjev (Ti-, Si-, Zr-alkoksidi, ormosili)
- Sol-gel procesiranje iz anorganskih prekurzorjev (TiCl_4)
- Nanos na steklene in keramične podlage
- Sinteza nanokompozitov TiO_2 z mezoporoznim nosilcem (odločili smo se raje za mezoporozni kot za zeolitni nosilec, ker ima prvi večje pore in s tem večjo možnost uspešne inkorporacije TiO_2)
- Imobilizacija nanodelcev TiO_2 na mezoporoznih nosilcih v obliki prahov in tankih plasti, ki vodi do povečane adsorpcije in fotokatalitske razgradnje hlapne organske snovi
- Strukturna karakterizacija novih materialov (XRD, EDAX, UV-VIS, FT-IR in Ramanska spektroskopija, termična analiza, XPS, EXAFS)
- Površinska karakterizacija novih materialov (BET, SEM, kontaktni kot)
- Testi fotokatalitske aktivnosti in trajnosti
- Izbor najprimernejšega fotokatalitskega materiala (tega smo uporabili v pilotni proizvodnji v industriji Martex)
- Aplikacija fotokatalitske plasti na površino keramične ploščice

Razvoj plinskih reaktorjev

- Modifikacija obstoječega reaktorja za uporabo v plinski fazi
- Načrt in izdelava reaktorja za *in situ* analizo razgradnje hlapnih organskih snovi (neposredna povezava na GC-MS)
- Analiza s kromatografskimi tehnikami
- Izdelava zaprtega reaktorskega sistema s povezavo na FT-IR spektrometer za *in-situ* analize

Določanje samočistilnih, antibakterijskih in vzdržljivostnih lastnosti

- Samočistilni testi na svežih, staranih, kontaminiranih s trdno plastjo modelnega onesnažila in obsevanih površinah
- Analiza hidrofilnosti in hitrosti razgradnje z meritvami kontaktnih kotov
- FT-IR analiza strukturnih sprememb med fotokatalitskim procesom razgradnje maščobne spojine
- Antibakterijski testi z neposrednim določanjem bakterijske rasti
- Antibakterijski testi s posrednim določanjem bakterijske viabilnosti
- Testi pospešenega staranja (zmrzovanje-tajanje)
- Ostali testi ploščic (odpornost na mehansko obrabo)

Nismo realizirali le postavke 2.4. (Analiza s kemiluminescenca) v prijavi tabeli pod sklopom Razvoj plinskih reaktorjev, ki pa ni bila bistvenega pomena za realizacijo ciljev projekta.

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

Ni bilo bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta. Tudi ni prišlo do povečanja ali

zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Nizkotemperaturna sinteza in karakterizacija TiO ₂ in TiO ₂ -ZrO ₂ fotokatalitsko aktivnih tankih plasti
		ANG	Low-temperature synthesis and characterization of TiO ₂ and TiO ₂ -ZrO ₂ photocatalytically active thin films
	Opis	SLO	Modifikacija titanovega oksida s cirkonovim vpliva na specifično površino, velikost anataznih kristalitov in naravno hidrofilnost pripravljenih sol-gel plasti, vendar na fotokatalitično učinkovitost nima znatnega pozitivnega efekta. Amorfní ZrO ₂ z vsebnostjo 10% glede na TiO ₂ je homogeno razporejen vzdolž debeline plasti. Tanke plasti, pripravljene pri nizkih temperaturah, so pokazale izjemno aktivnost pri razgradnji vodne raztopine azo barvila, kajti zadostna kristaliničnost se je razvila že v fazi priprave sola.
		ANG	The modification of titania with zirconia has been found to influence the specific surface area, anatase crystallite sizes and natural hydrophilicity of the sol-gel films, but on photocatalytic activity it did not have a significant positive effect. ZrO ₂ (10% with respect to TiO ₂) was found to be homogeneously distributed along the film thickness, presumably in its amorphous modification. The films treated at low temperatures were found to have superior efficiency towards degradation of an azo dye aqueous solution since sufficient crystallinity was developed already during the sol formation.
	Objavljeno v		MAVER, K., LAVRENČIČ ŠTANGAR, U., ČERNIGOJ, U., GROSS, S., CERC KOROŠEC R.. Low-temperature synthesis and characterization of TiO ₂ and TiO ₂ -ZrO ₂ photocatalytically active thin films. Photochem. Photobiol. Sci., 2009, 8, 657-662, JCR IF (2009): 2.708
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		1104123
2.	Naslov	SLO	Vpliv raztopljenega ozona ali železovih(III) ionov na fotorazgradnjo tiakloprida v prisotnosti različnih TiO ₂ katalizatorjev
		ANG	Effect of dissolved ozone or ferric ions on photodegradation of thiacloprid in presence of different TiO ₂ catalysts
	Opis	SLO	Kombinacija TiO ₂ fotokatalize z anorganskimi oksidanti (kot sta O ₃ in H ₂ O ₂) ali ioni prehodnih kovin pogosto vodi do sinergije. V tem članku smo poročali o rezultatih preučevanja razpada tiakloprida, modernega neonikotoidnega insekticida, tokrat z uporabo različnih naprednih oksidacijskih metod in TiO ₂ fotokatalizatorjev. Z eksperimenti fotokatalitske ozonacije smo kvantificirali sinergijski učinek na modelu treh različnih TiO ₂ fotokatalizatorjev. V nasprotju z ozonacijo pa nismo opazili nobene sinergije pri fotokatalitski razgradnji tiakloprida v prisotnosti raztopljenih Fe(III) ionov.
		ANG	Combining TiO ₂ photocatalysis with inorganic oxidants (such as O ₃ and H ₂ O ₂) or transition metal ions often leads to a synergy. In this work we studied the disappearance of thiacloprid, a modern neonicotinoid insecticide, applying various advanced oxidation processes and TiO ₂ photocatalysts. In photocatalytic ozonation experiments, synergic effect of three different TiO ₂ photocatalysts was quantified. On the contrary, no synergy was observed in photocatalytic degradation of thiacloprid in the presence of dissolved iron(III) species.
	Objavljeno v		ČERNIGOJ, U., LAVRENČIČ ŠTANGAR, U., JIRKOVSKY, J.. Effect of dissolved ozone or ferric ions on photodegradation of thiacloprid in presence of different TiO ₂ catalysts. J. Hazard. Mater., 2010, 177, 399-406, JCR IF (2009): 4.144
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		1422587
3.	Naslov	SLO	Razvoj na fluorescenci osnovane metode za ovrednotenje samočistilnih lastnosti fotokatalitskih plasti
		ANG	Development of a fluorescence-based method for evaluation of self-cleaning properties of photocatalytic layers

