

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/248



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L1-4290
Naslov projekta	Razvoj naprednega TiO ₂ /SiO ₂ fotokatalizatorja za čiščenje zraka notranjih prostorov
Vodja projekta	13399 Nataša Novak Tušar
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	7560
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	104 Kemijski inštitut
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	276 Cinkarna, metalurško-kemična industrija, d.d. 1540 Univerza v Novi Gorici
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.04 Kemija 1.04.03 Anorganska kemija
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1 Naravoslovne vede 1.04 Kemija

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Lahkohlapne organske spojine so eden največjih onesnaževalcev zraka notranjih prostorov. Napredni oksidacijski proces kot je fotokatalitska oksidacija je obetajoča tehnologija za čiščenje zraka, ker lahko organske onesnaževalce popolnoma razgradi. Fotokatalitska oksidacija lahkohlapnih organskih spojin s TiO₂ je cenovno ugodna tehnologija. TiO₂ je najboljša izbira med fotokatalizatorji zaradi njegovih zanimivih lastnosti kot so: nizka cena, varnost, stabilnost, visoka

fotokatalitska aktivnost, delovanje pri sobni temperaturi, razgradi večino organskih onesnaževal. Učinkovitost čistilcev zraka notranjih prostorov se na različne načine stalno izboljšuje. Eden od načinov so vgradni TiO₂ fotokatalitski filtri. Tržna analiza je pokazala, da imata samo dva med štirinajstimi proizvajalci čistilcev zraka, ki so trenutno prisotni na slovenskem trgu, vgrajena filtra na osnovi TiO₂ fotokatalize.

Problem je nizka učinkovitost vgradnih filtrov na osnovi TiO₂ fotokatalize pri višjih koncentracijah lahkih organskih snovi v zraku zaradi nizke specifične površine TiO₂ fotokatalizatorja (od 50 do 200 m²/g). Rešitev je imobilizacija aktivnih TiO₂ nanodelcev na porozne SiO₂ strukture z veliko specifično površino (> 200 m²) in priprava kompozitnih TiO₂/SiO₂ fotokatalizatorjev.

CINKARNA, največji proizvajalec TiO₂ v Sloveniji, ki je doslej največji tržni delež dosegla s prodajo pigmentnega TiO₂, želi z svojim novim izdelkom fotokatalitsko aktivnim TiO₂ obdržati oziroma povečati svojo konkurenčno prednost na trgu. V okviru projekta smo pokazali, da je novi produkt CINKARNE izredno primeren za napredne TiO₂/SiO₂ vgradne filtre za čistilce zraka katerih oblikovanje je končni cilj tega projekta. Glavni cilji projekta so bili naslednji: 1) razvoj TiO₂/SiO₂ fotokatalizatorja z veliko specifično površino in visoko fotokatalitsko učinkovitostjo z uporabo TiO₂ produkta iz CINKARNE in poroznega SiO₂, 2) razvoj izbrane TiO₂/SiO₂ fotokatalitske prevleke na ustreznem nosilcu, 3) načrt pilotne proizvodnje naprednega TiO₂/SiO₂ fotokatalitskega vgradnega filtra za čistilec zraka.

Vse cilje smo v okviru projekta dosegli.

ANG

Volatile organic compounds (VOCs) are the major pollutants in indoor air. Advanced oxidation process such as photocatalytic oxidation is a promising technology for air purification because the pollutants can be completely decomposed. Photocatalytic oxidation of VOCs by TiO₂ is a cost-effective technology. TiO₂ remains superior material to other photocatalysts due to its interesting characteristics: low cost, safe, very stable, shows high photocatalytic activity, it can promote ambient temperature oxidation of the major class of indoor air pollutants. The efficiency of air purifiers for indoor air is improving nowadays in several ways. One of these ways is built-in TiO₂ photocatalytic filters. The market analysis showed that among fourteen producers of air cleaning devices for indoor air present on the Slovenian market, there are only two producers with cleaning devices that contain built-in TiO₂ photocatalytic filters.

The problem is low efficiency of built-in TiO₂ photocatalytic filters towards higher concentration of VOC because of the small specific area of the photocatalyst TiO₂ (from 50 to 200 m²/g). This can be solved by immobilization of active TiO₂ nanoparticles on the porous SiO₂ support with high specific surface area (> 200 m²) and the preparation of the composite photocatalyst TiO₂/SiO₂.

CINKARNA company, the major TiO₂ producer in Slovenia, whose the most important product to date was TiO₂ pigment, intends to hold and increase its good position on the market also with the help of the new photocatalytically active TiO₂ product. In the frame of the project we showed that is the new product from CINKARNA very suitable component for advanced TiO₂/SiO₂ built-in filters for air-cleaning devices. Therefore three main objectives were followed within the project: 1) development of TiO₂/SiO₂ photocatalyst with high surface area and efficient catalytic effect using TiO₂ product from CINKARNA and porous SiO₂, 2) development of selected TiO₂/SiO₂ photocatalytic coating on suitable carrier, 3) the plan of the pilot plant scale production of the advanced TiO₂/SiO₂ photocatalytic built-in filter for air cleaning device.

