

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/128



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

## A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

## 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	L2-2185
<b>Naslov projekta</b>	Samočistilni antibakterijski fotokatalitski premazi v beli tehniki
<b>Vodja projekta</b>	8012 Danilo Suvorov
<b>Tip projekta</b>	L Aplikativni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	8340
<b>Cenovni razred</b>	C
<b>Trajanje projekta</b>	05.2009 - 04.2012
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	106 Institut "Jožef Stefan"
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	103 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo 1446 GORENJE gospodinjski aparati, d.d.
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.04 Materiali 2.04.01 Anorganski nekovinski materiali
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS<sup>1</sup>

<b>Šifra</b>	2.05
<b>- Veda</b>	2 Tehniške in tehnološke vede
<b>- Področje</b>	2.05 Materiali

## B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta<sup>2</sup>

SLO

Raziskave, ki so bile opravljene v okviru projekta »Samočistilni antibakterijski fotokatalitski premazi v beli tehniki« na Odseku za raziskave sodobnih materialov Instituta Jožef Stefan, so vključevale inovativne pristope z namenom, da bi združili veliko fotokatalitsko učinkovitost in tudi varnost materialov. Za ta namen smo raziskovali različne polprevodnike, ki so zaradi svojih fotokatalitskih, samočistilnih ali

antibakterijskih lastnosti zelo zanimi za praktično uporabo. Med obetavnimi materiali smo raziskovali (a) materiale na osnovi TiO<sub>2</sub> (substitucija s fosforjem, tanke plasti itd...) (b) titanatne nanocevke in nanotrakove in (c) hidroksiapatit in njegove kompozite z različnimi kovinami in kovinskimi oksidi. Materiali so bili pripravljani z različnimi metodami, kot so sol-gel, hidrotermalna, solvotermalna in sonokemijska sinteza in metoda nanašanja plast za plastjo ter tudi s kombinacijo omenjenih metod. Nekatere med njimi so bile razvite kot nove metode za sintezo tovrstnih materialov. Sintetizirane material smo ovrednotili z različnimi metodami, pri čemer je bil poudarek na določitvi (a) fizikalnokemijskih lastnosti (XRD, TEM, SEM, TG/DTA, UV-VIS FT-IR, BET, DLS, itd...), (b) fotokatalitske učinkovitosti materialov (Infrardeča (IR) detekcija oksidacija isopropanola v aceton v plinasti fazi, detekcija razgradnje barvil v tekoči fazi pod vplivom ultravijolične (UV) in vidne (VIS) svetlobe) in (c) antibakterijske učinkovitosti (zaviranje rasti E. Coli pod vplivom VIS svetlobe). Doseženi rezultati so bili patentirani, objavljeni v uglednih mednarodnih revijah z visokim faktorjem vpliva in predstavljeni na različnih domačih in mednarodnih konferencah.

ANG

Research within the project »Samočistilni antibakterijski fotokatalitski premazi v beli tehniki« performed at Advanced Materials Department at Jožef Stefan Institute, includes investigation of the innovative solutions for joining high efficacy and safety of photocatalytically active materials. For that purpose various nano semiconductors applicable for photocatalytic, self cleaning and antibacterial applications were investigated. Among promising materials we analysed (i) nano titania, (ii) titanate nanotubes and nanobelts, (iii) hydroxyapatite, and their composites with various metals, metal-oxides and/or metallic complex species. The materials has been prepared by different preparation techniques, including sol-gel, hydrothermal, sonochemical and layer-by-layer as well as their combination. Some of them have been developed and optimised as a novel synthesis routes for these classes of materials. Developed materials were characterised using in-depth, multidisciplinary approach. Used characterisation methods can be classified into following groups: (i) characterization of the physico-chemical properties of the materials (XRD, FE-SEM, TEMs TG/DTA, UV-Vis and FTIR spectroscopy BET, zeta meter, dynamic light scattering granulometer and others), (ii) photocatalytic activity of the materials (gas-phase analyses-IR detection of isopropanol-acetone oxidation process and liquid phase analyses- UV/VIS/FIR detection of degradation of methylene blue) and (iii) antibacterial activity of the materials (inhibition of the growth of Escherichia coli by Vis-irradiated material in PBS solution). Achieved results were patented, published in prestigious international journals with high impact factor and presented at various national and international conferences.

#### 4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>3</sup>

Raziskovalne aktivnosti opravljene v okviru projekta »Samočistilni antibakterijski fotokatalitski premazi v beli tehniki« so potekale na naslednjih področjih:

- (a) Fotokatalitski materiali na osnovi TiO<sub>2</sub>.
- (b) Pregled in analiza uporabe antibakterijske zaščite pri različnih proizvajalcih gospodinjskih aparatov.
- (c) Priprava kompozitov polistirena in nanokristaliničnega TiO<sub>2</sub>. Študij vpliva na mehanske lastnosti in antibakterijsko zaščito površine.
- (d) Nanokompoziti TiO<sub>2</sub> s kovinskimi delci
- (e) Titanatni nanotrakovi in nanocevke ter njihovi kompoziti s kovinami
- (f) hidroksiapatit in njegovi kompoziti s plemenitimi kovinami

##### **Fotokatalitski materiali na osnovi TiO<sub>2</sub>**

V tem delu raziskav je bil poudarek na študiju vpliva substitucije in sinteznih pogojev na morfološke in fazne značilnosti TiO<sub>2</sub> ter posledično njihov vpliv na fotokatalitsko učinkovitost v vidnem (VIS) in ultravijoličnem (UV) delu spektra. Osredotočili smo se na pripravo TiO<sub>2</sub> z veliko specifično površino, kar smo dosegli s pomočjo kopolimerov in z dodatkom fosforja. Ugotovili smo, da prisotnost fosforja zavre rast kristalitev in ohrani visoko specifično površino do 700° C in anatazno strukturo do 900°C. Vse to vpliva tudi na fotokatalitsko aktivnost, ki v UV področju ostaja visoka ne glede na temperaturo termične obdelave, medtem ko ta material v VIS področju ne kaže znatne fotokatalitske aktivnosti. Pomen teh raziskav je bil predvsem v pristopih, s katerimi smo uspeli kontrolirati morfološke in strukturne značilnosti TiO<sub>2</sub>. Da bi dosegli boljšo fotokatalitsko učinkovitost v VIS področju, smo se usmerili na druge sisteme, predvsem na kompozite.