	Opis	SLO	Nova metoda ovrednotenja samočistilne aktivnosti premazov in prevlek, opisana v tem članku, temelji na občutljivi fluorescenčni detekciji oksidacijskega produkta tereftalne kisline, ki jo v trdni prozorni plasti nanesemo na preiskovano samočistilno površino. Homogeno prozorno plast dosežemo z inkorporacijo v celulozni polimer, ki prepreči agregacijo tereftalne kisline. Metoda predstavlja korak naprej med testi fotokatalitske oz. samočistilne aktivnosti zaradi več svojih ugodnih značilnosti, med katerimi velja omeniti, da gre za kvantitativno in neposredno sledenje fotokatalitski oksidaciji.
		ANG	The new method described herein is based on the homogeneous entrapment of terephthalic acid (TPA) in the polymer host to form a transparent thin solid layer over photocatalyst surface and on highly sensitive fluorescence detection of the one of TPA oxidation products. This method represents a step forward due to several desirable characteristics for the self-cleaning tests: it comprises solid-solid interface, slow oxidation process can be traced in a short time scale, it is quantitative and direct method to follow photocatalytic oxidation process, the TPA layer itself is photostable.
	Objavljeno v		ČERNIGOJ, U., KETE, M., LAVRENČIČ ŠTANGAR, U.. Development of a fluorescence-based method for evaluation of self-cleaning properties of photocatalytic layers. Catal. Today, 2010, 151, 46-52. JCR IF (2009): 3.526
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		1466619
4.	Naslov	SLO	Mezoporozni prahovi silike z vsebnostjo TiO ₂ - Strukturne lastnosti in fotokatalitska aktivnost pri razgradnji izo-propanola
		ANG	Titania-containing mesoporous silica powders: structural properties and photocatalytic activity towards isopropanol degradation
	Opis	SLO	S sol-gel impregnacijsko tehniko smo sintetizirali urejene in neurejene mezoporozne strukture silike in jih uporabili kot podlago za vgrajevanje TiO ₂ v različnih razmerjih Ti/Si. Za določevanje kemijske zgradbe in morfologije prahov smo uporabili različne karakterizacijske metode. Vzorce smo testirali na fotokatalitsko aktivnost pri razgradnji izopropanola v plinski fazi in tako preverili potencialno aplikacijo teh materialov za čiščenje zraka. Adsorpcijska kapaciteta in fotokatalitska aktivnost tako pripravljenih materialov sta odvisni od vira TiO ₂ , Ti/Si molskega razmerja in SiO ₂ podlage.
		ANG	Ordered and disordered mesoporous silica supports were synthesized and used for incorporation of titania with different Ti/Si molar ratios via sol-gel impregnation method. Different characterization has been carried out to investigate the chemical framework and morphology. The photocatalytic degradation of isopropanol in gaseous medium was selected as a probe reaction to test activity of powders and to verify their potential application for air remediation. It was found that TiO ₂ source, Ti/Si molar ratio and type of SiO ₂ support influenced the adsorption capacity and photocatalytic activity.
	Objavljeno v		TASBIHI, M., LAVRENČIČ ŠTANGAR, U., SEVER ŠKAPIN, A., RISTIČ, A., KAUCIČ, V., NOVAK TUŠAR, N.. Titania-containing mesoporous silica powders : structural properties and photocatalytic activity towards isopropanol degradation. J. photochem. photobiol., A Chem., 2010, 216, 167-178. JCR IF (2009): 2,553
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		1545211
5.	Naslov	SLO	Fotokatalitska oksidacija plinastega toluena na TiO ₂ /mezoporozni SiO ₂ prahovih
		ANG	Photocatalytic oxidation of gaseous toluene on titania/mesoporous silica powders in a fluidized-bed reactor
	Opis	SLO	Preučevali smo vpliv Ti/Si molskega razmerja in mezoporozne silikatne strukture na adsorpcijo in fotokatalitsko razgradnjo toluena v plinskem reaktorskem sistemu, ki smo ga sami zgradili. Adsorpcijska zmogljivost vzorca je padala z večanjem Ti/Si molskega razmerja. Fotokatalitska razgradnja pa je potekala hitreje pri Ti/Si molskem razmerju 1/1 v primerjavi z razmerji 1/2 in 2/1. V splošnem smo dosegli bistveno izboljšanje fotokatalitske aktivnosti z uporabo TiO ₂ na SiO ₂ nosilcu glede na sam TiO ₂ prah. Izboljšanje smo pripisali zmanjšani agregaciji TiO ₂ nanodelcev v mezoporah nosilca.

		ANG	The effects of Ti/Si molar ratio and of the mesoporous silica structure were investigated measuring adsorption capacity and photocatalytic degradation of toluene in self-constructed gas reactor system. The adsorption capacity was decreasing as a function of the increasing Ti/Si molar ratio. However, the photocatalytic degradation proceeded faster for the Ti/Si molar ratio 1/1 compared to ratios 1/2 and 2/1. In general, the photocatalytic activity was considerably improved by using supported titania-silica catalyst with regard to an unsupported titania powder prepared from the same titania sol.
	Objavljeno v		TASBIHI, M., LAVRENCIČ STANGAR, U., ČERNIGOJ, U., JIRKOVSKÝ, J., BAKARDIJEVA, S., NOVAK TUŠAR, N.. Photocatalytic oxidation of gaseous toluene on titania/mesoporous silica powders in a fluidized-bed reactor. Catal. Today, 2011, 161, 181-188. JCR IF (2009): 3.526
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		1544955