All goals were achieved within the project.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

V prvi fazi projekta smo se osredotočili na optimizacijo priprave naslednjih TiO₂/SiO₂ kompozitnih prahov:

a) nedavno razvitega nizko temperaturnega solgel postopka priprave

fotoaktivnih TiO₂/SiO₂ kompozitov z amorfnim SiO₂,
b) nedavno razvitega nizko temperaturnega solgel postopka priprave fotoaktivnih TiO₂/SiO₂ kompozitov s poroznim SiO₂ (mezoporozni urejeni silikat SBA15 sintetiziran po postopku iz literature, mezoporozni neurejeni silikat KIL2, sintetiziran po postopku razvitem na Kemijkem inštitutu),
c) TiO₂/SiO₂ kompozitne katalizatorje iz komercialnih visoko aktivnih TiO₂ prahov, ki smo jih suspendirali v vezivnem solu, narejenem po solgel postopku iz silicijevih in titanovih alkoksidnih prekurzorjev.
Sledila je optimizacija TiO₂/SiO₂ kompozitnih tankih plasti (prevlek) na aluminijastem nosilcu z uporabo metode potapljanja. Optimizacija TiO₂/SiO₂ kompozitnih prevlek je vključevala preučitev različnih parametrov sinteze kot so:
a) uporaba različnih solgel prekurzorjev,
b) čas segrevanja sola pri pogojih refluksa,
b) debelina nastale plasti,
c) izboljšanje fotokatalitske aktivnosti nizkotemperaturnih prevlek z dodatkom visoko aktivnega prahu, kot so Degussa P25 in Millennium PC500 v TiO₂/SiO₂ sol,
d) zastrupljanje katalizatorja,
e) termična obdelava različnih prevleke pri temperaturah do največ 200°C.
Strukturno karakterizacijo pripravljenih TiO₂/SiO₂ kompozitov v obliki prahov smo izvedli z uporabo rentgenske praškovne difrakcije (XRD), vrstične in transmisijske elektronske mikroskopije (SEM, TEM), elementne analize (EDAX) in dušikovih adsorpcijskih izoterm.
Strukturno karakterizacijo pripravljenih TiO₂/SiO₂ kompozitov v obliki tankih plasti smo izvedli z uporabo UVVIS spektroskopije.
Studije učinkovitosti razgradnje lahkohlapnih organskih snovi smo izvajali z modelno spojino toluenom v plinskem fotoreaktorskem sistemu, ki smo ga v letu 2012 priredili še za raziskave katalizatorjev v obliki tankih plasti na aluminijevih nosilnih ploščicah. Kompozitni TiO₂/SiO₂ katalizator je pokazal izboljšane fotokatalitske lastnosti v primerjavi s čistim fotoaktivnim TiO₂, kar je neposredna posledica homogene nanostrukturne površine pri vzorcih z SiO₂. Tu je bila dosežena tudi večja adsorpcija toluena kot modelnega onesnaževala v preučevani zračni zmesi. Zelo dobra fotokatalitska učinkovitost, dosežena z imobiliziranim TiO₂/SiO₂ kompozitnim katalizatorjem na aluminijevih ploščicah je bila še posebej spodbudna, saj je takšna konfiguracija predstavljala korak bliže k ciljni uporabi v čistilcih zraka. Strukturiran nosilni SiO₂, tako z urejeno kot neurejeno porozno strukturo, je pozitivno vplival na svetlobno vzbujeno katalitsko aktivnost tankih plasti.

V drugi fazi projekta smo se osredotočili na optimizacijo priprave naslednjih TiO₂/SiO₂ kompozitnih prahov:
a) TiO₂/SiO₂ kompozitne katalizatorje iz komercialnih visoko aktivnih TiO₂ koloidnih raztopin Cinkarne Celje (CCA 100 AS in CCA 100 BS) in poroznih SiO₂ (SBA15 in KIL2),
b) TiO₂/SiO₂ kompozitne katalizatorje iz komercialnih visoko aktivnih TiO₂ prahov drugih proizvajalcev (Degussa P25 in Millennium PC500) in poroznih SiO₂ (SBA15 in KIL2).
Strukturno karakterizacijo pripravljenih TiO₂/SiO₂ kompozitov v obliki

prahov smo izvedli z uporabo rentgenske praškovne difrakcije (XRD), vrstične in transmisijske elektronske mikroskopije (SEM, TEM), elementne analize (EDAX) in dušikovih adsorpcijskih izoterm. Strukturno karakterizacijo pripravljenih TiO₂/SiO₂ kompozitov v obliki tankih plasti smo izvedli z uporabo UVVIS spektroskopije. Studije učinkovitosti razgradnje lahkih organskih snovi smo izvajali z modelno spojino toluenom v plinskem fotoreaktorskem sistemu, ki smo ga v tem letu priredili še za raziskave katalizatorjev v obliki tankih plasti na steklenih nosilnih ploščicah. Kompozitni TiO₂/SiO₂ katalizator je pokazal izboljšane fotokatalitske lastnosti v primerjavi s čistim fotoaktivnim TiO₂, kar je neposredna posledica homogene nanostrukturne površine pri vzorcih z SiO₂. Tu je bila dosežena tudi večja adsorpcija toluena kot modelnega onesnaževala v preučevani zračni zmesi. Najvišja fotokatalitska učinkovitost tankih plasti kompozita TiO₂/SiO₂ na aluminijastih in steklenih ploščicah, sestavljenega iz enega od produktov Cinkarne Celje (CCA 100 AS) in poroznega SiO₂ SBA 15, je bila še posebej spodbudna (glej Izjemni znanstveni dosežek v letu 2012).