##### **Pregled in analiza uporabe antibakterijske zaščite pri različnih proizvajalcih gospodinjskih aparatov**

V okviru tega projekta smo tudi raziskali, kakšna antibakterijske zaščite uporabljajo Gorenju konkurenčni

proizvajalci hladilnikov. Analiza površin notranjih delov hladilnika, je pokazala, da proizvajalci polistirenu dodajajo različne anorganske snovi, vendar vsi ti anorganski dodatki niso dodani samo zaradi antibakterijske zaščite. Izkazalo se je, da večina proizvajalcev uporablja antibakterijsko zaščito na osnovi srebra.

#### **Priprava kompozitov polistirena in nanokristaliničnega TiO<sub>2</sub>. Študij vpliva na mehanske lastnosti in antibakterijsko zaščito površine.**

Za pripravo kompozitov polistirena in TiO<sub>2</sub> smo uporabili komercialni TiO<sub>2</sub>, ker naši do tedaj razviti postopki za pripravo antibakterijskih materialov še niso omogočali priprave večjih količin materiala, katere so bile potrebne za izdelavo preizkušancev za merjenje mehanskih in drugih lastnosti. Ugotovili smo, da dodatek TiO<sub>2</sub> izboljša nekatere mehanske lastnosti, medtem ko površina ni kazala izrazite antibakterijske učinkovitosti, kar pa je posledica slabe antibakterijske učinkovitosti uporabljenega komercialnega TiO<sub>2</sub>.

#### **Nanokompoziti TiO<sub>2</sub> s kovinskimi delci (TiO<sub>2</sub>/M)**

Znano je, da se z dodatkom plemenitih kovin poveča število reaktivnih mest, potrebnih za tvorbo fotoradikalov, pri čemer se zmanjša tudi hitrost rekombinacije elektronov in vrzeli, kar posledično izboljša učinkovitost fotokatalitskega procesa. Z upoštevanjem tega koncepta smo pripravili TiO<sub>2</sub> nanodelce in njihove kompozite s platino (TiO<sub>2</sub>/Pt). Izmed različnih sinteznih postopkov za pripravo materiala z visoko fotokatalitsko učinkovitostjo se je izkazala hidrotermalna sinteza kot zelo primerna. S to metodo smo pripravili dobro kristalinične anatazne in rutilne nanodelce s pritrjenimi Pt kvantnimi pikami. Rezultati teh raziskav so zbrani v članku, ki je bil poslan v objavo.

#### **Titanatni nanotrakovi in nanocevke ter njihovi kompoziti s Ag**

Zaradi velike specifične površine, polprevodniških lastnosti in plastovite strukture, ki omogoča vključevanje različnih ionov in nanodelcev med plasti, so ti materiali primerni za zelo različne aplikacije. Znano je, da imajo ti materiali zelo dobro fotokatalitsko učinkovitost v UV področju. Pričakovalo se je, da je mogoče izboljšati aktivnost v vidnem področju z dodatkom kovinske komponente. Za pripravo kompozita titanatnih nanotrakov s srebrom (Ag) smo uporabili metodo večplastnega elektrolita, ki je preprečila aglomeracijo in omogočila enakomerno porazdelitev Ag ter tesen stik med Ag nanodelci in titanatnim trakovi. Zaradi slednjega se znatno izboljša fotokatalitska učinkovitost kompozita v vidnem področju, kar lahko pripišemo plazmonskemu efektu Ag nanodelcev.

#### **Hidroksiapatit in njegovi kompoziti s plemenitimi kovinami**

Z izbiro materialov iz narave za nadaljnjo pripravo naprednih materialov se povečuje verjetnost za kompatibilnost teh materialov s človeškim organizmom in z okoljem. Pri današnjem vsesplošnem onesnaženju okolja, so pristopi, ki omogočajo ohranjanje okolja najpomembnejši kriterij pri razvoju novih materialov. Eden izmed takšnih materialov je hidroksiapatit, ki je glede na elektronsko strukturo polprevodnik s široko energijsko režo. Za hidroksiapatit so značilne zelo zanimive površinske lastnosti, vključno z veliko hidrofilitnostjo. Površina hidroksiapatita ima veliko afiniteto za adsorpcijo različnih makromolekul (proteini in nukleinske kisline) in veliko gostoto površinskih polarnih skupin, ki zagotavljajo njegovo biokompatibilnost. Čeprav ima hidroksiapatit največji potencial za uporabo v biomedicini za regeneracijo in nadomeščanje kostnega tkiva, smo na osnovi tega materiala razvili nove materiale, ki so uporabni na področju fotokatalize in antibakterijske zaščite. Za pripravo kompozita hidroksiapatita s platino (Pt<sup>0</sup> in Pt<sup>n+</sup>) in s Ag smo uporabili sonokemijsko metodo. Tako imenovani polprevodniški/kovinski nanokompozit, ki ga sestavljajo apatitne ploščice z platinskimi kovinskimi nanodelci na površini in dve različni vrsti površinsko vezanih Pt-kompleksov predstavlja inovativno rešitev za funkcionalni bioaktivni material. Ta material se lahko aktivira bodisi z izpostavitvijo ultravijolični ali vidni svetlobi. Ultravijolično aktivacijo omogoča polprevodniška hidroksiapatitna faza, ki absorbira svetlobo v UV področju. Nastali elektroni, ki so prišli iz valenčnega pasu polprevodnika, so vključeni v tvorbo reaktivnih radikalov. Aktivnost povzročena z vidno svetlobo je povezana s kompleksi, ki so adsorbirani na površini hidroksiapatita. Ti kompleksi absorbirajo vidno svetlobo in nastali elektroni preidejo v prevodni pas polprevodnika. Kovinski Pt nanodelci imajo sposobnost, da ujamejo elektron, ki je nastal bodisi z UV ali VIS induciranim prehodom. To omogoča podaljšanje aktivnosti materiala tudi v času, ko ni več osvetljen. Pokazalo se je, da kompozit hidroksiapatita s Pt izkazuje več kot 3-krat večjo aktivnost v vidnem področju kot komercialni material. Test z gram negativno bakterijo E. coli, je pokazal, da ta material pod vplivom vidne svetlobe zavira rast teh bakterij. Še boljše antibakterijske učinke izkazuje kompozit hidroksiapatita s Ag, ki žal ni toksičen samo za bakterije ampak tudi za druge žive celice. Izmed kompozitov hidroksiapatit s plemenitimi kovinami smo opazili najboljšo antibakterijsko učinkovitost za hidroksiapatit z Au, ki tudi ni toksičen za žive celice. Te rezultate smo tudi patentirali.

