

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/31



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4101
Naslov projekta	Razvoj naprednih procesov za doseganje visoko učinkovitih nano modificiranih tekstilnih materialov
Vodja projekta	7814 Karin Stana Kleinschek
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8429
Cenovni razred	
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 276 Cinkarna, metalurško-kemična industrija, d.d. 1679 Industrijski razvojni center slovenske predilne industrije - IRSPIN 1942 JULON Proizvodnja poliamidnih filamentov in granulatov d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo 2.14.02 Tekstilna kemija
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Veliko pozornost v zadnjih desetletjih na področju nanotehnologije je pritegnil titanijev dioksid (TiO₂), predvsem zaradi njegovih odličnih fizikalno-kemijskih

lastnosti, netoksičnosti in visoke odpornosti na toploto. Tekom projekta smo preučili in podrobno analizirali različne TiO_2 kristalne oblike, primerne za: i) trajno površinsko modifikacijo vlaknotvornih polimerov in ii) vključevanje v poliamidni filament, prednostno PA6 sodelujočega podjetja Julon. V podjetju Cinkarna Celje so sintetizirali anatazne in rutilne TiO_2 nanodelce, ki so jih oplaščili z različnimi anorganskimi oksidi (shell), z namenom povečanja adhezije in zmanjšanja fotokatalitične aktivnosti TiO_2 . Pripravili so več stabilnih vodnih disperzij z vključenimi TiO_2 -hibridi, pri čemer so uspešno rešili več problemov in sicer, kako zmanjšati aglomeracijo delcev ter na kakšen doseči enakomerno oplaščenje s siliko v vodnem mediju. Strukturo in velikost optimalnih TiO_2 -hibridov smo preučevali s SEM, TEM, DLS, FTIR in XPS analizami ter določanjem zeta potenciala. V Cinkarni so pripravili tudi več različnih polimernih koncentratov s TiO_2 nanodelci (masterbatch-e), ki so jih v Julonu vključili v predilno maso na sodobni predilni liniji. Preučili smo lokacijsko porazdelitev nanodelcev v preji (prečni in vzdolžni prerez), določili vsebnost TiO_2 , mehanske lastnosti in indeks porumenitve. V nadaljevanju smo razvili različne postopke površinske modifikacije surovinsko različnih tekstilnih materialov s TiO_2 -hibridi in tako izdelali več-funkcionalne tekstilije z izboljšanimi fizikalnimi, kemijskimi in specialnimi lastnostmi. Izbrane materiale smo predobdelali s plazmo z namenom povečanja vezave med nanodelci in materialom. Na sistemu smo variirali razelektritveno moč, frekvenco generatorja, temperaturo in čas obdelave. Preučili smo tudi kompatibilnost aplikacije posameznih koloidnih disperzij s standardnimi postopki barvanja. Materiale smo natančno okarakterizirali pred in po različnih obdelavah z metodami kot so SEM, FTIR, difuzna refleksijska spektroskopija, merjenje beline in barve, merjenjem fizikalno-mehanskih lastnosti, merjenjem stičnega kota s tenziometrijo in goniometrijo, itd. Preučili smo trajnost nanosa (učinkovitost vezanja) TiO_2 -hibridov po večkratnem pranju tekstilij, kakor tudi vpliv UV svetlobe na spremembo barve in morebitne poškodbe površine zaradi katalitičnega učinka TiO_2 . Nazadnje smo analizirali še UV zaščitne lastnosti (zelo dobra UV absorpcijska sposobnost nano TiO_2), protioksidativne, protimikrobne in samočistilne lastnosti tekstilnih materialov (bledenje madežev rdečega vina in pese, zaradi nastanka hidroksilnih radikalov pod vplivom intenzivnega UV obsevanja ali sončne svetlobe) modificiranih s TiO_2 core-shell nanodelci kakor tudi njihovo biorazgradljivost.