V tretji fazi projekta smo se najprej osredotočili na optimizacijo visoke učinkovitosti tankih plasti kompozita TiO₂/SiO₂ na aluminijastih in steklenih ploščicah, sestavljenega iz enega od TiO₂ produktov Cinkarne Celje (CCA 100 AS) in poroznega SiO₂ SBA15, ki se je v preteklem letu izkazal za najbolj vspodbudnega (glej izjemni znanstveni dosežek v letu 2012). Nato smo učinkovitost kompozita še izboljšali z zamenjavo SiO₂ SBA-15 z SiO₂ imenovanim 7C, pripravljenem po patentu Univerze v Novi Gorici WO 2010/053459 A1 (glej izjemni znanstveni dosežek v letu 2013). Raziskave so nato potekale v smeri razumevanja delovanja inovativnega produkta: karakterizacija le-tega med delovanjem s karakterizacijsko tehniko operando IR spektroskopijo v sodelovanju z Laboratorijem za katalizo in spektrometrijo LCS ENSICAEN, CNRS v Franciji (doktoranda Andraž Suligoja smo v omenjeni laboratorij poslali tudi na izpopolnjevanje). V nadaljevanju smo izdelali v sodelovanju z sofinancerjem CINKARNO pilotni vgradni filter za čistilce zraka notranjih prostorov na osnovi izbranega visoko učinkovitega TiO₂/SiO₂ fotokatalizatorja, ki bo razgrajeval organska onesnaževala v zraku:

1. Naredili smo natančno študijo stroškov za proizvodnjo TiO₂/SiO₂ fotokatalitskih prevlek na 1 m² površine: cena takšne fotokatalitske prevleke se giblje okrog 6 EUR/m² in načrtujemo, da bi jo lahko izdelovala CINKARNA
2. Naredili smo načrt za pilotni vgradni fotokatalitski filter z upoštevanjem parametrov, ki jih zahteva izbrani čistilec zraka na trgu (poslovna skrivnost)
3. CINKARNA je izdelala pilotni vgradni fotokatalitski filter (poslovna skrivnost) in načrtuje njegovo proizvodnjo.
4. Pilotni fotokatalitski filter trenutno pripravljamo za vgradnjo v izbrani čistilec zraka, kjer ga bomo testirali pri realnih pogojih (poslovna skrivnost).
5. V naslednjih treh letih načrtujemo proizvodnjo novega naprednega čistilca zraka z vgrajenim fotokatalitskim filtrom in njegovo plasiranje na trg.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev v sklopu

projekta je nedvomno visoka. Raziskave praškastih TiO₂/SiO₂ kompozitnih fotokatalizatorjev smo izvedli v plinskem fotoreaktorskem sistemu, ki smo ga zgradili in optimizirali pred začetkom projekta.

Raziskave tankih plasti (prevlek) TiO₂/SiO₂ kompozitnih fotokatalizatorjev na nosilnih aluminijastih in steklenih ploščicah smo izvedli v plinskem fotoreaktorskem sistemu, ki smo ga zgradili in optimizirali v prve pol leta po začetku projekta.

Primerjali smo tri komercialne produkte Cinkarne Celje (CCA 40, CCA 100 AS in CCA 100 BC) in dva komercialna produkta TiO₂ drugih proizvajalcev (Degussa P25 in Millenium PC500) v kombinaciji z dvema viri SiO₂ (urejeni mezoporozni silikat SBA 15 in neurejeni silikat KIL-2 s poroznostjo med delci). Najboljšo aktivnost je pokazal TiO₂/SiO₂ kompozit iz CCA 100 AS v kombinaciji s poroznim SiO₂ SBA-15 (glej izjemni znanstveni dosežek v letu 2012). Nato smo učinkovitost kompozita še izboljšali z zamenjavo SiO₂ SBA-15 z SiO₂ imenovanim 7C, pripravljenem po patentu Univerze v Novi Gorici WO 2010/053459 A1 (glej izjemni znanstveni dosežek v letu 2013).

Iz izbranega visoko učinkovitega TiO₂/SiO₂ kompozita, ki ga sestavlja komercialni produkt Cinkarne Celje CCA 100 AS in SiO₂ pripravljen po patentu Univerze v Novi Gorici WO 2010/053459 A1, smo izdelali pilotni fotokatalitski vgradni filter za izbrani čistilec zraka in ga trenutno testiramo v realnih pogojih (glej izjemni znanstveni dosežek zaključnega poročila).

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

Bistvenih odstopanj ali sprememb projekta ni bilo. Na področje dela v okviru projekta se je s svojim programom raziskovalnega dela vključil še novi mladi raziskovalec doktorand Andraž Šuligoj (pod mentorstvom prof. dr. Urške Lavrenčič Štangar in prof. dr. Nataše Novak Tušar, na Univerzi v Novi Gorici zaposlen od oktobra 2011).