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Nagrada za poster na mednarodni konferenci HOT NANO TOPIC 08 z naslovom: Photocatalytic undoped and doped nanotitania for building applications
		ANG	The prize for poster at international conference HOT NANO TOPIC 08 entitled: Photocatalytic undoped and doped nanotitania for building applications
	Opis	SLO	Sintetizirali smo termično stabilne (do 1050oC) in visoko fotokatalitično (samočistilno) učinkovite nanodelce anataza. Dodajali smo različne dopante z namenom doseči čimvečjo termično stabilnost. Dopirane in nedopirane nanodelce smo uporabili pri pripravi učinkovitih premazov za različne gradbene površine. Uvedli smo kvali in kvantitativne metode za določevanje fotokatalitične aktivnosti; poročali smo o novo razviti metodi - spremljanju razpada izbranih organskih snovi v plinskem mediju s pomočjo FTIR.
		ANG	We have synthesized thermally stable (up to 1050oC) and highly photocatalytically (self-cleaning) efficient nanoparticles of anatase. Various dopants have been incorporated into the anatase in order to increase its thermal stability. The doped and undoped nanopowders were used in preparation of effective layers for some building applications. Qualitative and quantitative methods for determination of photocatalytic activity have been established; we also reported on the newly developed method: monitoring the degradation of selected model organic compound in gas medium by FTIR.
	Šifra		E.02 Mednarodne nagrade
	Objavljeno v		http://www.zag.si/si/index.php?nav0=home&nav1=novice&id=71 / ŠKRLEP, L., SEVER ŠKAPIN, A., DUCMAN, V., BERNARD, J., ŠKAPIN, S. D.. Photocatalytic undoped and doped nanotitania for building applications. V: MIHAJLOVIČ, D. (ur.), KOBÉ, S. (ur.), REMŠKAR, M. (ur.), JAMNIK, J. (ur.), ČOPIČ, M. (ur.), DROBNE, D. (ur.). Hot nano topics 2008 : incorporating SLONANO 2008, 23-30 May, Portorož, Slovenia : abstract book. Ljubljana, 2008, str. 258.
	Tipologija		1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
	COBISS.SI-ID		21816103
2.	Naslov	SLO	Priprava TiO ₂ /SiO ₂ solov in njihova uporaba za nanos samočistilnih in protizarositvenih prevlek
		ANG	Preparation of TiO ₂ /SiO ₂ sols and use thereof for deposition of self-cleaning and anti-fogging coatings
	Opis	SLO	Mednarodna patentna prijava je izšla iz slovenskega patenta z istim naslovom, ki opisuje nov izdelek, to je TiO ₂ -SiO ₂ vodni sol z dodatki organskih topil za nanos optično kvalitetnih in fotokatalitsko učinkovitih prevlek, ki se utrjuje pri sobni temperaturi in naravni izpostavitvi soncu. Prevleke vsebujejo fotoaktivne nanodelce anatasa, silika služi za doseganje boljše hidrofilnosti in mehanskih lastnosti. Prevleke odlikujejo nezahtevna priprava in nanos brez termičnega utrjevanja, dobro razmerje med mehansko trdnostjo in samočistilno učinkovitostjo ter visoka prepustnost za svetlobo.