ANG

Significant attention in the past decades on the field of nanotechnology has attracted to the titanium dioxide (TiO_2), because of its excellent physicochemical properties, non-toxicity and good heat resistance. During the project, a wide variety of TiO_2 crystalline structures were studied and fully analyzed, suitable for: i) permanent surface modification of fibre-forming polymers and ii) admixture into polymer filament, preferentially polyamide 6 of the Julon collaborating company. Various anatase and rutile TiO_2 nanoparticles were synthesized in company Cinkarna Celje, and which were furthermore coated with different inorganic oxides (shell) with an aim to enlarge adhesion and to reduce TiO_2 photo-catalytic activity. They prepared several stable water dispersions including TiO_2 -hybrides and herein, successfully solved different problems, i.e. how to minimize agglomeration and to obtain uniform silica layers in aqueous environment. The structure and size of the optimal TiO_2 -hybrids were studied by SEM, TEM, DLS, FTIR and XPS analyses, and determination of zeta potential. Also, several polymeric concentrates with TiO_2 nanoparticles (masterbatch) were prepared by Cinkarna, and they were added into polymer spinning mass on contemporary spinning line. Herein, the local distribution of nanoparticles in the yarn was investigated (transverse and longitudinal section), the content of TiO_2 determined as well as yarns' mechanical properties and yellowing index. Additionally, different procedures were developed for surface modification of structurally-diverse textile materials by TiO_2 -hybrides and thus, developing

multi-functional textiles with improved physical, chemical and special properties. Selected materials were pre-treated with plasma in order to increase bonding ability between nanoparticles and materials. On the plasma system, several parameters were varied, i.e. the discharge power, generator frequency, temperature and treatment time. In addition, the compatibility of individual colloid dispersion application with standard dyeing procedures was carried-out. Materials were fully characterized before and after treatment with different techniques such as SEM, FTIR, diffuse reflectance spectroscopy, measurement of whiteness degree and colour, measurement of physical-mechanical properties, measurement of water contact angle using tensiometry and goniometry, etc. Also, the durability of TiO₂-hybrides after several launderings was evaluated as well as the influence of UV light on colour changes and possible surface damages on account of TiO₂ catalytic effect. Finally, UV protective properties (superior UV absorption ability of nanoTiO₂), antioxidative, antimicrobial and self-cleaning capacity of textile materials (fading of red wine and red bed stains on account of hydroxyl radicals generated under intensive UV or solar irradiation) modified by TiO₂ core-shell nanoparticles, as well as its biodegradability.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta (12000 znakov)

Globalni trendi v tekstilni industriji so usmerjeni v razvoj in proizvodnjo tekstilnih materialov z visoko dodano vrednostjo, ki imajo **večfunkcionalne lastnosti** kot so dobre mehanske lastnosti, protibakterijske lastnosti, odpornost proti umazaniji, antistatične in UV-zaščitne lastnosti, samočistilne lastnosti, itd., ki so povezane z zdravjem ljudi in njihovim udobjem.

Namen projekta je bil v sintetizirati TiO₂ oplaščene nanodelce ter razviti in optimizirati primerno tehnologijo za:

- i) trajno površinsko modifikacijo različnih vlaknotvornih polimerov in
- ii) vključevanje v poliamidni filament, prednostno PA6 sodelujočega podjetja Julon, ne da bi vplivali na poslabšanje fizikalno-mehanskih lastnosti (pretržna trdnost, elastičnost, zračna prepustnost, otip, itd.) in sorpcijskih lastnosti.

Izvedba projekta je potekala skladno s predvidenimi štirimi delovnimi sklopi po posameznih aktivnostih glede na zastavljene cilje programa raziskovalnega projekta.