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	1544955	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Oksidacija toluena v plinastem agregatnem stanju s TiO ₂ fotokatalizatorjem imobiliziranim na mezoporoznem silikatnem nosilcu
		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 zgradili sami. Adsorpcijska zmožnost 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 selfconstructed 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		Elsevier; Selected contributions of the 6th European meeting on solar chemistry and photocatalysis; Catalysis today; 2011; Vol. 161; Str. 181-188; Impact Factor: 3.407; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; A': 1; WoS: DW, EI, II; Avtorji / Authors: Tasbihi Minoo, Lavrenčič Štangar Urška, Černigoj Urh, Jirkovský Jaromír, Bakardijeva Snejana, Novak Tušar Nataša
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	1829479	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv poroznosti na fotokatalitsko aktivnost TiO ₂ tankih plasti, pridobljenih po solgel postopku
		ANG	Alternate coating and porosity as dependent factors for the photocatalytic activity of sol-gel derived TiO ₂ films
	Opis	SLO	Sintetizirali smo transparentne tanke plasti anatasTiO ₂ z mezoporozno strukturo po odstranitvi surfaktanta, za referenco pa tudi prosojne P25 plasti s tehniko potapljanja. Pripravljene tanke plasti smo okarakterizirali z UVVis spektroskopijo, rentgensko difrakcijo (XRD), vrstično elektronsko mikroskopijo (FESEM) in meritvami adsorpcijedesorpcije dušika. Hidrofilnost tankih plasti smo ocenili z meritvami kontaktnih kotov vodne kapljice na površini plasti. Rezultati so pokazali, da so bile solgel tanke plasti z uporabo surfaktanta pri sintezi homogene, brez razpok, vsebovale so le anatazno fazo z majhno velikostjo delcev in imele so povečano BET specifično površino s široko porazdelitvijo velikosti por glede na vzorce, sintetizirane brez uporabe surfaktanta. Optične lastnosti in fotokatalitsko aktivnost tankih plast pri razgradnji azo barvila n Plazmokerint B smo določili z UVVis spektrometrom. Fotokatalitska aktivnost solgel tankih optično kvalitetnih tankih plasti je bila primerljiva z aktivnostjo referenčnih praškastih P25 plasti. Nadzor nad strukturo in morfologijo tankih plasti je v neposredni povezavi s funkcionalnim odzivom. Visoka poroznost, uniformnost, transparentnost, zanesljivost, fotokatalitska aktivnost, dobra adhezija s substratom in dolgotrajno delovanje solgel TiO ₂ plasti omogočajo njihovo široko uporabnost.
		ANG	Surfactant-assisted anatase mesoporous TiO ₂ transparent films, along with P25 translucent films were successfully synthesized and deposited by dip-coating technique. Prepared films were characterized by UV-Vis spectroscopy, X-ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), and N ₂ adsorption-desorption measurements. The hydrophilicity of films was assessed by water contact angle technique. The results revealed that the surfactant-assisted sol-gel films were homogeneous, crack-free, contained anatase phase only with small grain size, and showed an increase in BET surface area and wide range of pore size distribution compared to non-surfactant treated sample. The optical properties and photocatalytic activity of the films for an azo dye, Plasmocorinth B (PB) degradation were analyzed with UV-Vis spectrometer. The photocatalytic activity of the synthesized anatase TiO ₂ films having high optical quality is comparable to the activity of reference commercial powder P25 films. Relevant results are presented and discussed as a function of the structure and morphology of coatings, which control enables

		a direct tailoring of the functional response. The high porosity, uniformity, transparency, reliability, photocatalytic activity, good adhesion with the substrate and the excellent performance under cycling operation displayed by surfactant-assisted anatase TiO ₂ coatings make it a good candidate to be considered in new emerging engineering applications.
	Objavljeno v	Elsevier Science; The chemical engineering journal; 2011; Vol. 174, no. 1; str. 190-198; Impact Factor: 3.461; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; A': 1; WoS: IH, II; Avtorji / Authors: Patil Suhas, Hameed B. H., Sever Škapin Andrijana, Lavrenčič Štangar Urška
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	2561531 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Fotokatalitska razgradnja toluena v plinski fazi z uporabo TiO ₂ /SiO ₂ kompozitnih plasti nanešenih na aluminijaste nosilce
		<i>ANG</i> Photocatalytic degradation of gaseous toluene by using immobilized titania/silica on aluminum sheets
	Opis	<i>SLO</i> Namen študije je bila priprava visoko aktivnih TiO ₂ /SiO ₂ kompozitnih katalizatorjev na aluminijastih nosilcih in njihovo testiranje v plinskem fotoreaktorju z modelnim VOC (Volatile Organic Compound) onesnažilom toluenom. Rezultati so pokazali visoko aktivnost takšnih kompozitov. Kristalna struktura TiO ₂ se ni spremenila kljub prisotnosti poroznega SiO ₂ in zaščitne plasti amorfnega SiO ₂ . Kompozitne TiO ₂ /SiO ₂ plasti so homogene in se dobro primejo na površino aluminijastih nosilcev.
		<i>ANG</i> The aim of this study was to prepare highly active immobilized titania/silica photocatalyst and to test its performance in situ toward degradation of toluene as one of the major toxic indoor contaminants. The results show that nontransparent highly photocatalytically active coatings based on the silica/titania binder and homogeneously dispersed TiO ₂ powders were obtained on the Al sheets. The crystalline structure of titania was not altered upon addition of the binder, which also prevented inhomogeneous agglomeration of particles on the photocatalyst surface. The photoactivity results indicate that the adsorption properties and photocatalytic activity of immobilized photocatalysts with the silica/titania binder and underlying protective layer were very effective and additionally, they exhibited a considerably improved adhesion and uniformity.
	Objavljeno v	Springer; Environmental science and pollution research international; 2012; Vol. 19, no.; str. 3735-3742; Impact Factor: 2.618; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.077; WoS: JA; Avtorji / Authors: Tasbihi Minoo, Kete Marko, Raichur Ashok M., Novak Tušar Nataša, Lavrenčič Štangar Urška
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	5339418 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Funkcionalizirani porozni silikati kot katalizatorji za čiščenje vode in zraka
		<i>ANG</i> Functionalized porous silicates as catalysts for water and air purification
	Opis	<i>SLO</i> Poglavje opisuje rezultate študija zadnjih let na temo funkcionalizacije poroznih silikatov z manganom in TiO ₂ . Podana sta primera uporabe z manganom funkcionaliziranih poroznih silikatov kot katalizatorjev za čiščenje odpadne vode in z TiO ₂ funkcionaliziranih poroznih silikatov kot fotokatalizatorjev za čiščenje zraka.
		<i>ANG</i> The chapter considers recent achievements in the functionalization of porous silicates by manganese and TiO ₂ . Case studies of promising manganese functionalized porous silicate as catalysts for water purification,