		ANG	This international patent application was derived from the Slovene patent describing a new product, i.e. TiO ₂ -SiO ₂ aqueous-based sol for deposition of transparent photocatalytic coatings that strengthen already at room temperature and under natural sunny conditions. The films are composed of photoactive anatase nanoparticles, while silica serves to attain better hydrophilicity and mechanical properties. The coatings are characterized by simple preparation and deposition, a good proportion between mechanical firmness and self-cleaning effect, and a high optical transmittance in the visible.
	Šifra		F.32 Mednarodni patent
	Objavljeno v		ČERNIGOJ, U., LAVRENČIČ ŠTANGAR, U.. Preparation of TiO ₂ /SiO ₂ sols and use thereof for deposition of self-cleaning anti-fogging coatings : international application number PCT/SI2009/000052 : international publication number WO 2010/053459 A1. Munich: European Patent Office, 2009. 4 f.
	Tipologija		2.23 Patentna prijava
	COBISS.SI-ID		1466875
3.	Naslov	SLO	Testiranje fotokatalitske aktivnosti samočistilnih površin
		ANG	Testing of photocatalytic activity of self-cleaning surfaces
	Opis	SLO	U. L. Štangar je bila s strani organizatorja konference »12th International Ceramics Congress (CIMTEC 2010)« povabljen, da v simpoziju "Science and Technology for Silicate Ceramics" sodeluje z vabljenim predavanjem na temo testiranja učinkovitosti samočistilnih površin. Namen predavanja je bil podati kratek pregled obstoječih testnih metod za fotokatalitske samočistilne površine in predstaviti novo metodo na osnovi fluorescenčne detekcije, ki smo jo razvili v naši skupini. V skladu s tematiko kongresa je bilo predavanje osredotočeno na fotokatalitske plasti, nanešene na keramične podlage.
		ANG	U. L. Štangar was invited from the chair of the conference »12th International Ceramics Congress (CIMTEC 2010)« to give a talk in the frame of symposium "Science and Technology for Silicate Ceramics" on efficiency testing of self-cleaning surfaces. The aim was to give a short overview of the available current testing methods for photocatalytic self-cleaning surfaces and to present a new method based on fluorescence detection, which was developed by our group. In accordance with the conference subject, focus in the presentation was given to the thin photocatalytic films on ceramic substrates.
	Šifra		B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v		LAVRENČIČ ŠTANGAR, U., KETE, M., ČERNIGOJ, U., DUCMAN, V.. Testing of photocatalytic activity of self-cleaning surfaces. V: VINCENZINI, P. (ur.), DONDI, M. (ur.). Proceedings of the 12th International Ceramics Congress, CIMTEC 2010, and 5th Forum on New Materials, Montecatini Terme, Italy, June 6-11, 2010. Part G, Symposium CJ, Science and Technology for Silicate Ceramics, (Advances in Science and Technology, vol. 68). Stäfa: Trans Tech Publications, 2010, str. 126-134.
	Tipologija		1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
	COBISS.SI-ID		1599739
4.	Naslov	SLO	Postopek priprave obstojnih plasti titanovega dioksida na kovinskih nosilcih za namene fotokatalitskega čiščenja
		ANG	Preparation procedure of durable titania layers on metallic supports for photocatalytic cleaning applications
	Opis	SLO	Razvili smo postopek priprave obstojnih plasti titanovega dioksida na kovinskih nosilcih za uporabo v vodnem in tudi plinastem mediju. Postopek temelji na zaščiti kovinske površine s SiO ₂ prevleko in nato nanosu fotokatalitske prevleke iz t.im. sol-suspenzije, kjer je visokoaktivni prah TiO ₂ suspendiran v vezivu, sestavljenem iz koloidnega in hidroliziranega SiO ₂ in dodatno tudi hidrolizata TiO ₂ . Pri tej inovativni sintezi novih učinkovitih fotokatalizatorjev za čiščenje vode zadošča nizkotemperaturna termična obdelava nastalih plasti (pod 200°C).
			We developed preparation procedure of durable titania coatings on metal substrates, mainly intended for use in aqueous media. It is based first on protection of metal surface with SiO ₂ coating and second on deposition of photocatalytic coating from a so-called sol-suspension, where a highly active