Na osnovi pregleda relevantne znanstvene in strokovne literature ter analize obstoječega stanja na področju funkcionalizacije tekstilnih materialov s TiO₂ nanodelci, so strokovnjaki podjetja Cinkarna Celje (v **prvem delovnem sklopu**), v industrijskem merilu sintetizirali TiO₂ nanodelce po postopku sol-gel iz meta-titanove kisline, ki je stranski proizvod sulfatnega sinteznega postopka pri proizvodnji TiO₂ pigmenta. Za modifikacijo tekstilnih materialov so najprej pripravili sedem različnih nevtralnih (pH7) in stabilnih koloidnih disperzij z rutilnimi TiO₂ nanodelci, ki so jih oplaščili z različnimi anorganskimi oksidi v različnih koncentracijah po postopku mokrega obarjanja: rutilni TiO₂ nanodelci oplaščeni s 3, 5 ali 10% SiO₂, 3% Al₂O₃, kombinacijo 1% SiO₂/3% Al₂O₃, kombinacijo 3% Fe₂O₃/5% Al₂O₃, dopirani z Mn in oplaščeni s 3% Al₂O₃. Naknadno so pripravili še tri stabilne disperzije z različnim pH (pH7 in pH1) in različno vsebnostjo TiO₂ nanodelcev, ki so bili v anatazni monokristalini in polikristalini obliki. Vse koloidne disperzije smo analizirali glede na morfologijo in strukturo nanodelcev, velikost, kemijsko sestavo površine delca in njegov naboj, itd. z uporabo različnih analitskih metod kot so SEM, TEM, DLS, XPS, meritvami UV/Vis absorbance in Zeta potenciala v odvisnosti od pH. Vse disperzije so imele absorpcijski maksimum v UV

področju; jakost absorpcije in valovna dolžina absorpcijskega maksimuma pa sta bili odvisni od tipa in vsebnosti TiO_2 . V nadaljevanju so v Cinkarni sintetizirali več različnih polimernih koncentratov z rutilnimi ali anataznimi TiO_2 nanodelci (masterbatch-e) z odpornostjo na visoke strižne napetosti in temperaturno-tlačne obremenitve) za vgradnjo delcev v predilno maso vlaknotvornih polimerov PA6 podjetja Julon.

V **drugem delovnem sklopu** smo površino tekstilij modificirali/aktivirali s plazma obdelavo na Inštitutu Jozef Stefan (projektni partner). Plazma, kot okolju in uporabniku prijazna alternativna tehnologija, omogoča prilagojeno molekularno preoblikovanje površine materialov, ne da bi spremenili osnovne strukturne lastnosti ali videz materiala. Izbrali smo tri različne tekstilne materiale: PES, PA in bombaž in jih obdelali s kisikovo plazmo z namenom doseganja hidrofilnosti ter s CF_4 plazmo za doseganje hidrofobnosti. Glede na vrsto materiala smo sistem optimizirali; variirali smo razelektritveno moč (med 100 in 1000 W), frekvenco generatorja (12.56 ali 27.12 MHz), kinetično temperaturo nevtralnega plina v komori (med 300 in 500 K), čas plazemske obdelave (15 s, 30 s, 1 min in 4 min). Materiale smo natančno okarakterizirali pred in po obdelavi s plazmo z merjenjem fizikalno mehanskih lastnosti, kemijskih sprememb na površini z uporabo ATR-FTIR spektroskopije ter meritvami stičnega kota. Plazma obdelava ima največji vpliv na PES vzorce, kjer daljši čas plazma obdelave vpliva na hitrejše in večje navzemanje vode ter večjo hidrofilnost (stični kot je manjši). Med bombažnimi plazma predobdelanimi vzorci in referenco ni bistvenih razlik.

V **tretjem delovnem sklopu** smo razvili postopke aplikacije različnih koloidnih disperzij z vključenimi TiO_2 core-shell nanodelci na, po surovinski sestavi, različne tekstilne materiale poliamid, poliester, bombaž in različne mešanice bombaž/poliester. Stabilne TiO_2 koloidne disperzije smo nanašali na material po optimiziranih eno-kopelnih postopkih impregniranja in izčrpavanja. Pri postopkih smo spreminjali koncentracijo TiO_2 paste, vrsto in količino kemikalij in pomožnih sredstev v obdelovalni kopeli, temperaturo in čas sušenja. Površino modificiranih tkanin smo okarakterizirali s SEM, ATR-FTIR spektroskopijo, določanjem difuznega refleksijskega profila, meritvami stičnega kota ter meritvami belin po CIE. Preučili smo tudi trajnost nanosa (učinkovitost vezanja) TiO_2 -hibridov po večkratnem pranju tekstilij. Iz dobljenih rezultatov smo zaključili, da večji in bolj enakomeren nanos dosežemo s postopki izčrpavanja, kjer je material daljši čas izpostavljen nanodelcem, pri čemer večja koncentracija paste na težo materiala pomeni tudi večji nanos TiO_2 . PES vlakna po nanosu vseh TiO_2 past postanejo zelo hidrofilna v primerjavi z neobdelanimi, ki so hidrofobna.