		and TiO ₂ functionalized porous silicate as catalysts for air purification are presented.
	Objavljeno v	Elsevier Science; New and future developments in catalysis; 2013; Str. 365-383; A': 1; Avtorji / Authors: Novak Tušar Nataša, Kaučič Venčeslav, Zabukovec Logar Nataša
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
5.	COBISS ID	5437466 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Fotokatalitsko čiščenje zraka z uporabo TiO ₂ nanodelcev na poroznem silikatnem nosilcu
		<i>ANG</i> Photocatalytic air-cleaning using TiO ₂ nanoparticles in porous silica substrate
	Opis	<i>SLO</i> TiO ₂ fotokataliza je eden od učinkovitejših naprednih oksidacijskih procesov (Advance Oxidation Processes - AOP) za čiščenje zraka, saj lahko kemijsko in mikrobiološko razgradi stabilne lahkohlapne organske spojine. Fotokatalitsko aktivnost TiO ₂ lahko izboljšamo
		<i>ANG</i> For air-cleaning, TiO ₂ photocatalysis represents one of the very efficient advanced oxidation processes (AOPs) that can decompose chemically and microbiologically stable volatile organic compounds (VOCs). However, the photocatalytic activity of nanocrystalline TiO ₂ powders can be significantly suppressed due to TiO ₂ 's poor adsorption characteristics for organic compounds and its relatively low surface area. The present study sought to solve this problem by immobilising nanocrystalline TiO ₂ in the porous silicate substrate. Two titania sources were used in an aqueous solution form: a suspension from a TiO ₂ producer in Slovenia, Cinkarna Celje (CC 40) and a TiO ₂ sol, prepared by a low-temperature synthesis developed at the University of Nova Gorica (TiO ₂ - UNG). Two different types of mesoporous silica were used: SBA-15 with an ordered hexagonal pore arrangement and KIL-2 with disordered inter-particle mesoporosity. The structural characteristics, adsorption properties and photocatalytic activity of catalysts deposited on aluminium plates as thin films were investigated. CC-40 exhibited higher adsorption and photocatalytic activity than TiO ₂ -UNG due to the greater quantity of Ti-OH groups on its surface. The addition of mesoporous silica led to higher adsorption and catalytic activity for both TiO ₂ sources. SBA-15 was more efficient than KIL-2.
	Objavljeno v	Veda; Chemické zvesti; 2014; Vol. 68, issue 9; str. 1265-1272; Impact Factor: 1.193; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.395; WoS: DY; Avtorji / Authors: Šuligoj Andraž, Lavrenčič Štangar Urška, Novak Tušar Nataša
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	2038267 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> TiO ₂ fotokatalitski sistemi za čiščenje zraka
		<i>ANG</i> TiO ₂ photocatalytic systems for air cleaning
		Urška Lavrenčič Štangar, vabljen predavanje na konferenci 4th Slovenian Croatian Symposium on Zeolites (Ljubljana, Slovenia): Prisotnost ahkohlapnih organskih spojin v zunanem zraku in zraku notranjih prostorov predstavlja resen problem za zdravje ljudi. Predavateljica je najprej podala pregled TiO ₂ fotokatalitskih sistemov za

Opis	SLO	čiščenje zraka, kjer se fotokatalizator lahko uporablja v obliki prahu ali tankih plasti. Nato je predstavila nov fotokatalitsku sistem, ki so ga razvili v Laboratoriju za raziskave v okolju na Univerzi v Novi Gorici. Oblikovanje tako fotokatalizatorja kot fotoreaktorja je ključnega pomena za doseganje visoke učinkovitosti fotokatalitskega sistema.	
	ANG	Urška Lavrenčič Štangar, invited lecture on the 4th SlovenianCroatian Symposium on Zeolites (Ljubljana, Slovenia): Emission of volatile organic compounds (VOCs) in indoor and outdoor air has become a serious problem causing different degrees of hazard to public health. An overview on the design of TiO2 photocatalytic systems for air cleaning that employ photocatalytic material either in powder or in thin film form was given. The design of both, photoreactor and photocatalyst, is of a key importance to achieve high efficiency of a photocatalytic system. The promising TiO2 photocatalytic system, which was developed in Laboratory for environmental research at University of Nova Gorica, was presented.	
Šifra	B.04 Vabljen predavanje		
Objavljeno v	Croatian Zeolite Association; Proceedings of the 4th Slovenian-Croatian Symposium on Zeolites, 4th Croatian-Slovenian Symposium on Zeolites; 2011; Str. 23-27; Avtorji / Authors: Lavrenčič Štangar Urška, Tasbihi Minoo, Novak Tušar Nataša		
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)		
2.	COBISS ID	4654874	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Oblikovanje poroznih katalizatorjev za čiščenje vode in zraka z naprednimi oksidacijskimi procesi	
	ANG	Design of porous catalysts for water and air purification by advance oxidation processes (AOP)	
Opis	SLO	Med onesnaževalci vode in zraka so organske spojine pomembna skupina. Ena izmed metod za njihovo odstranjevanje so napredni oksidacijski procesi (Advanced Oxidation Processes AOPs). AOPs ustvarjajo visoko aktivne hidroksilne radikale (OH), ki imajo sposobnost razgradnje organskih molekul. Večina AOPs je sestavljena iz kombinacije močnega oksidanta (npr. H ₂ O ₂ , O ₃), katalizatorja (npr. prehodna kovina) in svetlobe različnih valovnih dolžin (UV, vidna). Ker igra površina katalizatorja pomembno vlogo v adsorpciji in desorpciji organskega onesnaževalca (vpliv na stopnjo reakcije), so porozni katalizatorji posebej primerni. Predavateljica je podala pregled na področju oblikovanja katalizatorjev na poroznih nosilcih za čiščenje vode in zraka. Kot obetaven porozen nosilec je predstavila mezoporozni silikat s poroznostjo med delci, ki so ga pred kratkim odkrili v Laboratoriju za anorgansko kemijo in tehnologijo na Kemijskem inštitutu.	
	ANG	Among a wide range of pollutants detected in wastewater and polluted air, organic compounds are an important group. Attractive methods for their treatment are advance oxidation processes (AOPs). Hydroxyl radicals (OH), highly reactive species generated in sufficient quantities by AOPs, have ability to decompose organic pollutants. Most of AOPs use a combination of strong oxidizing agents (e.g. H ₂ O ₂ , O ₃) with catalysts (e.g. transition metals) and/or irradiation (e.g. ultraviolet and visible light). Since surfaceof the catalyst plays an important role in adsorption and desorption ofthe organic pollutant (e.g. effects on the reaction rate), porous catalysts have an advantage. An overview on the design of catalysts on porous supports for water and air purification is presented with the emphasis on the promisingnewly prepared mesostructured silicate with	