## 5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>4</sup>

Raziskave, opravljene znotraj tega projekta predstavljajo tri pomembne stopnice pri realizaciji načrtovanih ciljev: (a) izboljšanje fotokatalitske učinkovitosti  $\text{TiO}_2$  v UV področju. (b) priprava materialov z fotokatalitsko aktivnostjo v VIS področju. (c) razvoj inovativnega okolju prijaznega pristopa k razvoju fotokatalitskih materialov v vidnem področju. Prvi korak k doseganju zastavljenih ciljev predstavlja izboljšanje fotokatalitske aktivnosti  $\text{TiO}_2$  v UV področju. Razvili smo štiri različne postopke za pripravo  $\text{TiO}_2$  in njegovih kompozitov s kovinskimi nanodelci. Izkazalo se je, da imajo ti nanodelci, če so v tesnem kontaktu s površino  $\text{TiO}_2$  pomembno vlogo v izboljšanju fotokatalitske učinkovitosti. Znanje povezano z vzroki za povečanje fotokatalitske aktivnosti v UV področju je bilo uporabljeno v naslednji stopnji, ko smo iskali rešitve za povečanje aktivnosti v VIS področju.  $\text{TiO}_2$  smo zamenjali z drugim polprevodnikom na osnovi titanatnih cevk in trakov, ki smo jih uporabili za pripravo kompozita s kovino. Za kompozit Ag s titanatnimi trakovi smo dokazali fotokatalitsko učinkovitost pod vplivom vidne svetlobe.

V zadnji stopnji raziskav v okviru tega projekta smo uspešno rešili problem varnosti in učinkovitosti. Čeprav srebro kot kovinska komponenta predstavlja znatno izboljšanje fotokatalitske aktivnosti, vendar pa je veliko dvomov glede varne uporabe materialov na osnovi Ag. Da bi rešili ta problem, smo uporabili inovativni pristop z uporabo naravnega materiala. Nov material na osnovi hidroksiapatita z malo količino kovinske Pt ali Au predstavlja rešitev za združitev varnosti in učinkovitosti fotokatalitskega materiala, pri čemer kompozit s Au izkazuje najboljše lastnosti.

## 6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>5</sup>

V vsebini in časovnem poteku izvajanja projekta ni bilo bistvenih sprememb glede na načrtovane aktivnosti, opisane v prijavi projekta.

## 7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID 24653351 Vir: COBISS.SI
Naslov	<p><i>SLO</i> Vpliv triblok kopolimera P123 in fosforja na fizikalno-kemijske lastnosti <math>\text{TiO}_2</math></p> <p><i>ANG</i> Influence of the triblock copolymer P123 and phosphorous on the physico-chemical properties of <math>\text{TiO}_2</math></p>
Opis	<p><i>SLO</i> V zadnjih dvajsetih letih je postal <math>\text{TiO}_2</math> zaradi fotokatalitskih lastnosti, ki obetajo uporabnost na številnih področjih, eden najbolj raziskanih materialov. V tem članku opisujemo sintezni postopek in fotokatalitsko aktivnost nanokristaliničnega <math>\text{TiO}_2</math> z veliko specifično površino, ki smo jo dosegli s pomočjo kopolimerov in z dodatkom fosforja. Ugotovili smo, da vključitev fosforja v strukturo <math>\text{TiO}_2</math> prispeva k ohranitvi velike specifične površine tudi po termični obdelavi na 600-700°C, zavira rast kristalitov, stabilizira anataz do 900°C, ter ohrani UV fotokatalitsko aktivnost.</p> <p><i>ANG</i> In the last twenty years, <math>\text{TiO}_2</math> has attracted great attention of the scientific community because of its high photocatalytic activity. In this article we described the synthesis of nanocrystalline <math>\text{TiO}_2</math> with high specific surface area, which was achieved by triblock copolymer and phosphorous as the framework template and stabilizer, respectively. We found that the incorporation of phosphorous in the structure of <math>\text{TiO}_2</math> preserved the high specific area, inhibited the grain growth and stabilized the anatase structure up to 900°C, and retained high UV photocatalytic activity.</p>
Objavljeno v	Elsevier; Applied catalysis; 2011; Vol. 397, no. 1/2; str. 241-249; Impact Factor: 3.903; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; A': 1; WoS: EI, JA; Avtorji / Authors: Žunič Vojka, Škapin Srečo D.,

		Maček Marjeta, Bračko Ines, Sever Škapin Andrijana, Suvorov Danilo	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	24386855	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Sinteza srebrnih nanodelcev na titanatnih nanotrakovih z metodo samourejanja šibkih polielektrolitov
		ANG	Silver nanoparticles on titanate nanobelts via the self-assembly of weak polyelectrolytes
	Opis	SLO	Za izdelavo kompozita titanatnih trakov (Ti-NB) s Ag smo uporabili metodo šablone z večplastnimi šibkimi polielektroliti (PEM), v katerih smo dosegli in situ tvorbo Ag nanodelcev. Nadaljnje žganje Ag/Ti-NBs-PEM nanokompozita daje nanostrukturni kristalinični nanokompozit Ag/Ti-NBs, ki kaže povečano fotokatalitsko učinkovitost za razgradnjo barvila metilensko modro v primerjavi z Ti-NB. Tako pripravljen nanokompozit Ag/Ti-NBs also izkazuje fotokatalitsko učinkovitost v vidnem področju, kar se lahko pripiše plazmonskemu efektu Ag nanodelcev.
		ANG	A weak-polyelectrolyte multilayer on a surface of titanate nanobelts (Ti-NBs) was utilized as a template for in situ Ag nanoparticle formation in the fabrication of Ag-loaded Ti-NBs nanocomposites. The subsequent annealing of the Ag/Ti-NBs-PEM nanocomposites yielded nanostructured crystalline Ag/Ti-NBs. An enhanced UV photo-efficiency for degradation of methylene blue dye was observed for the Ag/Ti-NBs nanocomposites compared with pure Ti-NBs. As-fabricated Ag(x)/Ti-NBs nanocomposites also exhibited visible photoactivity assisted by the near-field amplitudes of the localized surface plasmon resonance (LSPR) of the silver nanoparticles in the 1D nanocomposite.
	Objavljeno v	IOP Publishing; Nanotechnology; 2011; Vol. 22, issue 8; str. 085705-1-085705-11; Impact Factor: 3.979; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; A': 1; WoS: NS, PM, UB; Avtorji / Authors: Bračko Ines, Jančar Boštjan, Logar Manca, Caglič Dejan, Suvorov Danilo	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	25179943	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Rast srebrnih nanodelcev in njihovo kombiniranje s hidroksiapatitom za tvorbo kompozitov s pomočjo sonokemijske sinteze
		ANG	The growth of silver nanoparticles and their combination with hydroxyapatite to form composites via a sonochemical approach
	Opis	SLO	V tem članku opisujemo nov sonokemijski postopek sinteze kompozita hidroksiapatita s Ag. Ugotovili smo, da so tako morfološke kot tudi strukturne lastnosti odvisne od vpliva hidroksiapatitne šablone. Mehanizem tvorbe in rasti Ag nanodelcev samih in znotraj kompozita so razložene v konceptu sonokemijskega procesa in uporabljene termične redukcije.
		ANG	A new approach for the synthesis of silver (Ag) nanoparticles and their combination with hydroxyapatite (HAp) to form composites via a sonochemical process has been developed. In the case of the HAp/Ag composites investigated in this study, both the structural and morphological properties of the Ag nanoparticles were affected by the templating effect of the HAp. The formation mechanism and growth of the Ag particles on their own and within a HAp/Ag composite are discussed in terms of the sonification process and the thermal reduction steps used.
	Objavljeno v	American Chemical Society; Crystal growth & design; 2011; Vol. 11, issue 9; str. 3802-3812; Impact Factor: 4.720; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; A': 1; WoS: DY, FI, PM; Avtorji / Authors: Vukomanović Marija, Bračko Ines, Poljanšek Ida, Uskoković Dragan, Škapin Srečo D., Suvorov Danilo	
		1.01	