V nadaljevanju smo ugotavljali kompatibilnost barvalnega postopka in dodanih kemikalij z nanosom TiO_2 hibridov za izbrane (tudi s plazmo predobdelane) tekstilne materiale. Za PES smo izbrali tri disperzna barvila, za PA tri kislja barvila in za bombaž tri reaktivna barvila, vsa barvila v dveh koncentracijah. Sestava barvalnih kopeli in postopki barvanja so potekali po v skladu s priporočili proizvajalca barvil. Vse vzorce smo barvnometrično ovrednotili in določili barvne razlike glede na obarvane (nemodificirane) vzorce v CIE barvnem prostoru. Iz rezultatov smo zaključili, da dodatek TiO_2 past precej spremeni barvni ton, nasičenost in svetlost odvisno od vrste in količine TiO_2 nanodelcev v pasti ter od vrste in koncentracije barvila.

Predenje poliamidnih filamentnih prej z vključenimi TiO_2 nanodelci je potekalo v industrijskem merilu v podjetju Julon na sodobni predilni liniji za proizvodnjo delno orientirane preje, ki je bila pred kratkim predelana in opremljena z galetami za uravnavanje napetosti. V Julonu so izdelali več različnih filamentnih poliamidnih prej (različna oblika prereza, število filamentov, titer preje ter vrsta in količina TiO_2 delcev). Analizirali smo

fizikalno-mehanske lastnosti prej kot so raztezek, elastični modul, pretržni raztezek, žilavost, itd., določili ostanek pepela in vsebnost TiO_2 . Preučili smo tudi lokacijsko porazdelitev nanodelcev v preji (prečni in vzdolžni prerez). Iz prej s TiO_2 vključenimi nanodelci so v Julon-u izdelali nogavice, ki so jih izpostavili temperaturam 160-199°C in UV sevanju ter določali indeks porumenitve in belino vzorcev. Ugotovili so, da so imeli vzorci z vključenimi nanodelci manjšo belino oz. večjo porumenitev od standarda. V prejo so poleg TiO_2 vključili tudi vijolično barvilo ter vzorce barvnometrično ovrednotili ter merili UV prepustnost. Ugotovili so, da so vzorci obdelani s TiO_2 manj nasičeni, vendar nekoliko temnejši. Spremeni se tudi barvni ton v odvisnosti od vrste in količine TiO_2 nanodelcev v preji.

V **četrtem delovnem sklopu** smo ovrednotili funkcionalno učinkovitost TiO_2 modificiranih vlaknotvornih polimernih materialov, z določanjem UV zaščitnih lastnosti, samočistilne sposobnosti, antimikrobnih in antioksidativnih lastnosti. UV zaščitne lastnosti smo merili po standardu AS/NZS 4399-1996 v območju 290-400 nm z uporabo UV-Vis metode ter izračunali ultravijoličnega zaščitnega faktorja (UZF). V nadaljevanju smo izbrane vzorce nekajkrat oprali in ponovno ovrednotili. Z nanosom TiO_2 -hibridov dosežemo UZF več kot 40, kar pomeni odlične UV zaščitne lastnosti tkanin. Pri vzorcih obdelanih s kombinacijo plazme in nanosom TiO_2 disperzij dosežemo višje UZF vrednosti kot v primerjavi z vzorci, ki so bili obdelani samo s TiO_2 . Izbranim vzorcem določili samočistilno sposobnost tako, da smo vzorce umazali z rdečim vinom in rdečo peso. Nato smo jih obsevali z dvema viroma svetlobe: z direktno dnevno svetlobo (29 dni) in umetno svetlobo v svetlobni komori (kombinacija 4 UVA in 4 UVB žarnic), 4 dni. Madeže smo spektrofotometrično merili pred in po obsevanju (refleksijske krivulje) ter določili jakost razbarvanja (K/S vrednosti) pri refleksijskem minimumu za posamezen madež. Najboljše razbarvanje (do 85%) smo dosegli na tkanini obdelani s kislno disperzijo polikristalinih TiO_2 nanodelcev, odvisno od časa in vrste obsevanja ter vrste madeža. Dinamični stresalni testi za določanje protimikrobnih lastnosti na bakteriji *Escherichia coli* in *Staphylococcus aureus* so bili izvedeni na Zavodu za zdravstveno varstvo Maribor po standardu ASTM E 2149-10.