		interparticle porosity.
Šifra	B.04	Vabljeni predavanja
Objavljeno v	Book of abstracts and Proceedings book Slovenian Italian conference on materials and technologies for sustainable growth, Ajdovščina, Slovenia, 2011; University of Nova Gorica, Str. 7983; Avtorji / Authors: Novak Tušar Nataša	
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)	
3.	COBISS ID	4749082 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nova znanja o imobilizaciji TiO ₂ na poroznih silikatnih nosilcih učinkovitem fotokatalitskem sistemu za razgradnjo lahkih organskih snovi
	ANG	New insights on the immobilization of TiO ₂ on porous silicate supports-an efficient photocatalytic system for decomposition of VOC
Opis	SLO	Prispevek na konferenci 5th International FEZA (Federation of European Zeolite Associations) v Valenciji v Španiji: Predstavili smo prednosti imobilizacije TiO ₂ nanodelcev na urejene in neurejene mezoporozne silikate z veliko površino in vpliv na njihovo učinkovitost pri razgradnji lahkih organskih spojin.
	ANG	Contribution on the 5th International FEZA (Federation of European Zeolite Associations) conference (Valencia, Spain): We presented the advantages of immobilization of TiO ₂ nanoparticles on ordered and disordered mesoporous silicates as high surface area supports in terms of efficiency of this photocatalytic system for decomposition of VOCs.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	Innovations in zeolites and ordered porous solids 5th International FEZA (Federation of European Zeolite Associations) conference, Valencia, Spain, 2011; Str. 427428; Avtorji / Authors: Novak Tušar Nataša, Tasbihi Mino, Kaučič Venčeslav, Lavrenčič Štangar Urška	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	3340145 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	SLONANO 2012, Zbornik povzetkov
	ANG	SLONANO 2012, Book of abstracts
Opis	SLO	SLONANO konferenco v Sloveniji organiziramo vsako leto že enajsto leto. Osnovna ideja konference je hitra izmenjava idej in rezultatov na področju nanotehnologije. Še posebej je konferenca vspodbuda za mlade raziskovalce. SLONANO 2012 je pokrivala tri področja: 1) Complex soft matter and colloids, 2) Nanoporous structures and materials, 3) Nanotechnology in Biomedicine. Prof. dr. Nataša Novak Tušar (nosilec projekta L14290) je bila članica organizacijskega odbora SLONANO 2012. Vladimir Vrečko (predstavniki raziskovalne skupine L14290) je bil vabljen predavatelj na konferenci in je predstavil TiO ₂ nanoprodukte Cinkarne Celje.
	ANG	SLONANO conferences have been organized annually since 2002, so that SLONANO 2012 represents the eleventh in the row. The basic idea of the conference is to foster the rapid exchange of results, ideas and know how in the field of nanotechnology. In particular, young scientists are strongly encouraged to present their work. SLONANO 2012 concentrated on three major topics: 1) Complex soft matter and colloids, 2) Nanoporous structures and materials, 3) Nanotechnology in Biomedicine. Prof. dr. Nataša Novak Tušar, principle investigator of the

		project L14290, was a member of the organizing committee of the SLOANANO conference 2012. Vladimir Vrecko (member of the research group in the project L14290) was invited to the conference to present TiO ₂ nanoproducts of Cinkarna Celje company.
Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
Objavljeno v	Institut Jožef Stefan; 2012; 118 str.; Avtorji / Authors: Mihailović Dragan, Kobe Spomenka, Kaučič Venčeslav, Osterman Natan, Novak Tušar Nataša, Žužek Rožman Kristina, Šturm Sašo	
Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela	
5.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO	3. Evropski fotokatalitski simpozij, 1715. september 2013, Portorož, Slovenija
	ANG	3rd European Symposium on Photocatalysis, 1725 September 2013, Portorož, Slovenia
Opis	SLO	Univerza Nova Gorica (prof. dr. Urška Lavrenčič Štangar) je bila glavni organizator znanstvenega srečanja na temo fotokataliza, ki je potekalo v Sloveniji.
	ANG	University of Nova Gorica (prof. dr. Urška Lavrenčič Štangar) was a main organiser of the scientific conference on photocatalysis, performed in Slovenia.
Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
Objavljeno v	Knjiga povzetkov	
Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Razvoj sinteze visoko fotokatalitsko aktivne prevleke TiO₂/SiO₂ kompozita na cenovno ugodnem nosilcu in oblikovanje filtra kot sestavnega dela naprednega čistilca zraka za notranje prostore omogoča natančnejše načrtovanje sinteznih postopkov za pripravo fazno čistih produktov s točno določenimi fizikalnimi in kemijskimi lastnostmi. Razvoj karakterizacijskih metod za določitev strukture pripravljenih materialov in zanesljivih standardnih testnih metod za ovrednotenje učinkovitosti materiala je pomemben tako za akademske uporabnike kot za industrijo. Pridobljeno znanje je uporabno tudi za druga področja raziskav novejših materialov s kompleksnejšimi strukturami.

Nekatere rezultate projekta smo objavili v mednarodnih znanstvenih revijah.