	Tipologija	Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	1825895	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Določevanje fotokatalitske učinkovitosti TiO <sub>2</sub> prevlek na keramičnih ploščicah z opazovanjem fotodegradacije organskih barvil
		ANG	Determination of the photocatalytic efficiency of TiO <sub>2</sub> coatings on ceramic tiles by monitoring the photodegradation of organic dyes
	Opis	SLO	V članku smo opisali metodo za določanje fotokatalitske učinkovitosti prevlek iz nanodelcev TiO <sub>2</sub> na keramičnih substratih. Metodo smo osnovali na zasledovanju razbarvanja treh organskih barvil metilen modro, rodamin B in kristal vijolično, pri različnih reakcijskih pogojih. Rezultati so pokazali, da imata zelo pomembno vlogo pri reakciji razkroja teh barvil oblika spektra UV svetlobe, kot tudi njena jakost. Debelina sloja TiO <sub>2</sub> , ki zavisi od koncentracije TiO <sub>2</sub> suspenzije, ki jo nanašamo na keramični substrat močno vpliva na fotokatalitsko razgradnjo barvil. Vendar pa se pri debelejših nanosih pojavijo razpoke, ki najverjetneje vplivajo na oprijem nanosa na podlago in s tem na vzdržljivost nanosov. Raziskave so pokazale, da so vsa tri organska barvila ustrezna za določanje samočistilne učinkovitosti.
		ANG	A method for the evaluation of the photocatalytic effectiveness of nanotitaniacoatings on ceramic substrate was established. Decolourization of three organic dyes, including methylene blue (MB), rhodamine B (RB) and crystal violet (CV), was investigated under different experimental conditions. The results showed that the UV light spectrum and light intensity are important parameters when establishing this method. The effect of TiO <sub>2</sub> on the percentage degradation of the dyes was examined by varying its concentration in the suspensions between 0.1% - 4.5 wt %, which resulted in different thicknesses of the TiO <sub>2</sub> layers, and as expected higher percentages of nanotitania resulted in higher photocatalytic efficiencies. However higher amounts of titania lead to the formation of cracks on the surface, which might detrimentally affect adhesion and thus also long-term durability. The applicability of all the dyes used in the present study was proved, and there is good correlation between MB, RB and CV in the evaluation of self-cleaning efficiency.
	Objavljeno v	Ceramurgica s.p.a.; Ceramics international; 2012; Vol. 38, Iss. 2; str. 1611-1616; Impact Factor: 1.751; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.774; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Petrovič Vladimira, Ducman Vilma, Škapin Srečo D.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	4520218	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Poly(D,L-laktid-co-glikolid)/hidroksiapatitne jedro-lupina nanosfere
		ANG	Poly(D,L-lactide-co-glycolide)/hydroxyapatite core-shell nanosphere
	Opis	SLO	Določali smo spremembe površinskih lastnosti okroglih delcev na osnovi poli(laktid-ko-glikolid)/hidroksiapatit (PLGA/HAp), ki smo jih pripravili s sonokemijsko sintezo. Delce, ki so vsebovali antibiotik clindamicin smo jih izpostavili simulirani fiziološki raztopini in zasledovali njihovo topnost. Morfologija izhodnih okroglih delcev se je med procesom spremenila v obliko filma, ki je nadalje postajal porozen. Zasledovanje dinamičnih sprememb površinskih lastnosti delcev v vodnem mediju je pokazalo, da se specifična površina delcev tekom razgradnje večja (do 70 m <sup>2</sup> /g), kot tudi njihova omočljivost (kot omakanja se je povečal na vrednosti od 40 o do 60 o), kar nakazuje na dobro interakcijo s celicami. In vitro testi so pokazali zelo dobro citokompatibilnost z mišjimi celicami tipa L929 in človeškimi fibroblasti tipa MRC-5. Fibroblasti tvorijo s preiskovanimi materiali dober kontakt. Pokazalo se je, da prisotnost biokeramike HAp v teh nano materialih z jedro-lupina morfologijo ugodno vpliva na njihove površinske lastnosti z ozirom na bioaktivnost in biokompatibilnost, ki sta zelo

		pomembni za biomedicinsko uporabo.
	ANG	The novel concept of a simultaneous, controlled release of a drug and a prodrug with different physico-chemical properties was applied in order to prolong the release period of antibiotics and estimate their high local concentrations, which are the necessary preconditions for the treatment of some chronic infection diseases. For this purpose poly(D,L-lactide-co-glycolide)/hydroxyapatite (PLGA/HAp) core-shell nanostructures were used as the carrier of clindamycin-base, as a drug, and clindamycin-2-phosphate, as a prodrug model. As a result, a two-step release was observed: the controlled release of the more soluble phosphate form and the sustained release of the less-soluble base form of clindamycin, resulting in a high overall concentration of the released drug during the period of 30 days in vitro. The HAp phase within the PLGA core-shells, applied as a drug carrier, delayed the process of the degradation of the polymer; however, the presence of the drug affected the process of degradation and this influence was the dominant factor in the control over the degradation of the polymer phase of PLGA/HAp and the consequent kinetics of the drug release.
Objavljeno v		Elsevier; Colloids and surfaces; 2011; Vol. 82, no. 2; str. 414-421; Impact Factor: 3.456; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.456; A': 1; WoS: DA, EI, QE; Avtorji / Authors: Vukomanović Marija, Škapin Srečo D., Poljanšek Ida, Žagar Ema, Kralj Bogdan, Ignjatović Nenad, Uskoković Dragan
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