Končni cilj raziskave, ki smo ga tudi uspešno realizirali je bil razviti in optimizirati industrijsko uporabne postopke trajnega nanosa različnih TiO_2 nanodelcev na/v (po surovinski sestavi) različne vlaknotvorne polimerne materiale in tako posledično izdelati materiale z večfunkcionalnimi lastnostmi, ki omogočajo visoko stopnjo gospodarske rasti.

Predstavljen projekt je povezal različne industrijske panoge (kemijsko, polimerno in tekstilno) z močno znanstveno bazo in na tak način doprinesel k uspešnemu sodelovanju in tehnološkim izboljšavam različnih nano-struktur ter njihovih aplikacij v prihodnosti, glede na namen uporabe. Praktično predstavlja raziskava korak v smeri sinteze novih produktov (Cinkarna Celje) in razvoja novih poliamidnih filamentov (Julon) za specialna področja uporabe ter s tem širitve ponudbe izdelkov obeh podjetij ter povečanje tržnega deleža v segmentu visoko cenovno in tehnološko zahtevnih izdelkov v Sloveniji in na mednarodnem tržišču.

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

V našem delu **smo izvedli vse aktivnosti ter realizirali zastavljene raziskovalne cilje predvidene v okviru trajanja projekta**. Raziskovalno delo smo izvajali glede na organizacijsko shemo projekta. V okviru projekta smo:

- Nadgradili obstoječe znanje o lastnostih in uporabi različnih vlaknotvornih polimernih materialov;

- Pridobili nova znanja o funkcionalizaciji vlaknotvornih polimerov s TiO₂ nanodelci;
- Sintetizirali TiO₂ nanodelce z želenim tipom kristalne strukture za: i) trajno površinsko modifikacijo tekstilij in ii) vključevanje v polimerno matrico pred izpredanjem;
- Izbrali in predobdelali različne vlaknate materiale s plazma obdelavo namenom povečanja sposobnosti vezanja nanodelcev predvsem na inertne sintetične materiale;
- Razvili več industrijsko uporabnih postopkov za obstojen nanos različnih TiO₂ core-shell nanodelcev na različne vlaknotvorne polimerne materiale;
- Okarakterizirali s TiO₂ hibridi modificirane materiale;
- Preučili na novo pridobljene funkcionalne lastnosti;
- Objavili dobljene rezultate v svetovno odmevnih revijah in na mednarodnih konferencah.

Uspešnost površinske funkcionalizacije, kakor tudi uspešnost **vključevanja v polimerno matrico**, je bila odvisna predvsem od sinteze transparentnih TiO₂ (core-shell) nanodelcev glede na zelene funkcionalne lastnosti materiala, kot tudi razvoja postopka njihove trajne aplikacije. V raziskavi smo uporabili izbrane tekstilne materiale izdelane iz naravnih in sintetičnih vlaken ter njihovih mešanic. Za povečanje sposobnosti vezanja smo uporabili plazemsko tehnologijo.

Tekom predstavljenega projekta smo razvili različne aplikacijske tehnike za **trajno površinsko modifikacijo** različnih tekstilnih materialov z TiO₂ nanodelci. Pri tem smo preučili vpliv različnih procesnih parametrov in dodatek različnih barvil, pomožnih sredstev in/ali aditivov na količino in enakost nanosa nanodelcev z namenom optimiziranja postopka plemenitenja. Učinkovitost razvitih postopkov smo preučili pred in po večkratnem pranju glede na mehanizem vezave, površinsko aktivnost in morfološke lastnosti, kot tudi novo dobljene funkcionalne lastnosti. **Predenje** PA6 in PA 6,6 preje z vključenimi TiO₂ core-shell delci je potekalo v sodelujočem podjetju Julon s pomočjo dozirnih ekstrudorjev, ki so bili posebej razviti za tovrstno aplikacijo. Pri tem smo preučili interakcije med izbranimi delci in polimerom ter izvedli reološke meritve in ocenili notranje viskoelastične lastnosti polimerov z dodano različno koncentracijo delcev.