ANG

The development of the synthesis route of highly efficient photocatalytically-active TiO₂/SiO₂ coatings on low-cost carriers for the design of built-in filters for cleaning device of indoor air enables more precisely-directed synthetic routes for the preparation of the materials with specific and targeted physical and chemical properties. Industrial and academic users benefit from the knowledge of the simultaneous development of characterisation methods for the determination of structure of the prepared material and the reliable standard testing methods for the evaluation of the material efficiency. This also help in understanding the processes and mechanisms of some other new materials with more complex structures. Some parts of the work was published in scientific journals.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

CINKARNA, največji proizvajalec TiO₂ v Sloveniji, ki je doslej največji tržni delež dosegla s prodajo pigmentnega TiO₂, želi z svojimi novimi fotokatalitsko aktivnimi izdelki TiO₂ obdržati oziroma povečati svojo konkurenčno prednost na trgu. Eden od novih produktov CINKARNE se je izkazal za zelo učinkovitega za napreden TiO₂/SiO₂ vgradni filter za čistilce zraka notranjih prostorov. Razvoj takšnega filtra je bil cilj tega projekta. V Sloveniji namreč še ni proizvajalca visokoučinkovitih vgradnih filtrov za čistilce zraka na osnovi TiO₂ fotokatalize. V okviru projekta je CINKARNA v sodelovanju s KEMIJSKIM INŠTITUTOM in UNIVERZO V NOVI GORICI izdelala prototip. Napredni čistilci zraka za notranje prostore, ki razgrajujejo zdravju škodljive lahkohlapne spojine na CO₂ in H₂O, postajajo dandanes vedno pomembnejši. Namreč, dolgo zadrževanje v okolju, kjer so lahkohlapne organske spojine prisotne v nedovoljenih koncentracijah, povzroča bolezen imenovano Sick Building Syndrome (SBS).

Posredni pomen projekta za družbo je bil razvoj vrhunskih strokovnjakov iz tega področja, ki svoja znanja prenašajo na znanstveno in strokovno javnost prek publikacij, aplicirajo nova znanja tudi v druge industrijske veje ter vključujejo te dosežke neposredno v pedagoško prakso. Glede na to, da je sofinancer CINKARNA izvoznik za trge EU kakor tudi na ostale trge, gre tudi za promocijo proizvajalca kakor tudi države z naprednim tehnološkim izdelkom.

ANG

CINKARNA company, the major TiO₂ producer in Slovenia, whose the most important product to date was pigment TiO₂, intends to hold and increase its good position on the market also with the help of the new photocatalytic TiO₂ products in the form of aqueous solution. One of the new TiO₂ products from CINKARNA is very suitable for advanced TiO₂/SiO₂ built-in filters for air-cleaning devices. Development of this kind of filter was the goal of this project. Namely, in Slovenia there is currently no producer of high efficient built-in TiO₂/SiO₂ photocatalytic filters. In the frame of this project and in collaboration with NATIONAL INSTITUTE OF CHEMISTRY and UNIVERSITY OF NOVA GORICA, CINKARNA designed the prototype. Indoor air-cleaning devices which decompose harmful volatile organic compounds (VOCs) to CO₂ and H₂O became every day more important concerning human health. Namely, a long-term exposure to VOCs will be detrimental to human health causing sick building syndrome (SBS).

Indirect impact of the project for society was the development of top-level experts for this field, who transfer their knowledge to scientific and professional community through publications, who apply new knowledge also in other industrial branches and who include the achievements directly into the pedagogical process. Because the company CINKARNA exports its products to EU and other markets, the advanced technological product will contribute to the promotion of the company as well as to the promotion of the country.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri 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 <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text" value="V celoti"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Zastavljen cilj <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text" value="V celoti"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
	Zastavljen cilj

		<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Uporabljen bo v naslednjih 3 letih"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Uporabljen bo v naslednjih 3 letih"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen bo v naslednjih 3 letih"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Uporabljen bo v naslednjih 3 letih"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="V celoti"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>

F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	

G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
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	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv	Cinkarna d.d., Celje	
	Naslov	Kidričevo 36, 3000 Celje	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	90.417	EUR

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta: 100		%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
1.	razvoj in optimizacija inovativne TiO ₂ /SiO ₂ fotokatalitske prevleke na različnih nosilcih (aluminij, steklo) z uporabo Cinkarninega TiO ₂ produkta CCA 100 AS z odlično fotokatalitsko aktivnostjo	F.06
2.	vklučitev CINKARNE v ENMIX (European Nanoporous Materials Institute of Excellence, goal of ENMIX: Stimulating sustainable development and strengthening the economic and societal fabric in Europe)	D.03
3.	SLONANO 2012, vabljeni predavanja Vladimira Vrečko, predstavitev Cinkarninih nano TiO ₂ produktov	B.04
4.	sodelovanje Cinkarne kot industrijskega partnerja pri organizaciji 3rd European Symposium on Photocatalysis, September 2013, Portorož, Slovenia	B.01
5.	CINKARNA izdelala prototip vgradnega fotokatalitskega filtra, ki je primeren za različne čistilce zraka na trgu	F.08
Komentar	Delo na projektu je potekalo skladno s programom.	
Ocena	Visoka učinkovitost Cinkarninega izdelka CCA 100 AS za kompozitne TiO ₂ /SiO ₂ fotokatalitske prevleke na različnih nosilcih pomeni: 1) potencial za razširitev dejavnosti Cinkarne Cinkarna je izdelala prototip naprednega vgradnega fotokatalitskega filtra za izbran čistilec zraka na trgu in načrtuje njegovo proizvodnjo. 2) potencial za razširitev trga Cinkarne Cinkarna načrtuje v sodelovanju s proizvajalcem izbranega čistilca zraka v naslednjih treh letih osvojiti nove trge.	