### 8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine<sup>7</sup>

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	24224551 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO V vidni svetlobi aktivni TiO <sub>2</sub> nanodelci pripravljene s sol-gel sintezo ANG Visible light active TiO <sub>2</sub> nano-powders prepared by sol-gel synthesis
	Opis	SLO Vojka Žunič je na 18. konferenci o materialih in tehnologijah dobila nagrado za najboljšo predstavitev med mladimi raziskovalci za področje nanoznanosti in nanotehnologije. Mednarodna konferenca je bila organizirana s strani Inštituta za kovinske materiale in tehnologije, Kemijskega inštituta in Instituta Jožef Stefan. Tekmovanja mladih raziskovalcev, so se poleg slovenskih predstavnikov udeležili tudi mladi raziskovalci iz Slovaške in Češke, skupaj je sodelovalo 34 mladih raziskovalcev. ANG Vojka Žunič received award for the best presentation at the 18th Conference on Materials and Technology in the fields of nanoscience and nanotechnology. International conference was organized by Institute for Metal Materials and Technologies, National Institute of Chemistry and Jožef Stefan Institute. Besides Slovenian researchers, young researchers from Czech republic and Slovakia also participated in the competition.
	Šifra	E.02 Mednarodne nagrade
	Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Program in knjiga povzetkov; 2010; Str. 50; Avtorji / Authors: Žunič Vojka, Škapin Srečo D., Švara Erika, Suvorov Danilo
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
2.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Fotokatalitska aktivnost Pt/TiO <sub>2</sub> nanokompozita pod vplivom vidne svetlobe

		v vodnem in plinskem mediju
	ANG	Visible-Light Photocatalytic Activity of Pt/TiO <sub>2</sub> Nano-Composites in Aqueous and Gaseous Media
Opis	SLO	Na mednarodni konferenci o fotokatalitskih materialih , ki je potekala v San Diegu, je Vojka Žunič predstavila rezultate fotokatalitske aktivnosti kompozita TiO <sub>2</sub> s Pt za razgradnjo metilenskega modrega v vodni raztopini kot tudi za oksidacijo iso-propanola v aceton v plinasti fazi.
	ANG	At the international conference on photocatalytic materials, held in San Diego, Vojka Žunič presented the results of photocatalytic activity of TiO <sub>2</sub> /Pt composites investigated in solution- using methylene blue degradation reaction, as well as photocatalytic activity of the material induced in gaseous media- using isopropanol-aceton oxidation.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	Vojka Žunič, Marija Vukomanović, Srečo D. Škapin, Andrijana Sever Škapin, Danilo Suvorov, The 16th International Conference on TiO <sub>2</sub> Photocatalysis: Fundamentals and Applications (TiO <sub>2</sub> -16), San Diego, California, November 7-10, 2011	
Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljeni predavanji)	
3.	COBISS ID	25792039 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Antibakterijske zaščite hladilnih aparatov
	ANG	Antibacterial protection of refrigerators
Opis	SLO	Magistrska naloga obravnava problematiko antibakterijskih zaščit hladilnikov. V njej je avtor, ki prihaja iz Gorenja - torej industrijskega partnerja na projektu, podrobno opisal princip fotokatalitskega delovanja in izdelal primerjalno študijo različnih antibakterijskih materialov. Opravil je tudi obsežno eksperimentalno delo študija vpliva dodatkov na lastnosti polistirena (PS), ki ga proizvajalci bele tehnike uporabljajo za notranje stene v hladilnikih. Na podlagi pridobljenih spoznanj je v zaključku kritično ovrednotil možnosti uporabe dodatkov za učinkovito antibakterijsko zaščito hladilnikov.
	ANG	Master thesis deals with antibacterial protection of refrigeration appliances. Particular emphasis was given to the most widely used silver-based antibacterial protection. The Thesis contains a detailed description of the photocatalytic process principle and summaries of some comparative studies of additives which manufacturers add in the inner liner base material as well as the data of the analysis of their surface morphology. On the basis of comparative tests and experiences gained through this study, the possibility of using such additives for antibacterial protection is critically evaluated.
Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
Objavljeno v	[J. Katanec]; 2012; IX, 71; Avtorji / Authors: Katanec Jože	
Tipologija	2.09 Magistrsko delo	
4.	COBISS ID	2473572 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Določanje fotokatalitskih lastnosti TiO <sub>2</sub> v tekoči fazi z UV/Vis spektrofotometrijo
	ANG	Determination of the photocatalytic properties of TiO <sub>2</sub> in liquid phase with UV/Vis spectrometry
Opis	SLO	V svojem diplomskem delu je avtorica opisala znanstvene osnove in postopek merjenja fotokatalitskih lastnosti TiO <sub>2</sub> v vidnem in UV spektru svetlobe.
	ANG	In her diploma work D. Makiević described the basic principles of photocatalytic activity and the measurements of it's in UV and Vis light



	spectrum.
Šifra	D.10 Pedagoško delo
Objavljeno v	[D. Makivić]; 2012; 56 f.; Avtorji / Authors: Makivić Dijana
Tipologija	2.11 Diplomsko delo

## 9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>8</sup>

V okviru JAVNEGA RAZPISA ZA PODELITEV NAGRAD ZA PRISPEVEK K TRAJNOSTNEMU RAZVOJU DRUŽBE ZA LETO 2010 je Vojka Žunič prijavila raziskovalno nalogo z naslovom Sol-gel sinteza TiO<sub>2</sub> nano-prahov, ki so fotokatalitsko aktivni pod vplivom vidne svetlobe. V nalogi je opisan postopek priprave TiO<sub>2</sub> z nižjo temperaturo faznega prehoda rutil-anataz. Le to smo dosegli z uravnavanjem PH vrednosti s trietanolaminom. Ugotovili smo, da TiO<sub>2</sub> s prevladujočo kristalno obliko rutila zaradi ustrezne velikosti delcev (20-45 nm) in površinskih hidroksilnih skupin izkazuje dobro fotokatalitsko aktivnost tako pod vplivom vidne in ultravijolične svetlobe.