S trajno aplikacijo TiO₂ nanodelcev smo razvili in izdelali visoko učinkovite nano-modificirane multifunkcionalne tekstilne materiale; povečali smo predvsem zaščito pred UV sevanjem, hidrofilnost/hidrofobnost, samočistilno sposobnost, kot tudi antimikrobne in antioksidativne lastnosti, ne da bi vplivali na poslabšanje fizikalno-mehanskih lastnosti (pretržna trdnost, elastičnost, zračna prepustnost, otip, itd.).

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

V okviru projektne skupine v letu 2014 ni prišlo do sprememb programa raziskovalnega projekta. Projekt je bil v zadnje pol leta trajanja izveden v skladu z raziskovalnimi cilji.

Spremembe, ki so nastale so povezane s sestavo projektne skupine in sicer:

V RO: 0276 – Cinkarna, se je črtala raziskovalka Vida Planinšek (13923), saj je odšla v pokoj, njene ure je prevzela Nika Veronovski (25796).

V RO: 0795 – UM Fakulteta za strojništvo, se je črtal Aleš Doliška (17577), saj ni bil več zaposlen na FS, ure smo prenesli na ostale raziskovalce.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	24572711	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Interakcija vodikove plazme z ogljik-volframovim kompozitnim slojem
		ANG	Interaction of hydrogen plasma with carbon-tungsten composite layer
	Opis	SLO	V izvirnem znanstvenem članku je bila predstavljena interakcija nevtralnih vodikovih atomov s kompozitnim slojem hydrogeniranega ogljik-volframa. Po nanosu 1 μm sloja C and WC v mešanici plina Ar/C2-H2 je bil vzorec obdelan z vodikovo plazmo. Nato smo vzorec analizirali z AES, XPS in SEM metodami. Iz rezultatov je razvidno, da pride med plazma obdelavo do jedkanja C-W sloja in po 10 minutni obdelavi zaznamo samo še volfram z veliko poroznostjo.
		ANG	Interaction of neutral hydrogen atoms with the layer of hydrogenated carbon-tungsten composite was studied. A 1 μm thick layer was prepared by sputter deposition from C and WC-targets in Ar/C2-H2 gas mixture. After deposition the samples were treated in weakly ionized highly dissociated hydrogen plasma created in a microwave discharge at a power of 1 kW. The gas flow was 13 l/h and pressure was 90 Pa. Temperature of the samples during treatment was about 850 K. After plasma treatment the samples were analyzed by AES (Auger electron spectroscopy) depth profiling, XPS (X-ray photoelectron spectroscopy) and SEM (scanning electron microscopy). It was found that during hydrogen plasma treatment selective etching of the C-W layer occurred. Carbon was preferentially removed from the C-W layer, and after about 10 min of treatment practically only tungsten with a huge porosity was detected.
	Objavljeno v		North-Holland; Special issue on the International Conference Nuclear Energy for New Europe 2009, September 14 and 17, 2009, Bled, Slovenija; Nuclear Engineering and Design; 2011; Vol. 241, no. 4; str. 1255-1260; Impact Factor: 0.765; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.949; WoS: RY; Avtorji / Authors: Vesel Alenka, Mozetič Miran, Panjan Peter, Hauptman Nina, Klanjšek Gunde Marta, Balat-Pichelin Marianne
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	16700438	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Generalizirana indirektna Fourier transformacija kot koristno orodje za strukturno karakterizacijo vodnih nanokristalinih celuloznih suspenzij z malokotno rentgensko analizo
		ANG	Generalized indirect Fourier transformation as a valuable tool for the structural characterization of aqueous nanocrystalline cellulose suspensions by small angle X-ray scattering
	Opis	SLO	V izvirnem znanstvenem članku smo uporabili malokotno rentgensko analizo (SAXS) za karakterizacijo notranje strukture in oblike nanokristalinih celuloznih suspenzij z generalizirano Fourier transformacijo (GIFT). Uporaba GIFT pristopa zagotavlja ustrezen postopek za določanje intra- in inter- interakcij delcev zaradi simultane obdelave faktorja oblike P(q) in strukturnega faktorja S(q). GIFT omogoča tudi določanje naboja delcev in indeks polidisperznosti. Preučili in okarakterizirali smo vodno suspenzijo nanokristaline celuloze (aNCS) pripravljene z H2SO4 (testni material) z uporabo SAXS, DLS in zeta potenciala.