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

TiO₂ produkte različnih proizvajalcev in njihove TiO₂/SiO₂ kompozite smo v tankih plasteh nanесли na aluminijeve in steklene nosilce in jih testirali v plinskem fotoreaktorju z modelnim lahkihlapnim organskim onesnažilom toluenom. Pokazali in razložili smo povečano fotokatalitsko aktivnost TiO₂/SiO₂ kompozitnega fotokatalizatorja v primerjavi z različnimi TiO₂ trenutno prisotnimi na trgu, kjer smo uporabili enega od TiO₂ produktov CINKARNE Celje (CCA 100 AS) in inovativni SiO₂ pripravljen po patentu Univerze v Novi Gorici WO 2010/053459 A1. Visoko aktivni kompozitni TiO₂/SiO₂ fotokatalizator smo uporabili pri izdelavi prototipa inovativnega vgradnega fotokatalitskega filtra, ki ga je izdelala Cinkarna Celje. Prototip inovativnega vgradnega fotokatalitskega filtra trenutno testiramo v realnih pogojih v izbranem čistilcu zraka znanega proizvajalca. Načrtujemo, da bo izbrani čistilec zraka v naslednjih treh letih prisoten na trgu kot nov napredni čistilec zraka notranjih prostorov.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja 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:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Kemijski inštitut

Nataša Novak Tušar

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

17.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/248

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

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

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

⁴ 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, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

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

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

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ 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](#)

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

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

¹¹ 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](#)

Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

FD-1E-C8-E1-01-CB-F7-FD-20-D0-F3-F6-A1-D9-EE-FA-47-65-B9-2C

Priloga 1

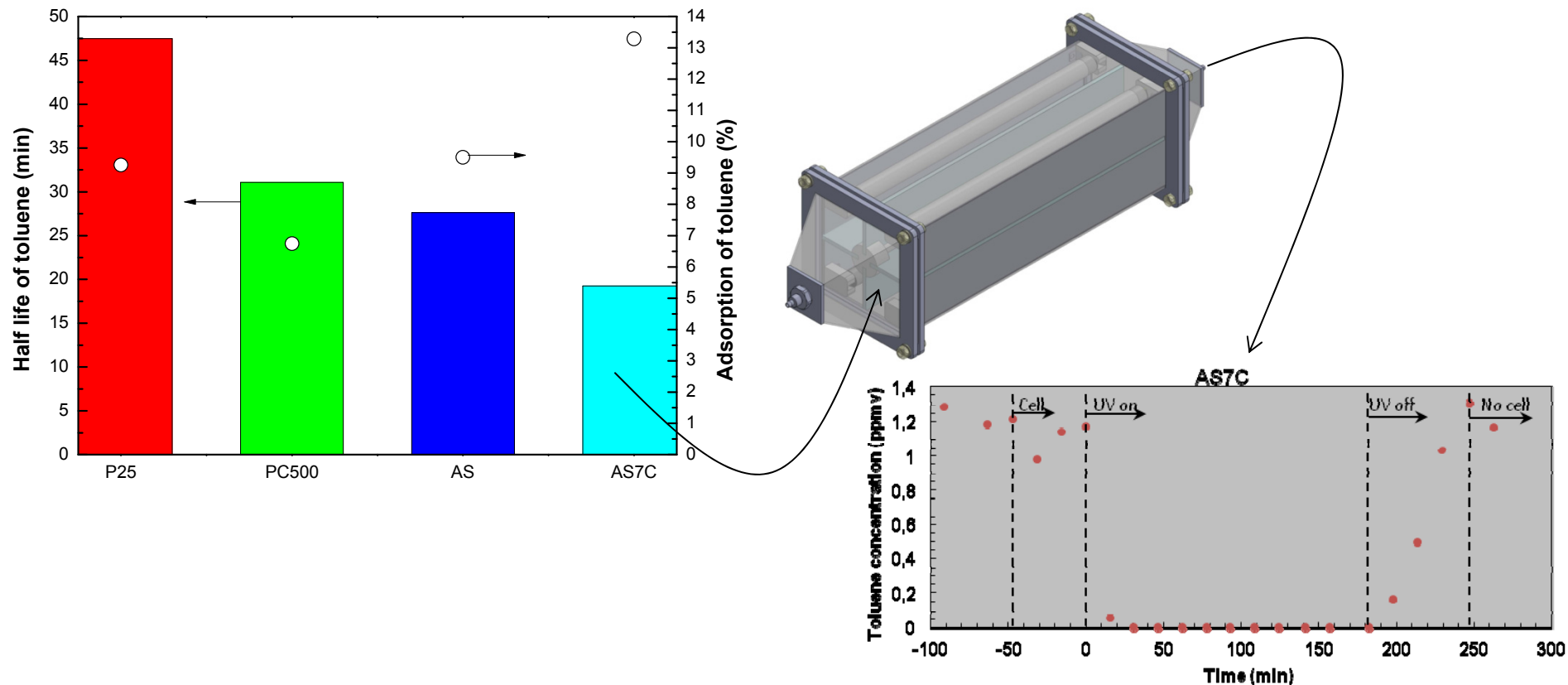


Figure: Amongst the raw TiO_2 samples, products of different TiO_2 producers (P25, PC500, AS), AS (TiO_2 product from CINKARNA Celje) showed the highest photocatalytic activity. In the group of $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composite samples, the highest photocatalytic activity was observed with AS 7C, where 7C is a innovative SiO_2 binder prepared by our patented procedure (WO 2010/053459 A1). The photocatalytic activity from batch lab-made reactor was successfully transferred to pilot plug flow reactor (see Figure) designed by CINKARNA, closing the gap between laboratory tests and real operation in air cleaning devices.