V okviru tega projekta je bilo opravljeno tudi veliko raziskav, katerih rezultati še niso objavljeni. Nekaj člankov je še v pripravi, medtem ko je bil rokopis o fotokatalitski aktivnosti kompozita TiO<sub>2</sub> s Pt (z naslovom: Photocatalytic activity in gaseous and aqueous media of TiO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub>/Pt prepared via three syntheses method) že poslan v revijo Ultrasonic Sonochemistry.

Prav tako je v pripravi tudi EU patentna prijava.

## 10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>9</sup>

### 10.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>10</sup>

SLO

Projekt »Samočistilni antibakterijski fotokatalitski premazi v beli tehniki« je zasnovan tako, da združuje tako vidik znanstvenih kot tudi aplikativnih raziskav. Fotokatalitska aktivnost TiO<sub>2</sub> v vidnem delu sončnega spektra ima potencial uporabe na zelo številnih področjih, ki so povezani z energijo kot tudi z varovanjem okolja. Kljub številnim raziskavam, pa vpliv različnih substitucij na fotokatalitsko aktivnost TiO<sub>2</sub>, še vedno ni povsem jasen. Podobno je tudi na področju študija antibakterijske učinkovitosti, kjer si ugotovitve raziskovalcev nemalokrat nasprotujejo. Namen uporabe fotokatalitskega materiala v vsakdanjem življenju (antibakterijska zaščita gospodinjskih aparatov) nas omejuje na uporabo »dopantov«, ki so človeku in okolju prijazni. Cilji tega projekta presegajo zgolj pripravo materiala za praktično uporabo. Velik poudarek je na študiju korelacij med strukturo, morfologijo, dopiranjem in fotokatalitsko aktivnostjo. V nadaljevanju smo dokazali, da izkazujejo kompoziti hidroksiapatita s plemeniti kovinami še boljše fotokatalitske lastnosti kot materiali na osnovi TiO<sub>2</sub>. Rezultati raziskav, ki so bile opravljene v okviru tega projekta so bili objavljeni v številnih revijah z visokim faktorjem vpliva. V to skupino spada tudi članek o kompozitu hidroksiapatita s Pt, ki je bil objavljen v J. Mater. Chem. Z faktorjem vpliva 5.97. Članek o kompozitu titanatnih nanotrakov s Ag, ki je bil objavljen v Nanotechnology je bil eden največkrat ogledanih člankov takoj po objavi v tej reviji.

ANG

The project »Self-cleaning antibacterial photocatalytic coatings in whitewear production« includes the aspects of scientific and applied research. TiO<sub>2</sub> with photocatalytic activity under the visible light has great potential for the applications in the field of energy storage and environmental pollution control. In spite of numerous investigations, the role of various dopants on the visible-light photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> is still elusive and in some cases not clear. The similar situation is on the field of research of antibacterial efficiency, where the findings are often contradictory. Since the developed material are meant for the applications in everyday life (antibacterial protection of household appliances) we are limited with the selection of dopants. The goals of the project exceed the preparation of new material. The great emphasis is on the study of correlations between the crystal structure, morphology, doping and photocatalytic activity. In the continuation of the project we proved that the materials based on the hydroxyapatite composites with noble metals exceed the TiO<sub>2</sub> based composites. Results

obtained during the research performed within the project are published in several international journals with high impact factors. As an example are results regarding the novel HAp/Pt photocatalytic material published in J. Mater. Chem. with IF 5.97. The results regarding the novel titanate/Ag composite were declared as the top viewed/downloaded articles of the journal shortly after it was published in Nanotechnology.

## 10.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>11</sup>

SLO

Sodelujoči industrijski partner pri projektu je GORENJE, ki je eden izmed vodilnih proizvajalcev gospodinjstevskih aparatov v svetu in eno izmed največjih in najuspešnejših podjetij v Sloveniji. Za uspeh na mednarodnem tržišču se podjetje kontinuirano trudi z izboljšavami svojih izdelkov. Podjetje je lahko konkurenčno na svetovnem tržišču le z visoko- kvalitetnimi izdelki, zato se nenehno trudi za dvig dodane vrednosti svojih izdelkov. Z antibakterijskimi zaščitami svojih izdelkov se želijo uvrstiti v razred tistih najboljših, ki tako po kvaliteti kot tudi po skrbi za človeku prijazno okolje in tehniko narekujejo današnji tehnološki razvoj na področju bele tehnike.

V težnji po varovanju zdravja ljudi in zaščiti okolja, je v Evropi leta 2010 prišlo do novih predpisov, ki prepovedujejo uporabo (nano) srebra za izdelke, ki prihajajo v stik s hrano. Glede na to, da Gorenje podobno kot drugi svetovni proizvajalci za antibakterijsko zaščito notranjih delov hladilnika uporablja zaščito na osnovi srebrovih ionov, je prisiljeno iskati nove načine antibakterijske zaščite. Z vidika varnosti in obstojnosti in že znanih antibakterijskih učinkov se je zdela zaščita na osnovi TiO<sub>2</sub> najbolj primerna. V nadaljevanju smo dokazali, da so kompoziti na osnovi hidroksiapatita še bolj varni in še učinkovitejši kot tisti na osnovi TiO<sub>2</sub>.

Razvoj nove antibakterijske zaščite bi bilo za Gorenje izjemnega pomena za nadaljnjo uveljavitev in rast konkurenčnosti na mednarodnih trgih. Originalna znanstvena spoznanja o fotokatalitiki aktivnosti materialov na osnovi TiO<sub>2</sub> in hidroksiapatita, ki jih pridobivamo v okviru tega projekta, nameravamo v prihodnosti prenesti tudi na področji ekologije in gradbeništva, kar bi prineslo velik napredek tudi na teh, za Slovenijo pomembnih, področjih.