		ANG	TiO ₂ powder is suspended in a binder composed of colloidal and hydrolyzed SiO ₂ and additionally also hydrolyzed TiO ₂ . In this innovative synthetic approach, low-temperature thermal treatment of the derived coatings is sufficient (under 200°C).
	Šifra		F.33 Patent v Sloveniji
	Objavljeno v		ŠULIGOJ, A., ČERNIGOJ, U., LAVRENČIČ ŠTANGAR, U.. Postopek priprave obstojnih plasti titanovega dioksida na kovinskih nosilcih za namene fotokatalitskega čiščenja : patentna prijava : št. prijave P-201000432 : datum vložitve prijave 8. 12. 2010. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2010.
	Tipologija		2.23 Patentna prijava
	COBISS.SI-ID		1756411
5.	Naslov	SLO	Nizkotemperaturna sinteza, karakterizacija in uporaba TiO ₂ in TiO ₂ /SiO ₂ prahov pri fotorazgradnji hlapnih organskih snovi (doktorat M. Tasbihi)
		ANG	Low-temperature synthesis, characterization and application of TiO ₂ and TiO ₂ /SiO ₂ powders in photodegradation of VOCs (dissertation M. Tasbihi)
	Opis	SLO	Mino Tasbihi, članica projektne skupine, je lani uspešno dokončala svoje doktorsko delo pod mentorstvom U. L. Štangar. Sintetizirala je več vrst praškastih katalizatorjev na osnovi TiO ₂ , pri čemer je njegovo temno adsorpcijo in fotokatalitsko aktivnost pri razgradnji plinastih onesnažil povečala z vgradnjo v mezoporozno siliko. Aktivnost je določevala v in situ plinskem fotoreaktorju, ki ga je v ta namen zgradila in optimizirala. Predstavlja veliko pridobitev za laboratorij in se še naprej intenzivno uporablja pri raziskovalnem delu in delu s študenti (diplomske naloge, skupinski projekti).
		ANG	Mino Tasbihi, member of the project team, successfully accomplished her PhD work in 2010 under the supervision of U. L. Štangar. She has synthesized a variety of powder catalysts based on TiO ₂ , whereby its dark adsorption and photocatalytic activity towards degradation of gaseous pollutants were increased by incorporation into mesoporous silica. Activities were determined by using in situ gas photoreactor, which she constructed and optimized. It represents a big achievement for the laboratory and is continuously used in research work and work with students (BSc degree theses, group projects).
	Šifra		D.09 Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v		TASBIHI, M.. Low-temperature synthesis, characterization and application of TiO ₂ and TiO ₂ /SiO ₂ powders in photodegradation of VOCs : dissertation. Nova Gorica: [M. Tasbihi], 2010. XIII, 145 str., ilustr. http://www.ung.si/~vanesa/doktorati/okolje/17Tasbihi.pdf
	Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID		1736955

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Sodelovanje štirih mednarodno povezanih raziskovalnih organizacij, Univerze v Novi Gorici, Zavoda za gradbeništvo Slovenije, Kemijskega inštituta in Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani, ter podjetja Martex d.o.o. kot neposrednega uporabnika rezultatov projekta je dobra podlaga za doseganje rezultatov, ki nedvomno prispevajo k razvoju znanosti na področjih sinteze izboljšanih fotokatalitskih prevlek predvsem za keramične podlage (tu je pomembno razumevanje strukturnih lastnosti tankih plasti, ki vodijo k boljšim funkcionalnim lastnostim) in ustreznih, zanesljivih testnih metod merjenja učinkovitosti fotokatalitskih materialov. Testne metode razvijamo v soglasju z razvojem standardov v Evropi, tako da lahko domače in tuje fotokatalitske izdelke pravilno ovrednotimo. Poleg tega vpeljujemo nove lastne metode vrednotenja učinkovitosti, ki imajo določene prednosti pred

standardnimi. Le-te skupaj z novo pripravljenimi materiali promoviramo v znanstvenih objavah v uglednih revijah in z referati na mednarodnih znanstvenih konferencah.

ANG

Cooperation of four internationally recognized research organisations, University of Nova Gorica, Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, National Institute of Chemistry, Faculty of Chemistry and Chemical Technology of University of Ljubljana, and Martex d.o.o. company as the end-user of the project results represents a solid basis to achieve significant results, which contribute to the development of science related to synthesis of improved photocatalytic coatings, especially for ceramic substrates (here an understanding of structure/property relationship is of a key importance), and in the field of relevant, reliable testing methods for measuring efficiency of the photocatalytic materials. We develop the testing methods in accordance with the development of standards in Europe, so we are able to evaluate various photocatalytic products in a right way, which is not at all a trivial task. In addition to follow the development of standard methods abroad, we are introducing some new own methods for efficiency evaluations, which have certain advantages over the standard ones. We promote them together with new materials by means of scientific publications in renown journals and contributions at international conferences in the field of photocatalysis.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

V Martexovo pilotno proizvodnjo smo vpeljali nov napredni tehnološki izdelek, s katerim bi lahko sofinancer in končni uporabnik podjetje Martex d.o.o. v primeru razširitve proizvodnega procesa obdržal oz. povečal svojo konkurenčno prednost na trgu. V Sloveniji namreč še ni proizvajalca samočistilnih ploščic, čeprav povpraševanje že obstaja. Poleg tega smo v razvoj samočistilnih nanosov vključili tudi Cinkarno Celje d.d., vodilnega proizvajalca titanovega dioksida v Sloveniji. V našem procesu priprave koloidne raztopine za nanašanje smo namreč uporabili Cinkarnino surovino, to je suspenzijo anataznih delcev TiO₂. Iz nje smo pripravili dve vrsti izdelkov, samočistilna stekla in keramične ploščice.