Nadaljnji pomen se kaže v izobraževanju kadrov in izmenjavi znanja med podjetjem in raziskovalno organizacijo. V izvajanje projekta so namreč vključeni sodelavci iz raziskovalne organizacije in tudi strokovnjaki iz proizvodnje, ki naj tej tematiki opravljajo svoje podiplomsko izobraževanje.

ANG

Execution of the project is performed in collaboration with the Gorenje, which is one of the leading producers of household appliances in the world and one of the biggest enterprises in Slovenia. Gorenje is able to compete with pretentious international market only with high quality products. Similar to majority of worldwide producers of household appliances Gorenje has used Ag-based antibacterial protection of interior of refrigerators. However, the new regulations in the European community have recently prohibited the use of nano-Ag in all the products that are in contact with food. Because of new regulations Gorenje is forced to look for new kind of antibacterial protection. Taking into account the safety, stability and already known antibacterial properties of TiO<sub>2</sub>, the development of TiO<sub>2</sub>-based antibacterial protection seems to be the most appropriate. In the continuation we proved that hydroxyapatite composites with noble metals are also safe and even more efficient photocatalytic and antibacterial materials. Development of new antibacterial protection is of great importance for the position of Gorenje on the competitive international market. Additionally, the photocatalytic and antibacterial activity under visible light would make possible a wider use of TiO<sub>2</sub>. In the continuation we intend to transfer the original scientific findings about the photocatalytic activity of variously doped TiO<sub>2</sub> to the field of environmental protection and building materials. It is believed that this could bring a progress also on these for Slovenia very important fields. An additional importance of the project is in education and transfer of knowledge between the research organization and industry enterprise. Namely, the experts from the industry and research organization are involved in the execution of the project with their doctoral or master thesis.

## 11. Samo za aplikativne projekte in doktorske 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	
<b>F.01</b>	<b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.02</b>	<b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>
Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	
Uporaba rezultatov	
<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.08</b>	<b>Razvoj in izdelava prototipa</b>
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.09</b>	<b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>
Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	

		<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>		
	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"/>
<b>F.11 Razvoj nove storitve</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.12 Izboljšanje obstoječe storitve</b>		
	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"/>
<b>F.13 Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.14 Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.15 Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.16 Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.19</b>	<b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.22</b>	<b>Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.23</b>	<b>Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.24</b>	<b>Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.25</b>	<b>Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.26</b>	<b>Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.28</b>	<b>Priprava/organizacija razstave</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.29</b>	<b>Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.30</b>	<b>Strokovna ocena stanja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.31</b>	<b>Razvoj standardov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
<b>F.33</b>	<b>Patent v Sloveniji</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
<b>F.34</b>	<b>Svetovalna dejavnost</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.35</b>	<b>Drugo</b>	

Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	<input type="text"/>
Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

**Komentar**


**12.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	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input 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 type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
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"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**Komentar**

--

**13.Pomen raziskovanja za sofinancerje<sup>12</sup>**

Sofinancer																					
1.	<table border="1"> <tr> <td>Naziv</td> <td>Gorenje gospodinski aparati, d.d.</td> </tr> <tr> <td>Naslov</td> <td>Partizanska cesta 12, 3320 Velenje</td> </tr> <tr> <td>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</td> <td>109.494,95 EUR</td> </tr> <tr> <td>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</td> <td>33 %</td> </tr> <tr> <td>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</td> <td>Šifra</td> </tr> <tr> <td>1.</td> <td>V. Zunič in ostali, Influence of the triblock copolymer P123 and phosphorous on the physico-chemical properties of TiO<sub>2</sub>, Applied Catalysis A: General 397 (2011) 241-249. A.01</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>M. Logar in ostali, Photocatalytic activity of nanostructured g-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> composite powder formed via a polyelectrolyte-multilayer-assisted sol-gel reaction, Materials Research Bulletin, 47 (2012) 12-17 A.01</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>I. Bračko in ostali, Silver nanoparticles on titanate nanobelts via the self-assembly of weak polyelectrolytes: synthesis and photocatalytic properties, Nanotechnology 22 (2011) 085705. A.01</td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>M. Vukomanović in ostali, Hydroxyapatite/platinum bio-photocatalyst: a biomaterial approach to self-cleaning, Journal of Materials Chemistry, 22 (2012) 10571-10580. A.01</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V. Žunič, Visible-light photocatalytic activity of</td> </tr> </table>	Naziv	Gorenje gospodinski aparati, d.d.	Naslov	Partizanska cesta 12, 3320 Velenje	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	109.494,95 EUR	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	33 %	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	1.	V. Zunič in ostali, Influence of the triblock copolymer P123 and phosphorous on the physico-chemical properties of TiO <sub>2</sub> , Applied Catalysis A: General 397 (2011) 241-249. A.01	2.	M. Logar in ostali, Photocatalytic activity of nanostructured g-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> composite powder formed via a polyelectrolyte-multilayer-assisted sol-gel reaction, Materials Research Bulletin, 47 (2012) 12-17 A.01	3.	I. Bračko in ostali, Silver nanoparticles on titanate nanobelts via the self-assembly of weak polyelectrolytes: synthesis and photocatalytic properties, Nanotechnology 22 (2011) 085705. A.01	4.	M. Vukomanović in ostali, Hydroxyapatite/platinum bio-photocatalyst: a biomaterial approach to self-cleaning, Journal of Materials Chemistry, 22 (2012) 10571-10580. A.01		V. Žunič, Visible-light photocatalytic activity of
Naziv	Gorenje gospodinski aparati, d.d.																				
Naslov	Partizanska cesta 12, 3320 Velenje																				
Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	109.494,95 EUR																				
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	33 %																				
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra																				
1.	V. Zunič in ostali, Influence of the triblock copolymer P123 and phosphorous on the physico-chemical properties of TiO <sub>2</sub> , Applied Catalysis A: General 397 (2011) 241-249. A.01																				
2.	M. Logar in ostali, Photocatalytic activity of nanostructured g-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> composite powder formed via a polyelectrolyte-multilayer-assisted sol-gel reaction, Materials Research Bulletin, 47 (2012) 12-17 A.01																				
3.	I. Bračko in ostali, Silver nanoparticles on titanate nanobelts via the self-assembly of weak polyelectrolytes: synthesis and photocatalytic properties, Nanotechnology 22 (2011) 085705. A.01																				
4.	M. Vukomanović in ostali, Hydroxyapatite/platinum bio-photocatalyst: a biomaterial approach to self-cleaning, Journal of Materials Chemistry, 22 (2012) 10571-10580. A.01																				
	V. Žunič, Visible-light photocatalytic activity of																				



	5.	Pt/TiO <sub>2</sub> nano-composites in aqueous and gaseous media, The 16th International Conference on TiO <sub>2</sub> Photocatalysis: Fundamentals and Applications, 2011.	B.03
Komentar		Pri raziskavah v okviru projekta "Samočistilni antibakterijski fotokatalitski premazi v beli tehniki" smo dali prednost materialom, ki združujejo veliko učinkovitost in tudi varnost. Glavni poudarek je bil predvsem na naslednjih skupinah materialov: (a) materiali na osnovi TiO <sub>2</sub> (TiO <sub>2</sub> z vključitvijo fosforja, TiO <sub>2</sub> kompoziti s kovinami in kovinskimi oksidi), (b) titanatne nanocevice in nanotrakovi, (c) kompoziti s hidroksiapatitom. Za sintezo teh materialov smo uporabili različne pristope, kot so sol-gel, hidrodermalna, solvothermalna in sonokemijska metoda. Ovrednotene so bile tako njihove fizikalno-kemijske lastnosti kot tudi njihova fotokatalitska (IR detekcija oksidacije isopropanola v aceton, razgradnja barvil v UV-VIS področju) in antibakterijska učinkovitost (zaviranje rasti E.Coli). Večina od pripravljenih materialov se je pokazala kot učinkovita, nekateri pa celo znatno prekašajo komercialne materiale.	
Ocena		Razvoj novega antibakterijskega premaza je za Gorenje izjemnega pomena za nadaljnje uveljavljanje na konkurenčnem mednarodnem trgu. Glede na nove predpise v EU, ki omejujejo uporabo srebra v izdelkih, ki prihajajo v stik s hrano, smo prisiljeni iskati nove načine antibakterijske zaščite, ki bi nadomestili dosedanje, na srebru zasnovano, zaščito. Z vidika varnosti in obstojnosti in že znanih antibakterijskih učinkov, se zdi zaščita na osnovi TiO <sub>2</sub> in hidroksiapatita najbolj primerna.	

#### 14. Izjemni dosežek v letu 2012<sup>13</sup>

##### 14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Postopek izdelave in uporabe materiala z antibakterijskim delovanjem na osnovi hidroksiapatita smo patentirali (Patentna prijava Št. P-201200204)

Na osnovi novega koncepta smo izdelali človeku prijazen material, ki izkazuje antibakterijsko aktivnost. Za sintezo smo uporabili sonokemijsko metodo. Ta material je kompozit, sestavljen iz biokeramične faze (hidroksi apatit), kovinske faze (zlato) in organske faze, ki vsebuje amino in tiolne skupine. Biokeramični del kompozita je nosilec antibakterijske komponente, ki kontrolira rast in stabilnost kovinskih nano delcev. Kovinski nano delci imajo funkcionalizirano površino in so nosilci antibakterijske aktivnosti kompozitnega materiala. Učinkovitost antibakterijske aktivnosti kompozita zavisi od izbire površinske funkcionalizacije, ki zagotavlja antibakterijsko aktivnost proti gram-pozitivnim in gram-negativnim bakterijam. Izumljeni materiali izkazujejo višjo antibakterijsko aktivnost kot sedaj uporabljani HAp/Ag kompoziti.

##### 14.2. 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:*

Institut "Jožef Stefan"

Danilo Suvorov

## ŽIG

Kraj in datum: 

<u>ljubljana</u>	<u>14.3.2013</u>
------------------	------------------

### Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/128

<sup>1</sup> Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

<sup>3</sup> 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](#)

<sup>4</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>5</sup> 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](#)

<sup>6</sup> 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](#)

<sup>7</sup> 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](#)

<sup>8</sup> Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>9</sup> 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](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Rubrike izpolnite / prepisite 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](#)

<sup>13</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (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/2013 v1.00

C5-D9-B7-F9-00-B8-E5-6E-2F-C1-73-C6-0F-CF-2A-29-E2-F7-AE-51

VEDA

Področje: 2.04.01 Anorganski nekovinski materiali

Izjemni dosežek: Patent

Kompozitni materiali na osnovi keramične faze in kovine s funkcionalizirano površino, kot okolju prijazni materiali z antibakterijskim delovanjem, metoda priprave in njihova uporaba

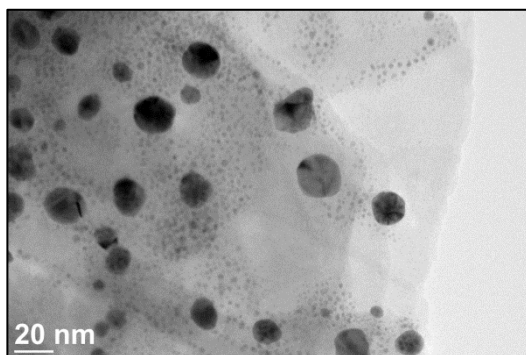
M. Vukomanović, S. D. Škapin, D. Suvorov

S sonokemijsko metodo smo sintetizirali kompozite na osnovi biokeramika/žlahtna kovina/funkcionalizacija površine nano delcev kovine. Kot nosilno fazo smo uporabili biokeramiko hidroksiapatit, ki smo jo pripravili v obliki tankih lističev (do 10 nm). Na teh delcih smo precipitirali nano delce zlata, ki smo jih nadalje funkcionalizirali z izbranimi organskimi, nestrupenimi spojinami.

Kompoziti se odlikujejo z visoko antibakterijsko učinkovitostjo proti Gram-pozitivnim in Gram-negativnim bakterijam in so praktično nestrupeni za žive celice.

### Kompozit:

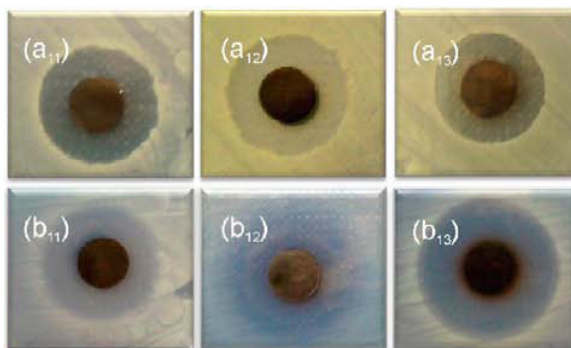
Hidroksiapatit/Au/funkcionalizacija



### Antibakterijsko delovanje

a) *E. coli*

b) *S. aureus*



### Citotoksičnost

- osteoblasti O-2