Samočistilni nanosi načeloma ohranjajo estetsko neoporečnost izdelka skozi daljše časovno obdobje, zmanjšujejo potrebo po vzdrževanju in imajo tudi sposobnost razgradnje nekaterih motečih snovi v okolici. To so lastnosti, ki ob današnji ekološki osveščenosti kupcev lahko predstavljajo ključno konkurenčno prednost na tržišču in zagotavljajo enemu ali drugemu slovenskemu proizvajalcu tudi lažje plasiranje na tuja tržišča. Posredni pomen rezultatov projekta za Slovenijo je razvoj vrhunskih strokovnjakov s področja fotokatalize, ki svoja znanja prenašajo na znanstveno in strokovno javnost prek publikacij, še na druge industrijske veje in v pedagoško prakso.

ANG

A new advanced product was introduced in Martex pilot production, with which the end-user Martex d.o.o., in case of broadening its production process, could keep or even increase its position on the market. Namely, in Slovenia we haven't got a producer of self-cleaning ceramic tiles yet, although an interest already exists. Additionally, we have included in the development of self-cleaning surfaces also Cinkarna Celje d.d., the leading producer of titanium dioxide in Slovenia. Namely, we have used their raw material, suspension of anatase TiO₂ particles, as a starting material in our processing route of a coating solution. We have made from it two types of products, self-cleaning glass and ceramic tile.

Self-cleaning coatings in general keep the aesthetic properties of the substrate for a longer time, they reduce the need for maintaining and they have also ability to degrade some unwanted compounds in the surroundings. These are the values, which may nowadays represent a better position on the market and assure one or another Slovene producer also an easier placement on foreign markets. Indirect impact of the project results for Slovenia is an increase of experts from the photocatalysis field, who transfer their knowledge to the scientific community, industry and education.

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	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.05	Spodobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
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	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
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	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
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
	Uporaba rezultatov	Delno
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	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
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/varovanje 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	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
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

Nov izdelek (serija samočistilnih keramičnih ploščic) smo naredili v laboratoriju, eno vrsto izdelka pa tudi prenesli v poskusno polindustrijsko proizvodnjo k sofinancerju. Da bi se izdelek res začel izdelovati v proizvodnji, bi bilo potrebno razširiti proizvodni proces in s tem tudi precej investirati. Poleg novega izdelka smo vzpostavili več testnih metod za razne fotokatalitske produkte, ki jih bomo zagotovo veliko uporabljali še v prihodnosti za testiranja fotokatalitske oz. samočistilne učinkovitosti novih izdelkov, ki prihajajo na tržišče.

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	MARTEX d.o.o.	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		15.719,00
			EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		9,60
			%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Razvoj novega izdelka - samočistilna keramična ploščica	F.06
	2.	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso (pilotna proizvodnja samočistilnih keramičnih ploščic na podlagi razvitih postopkov in optimizirane sinteze v laboratoriju)	F.17
	3.	Razvoj standardov - razvoj standardnih testnih metod za ovrednotenje samočistilne in fotokatalitske učinkovitosti novih proizvodov na trgu	F.31
	4.		
	5.		
	Komentar	Martex d.o.o. ni mogel sofinancirati večjega deleža projekta zaradi nesolventnosti v zadnjih dveh letih, tako da je bila zahteva po 25% deležu sofinanciranja izpolnjena le za leto 2008.	
	Ocena	Pomen rezultatov projekta je v optimizaciji preparata za nanos prevlek in prvih tovarniških poskusov nanosa le-tega na keramične ploščice. Potencialni učinek se kaže v možnosti proizvodnje novega izdelka – samočistilne ploščice.	
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:

Urška Lavrenčič Štangar	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Nova Gorica

22.4.2011

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/196

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

3E-0B-65-76-2F-C7-4F-D3-88-F9-E0-28-47-15-B4-62-29-CD-C5-00