		ANG	Small angle X-ray scattering (SAXS) is employed to characterize the inner structure and shape of aqueous nanocrystalline cellulose suspensions using the generalized indirect Fourier transformation (GIFT). The use of the GIFT approach provides a single fitting procedure for the determination of intra- and interparticle interactions due to a simultaneous treatment of the form factor $P(q)$ and the structure factor $S(q)$. Moreover, GIFT allows for the determination of particle charges and polydispersity indices. As test material, aqueous nanocrystalline cellulose suspensions (aNCS) prepared by the H_2SO_4 route have been investigated and characterized (SAXS, dynamic light scattering, zeta potential).
	Objavljeno v		American Chemical Society; Langmuir; 2013; Vol. 29, iss. 11; str. 3740-3748; Impact Factor: 4.384; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; A': 1; WoS: DY, EI, PM; Avtorji / Authors: Ehmann Heike M. A., Spirk Stefan, Doliška Aleš, Mohan Tamilselvan, Gössler Walter, Ribitsch Volker, Sfiligoj-Smole Majda, Stana-Kleinschek Karin
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	16802582	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Karakterizacija TiO ₂ suspenzij nano velikosti za funkcionalno modifikacijo poliestrne tkanine
		ANG	Characterization of nano-sized TiO ₂ suspensions for functional modification of polyester fabric
	Opis	SLO	V izvirnem znanstvenem članku smo opisali raziskavo, pri kateri smo tri komercialne nanoTiO ₂ koloidne suspenzije nanašali na poliestrno tkanino po konvencionalnem pad-dry-cure postopku z namenom uvajanja samočistilnih in UV zaščitnih lastnosti. TEM, XRD in UV/Vis spektroskopija suspenzij so potrdile prisotnost anataznih TiO ₂ nanodelcev z različno velikostjo kristalitov, kakor tudi odlično adsorpcijsko kapaciteto v UV področju. Morfološko strukturo nano-modificiranih PES tkanin smo okarakterizirali s SEM. Fotokatalitično aktivnost TiO ₂ nanodelcev nanosenih na tkanino smo spremljali z razbarvanjem dveh madežev, rdečega vina in rdeče pese, ki smo ju obsevali z dvema viroma UV svetlobe v različnih časovnih intervalih.
		ANG	Three industrially-prepared (via the sulphate synthesis process) and commercially-available nanoTiO ₂ colloidal suspensions were coated on polyester fabric using the conventional pad-dry-cure procedure, in order to enhance fabric functionalities by imparting self-cleaning and UV-protection ability. Various characterization techniques, i.e. transmission electron microscopy (TEM), X-ray diffraction analysis (XRD), and UV/Vis spectroscopy of the suspensions revealed the presence of anatase TiO ₂ spherical-shaped nanoparticles of different crystallite sizes, as well as its prominent absorption capacity within the UV region. Scanning electron microscopy (SEM) was adopted to analyse the morphological structure of nanoTiO ₂ -modified PES fabrics. Furthermore, the photocatalytic activity was investigated through the discolourations of red wine and red beet stains under two types of light sources, i.e. direct day light and artificial UV light, by means of a spectrophotometry. The UV-protective properties were also evaluated by calculating the ultraviolet protective factors of individual coated fabric. The obtained results show acceptable blocking properties against UV-rays, as well as the adequate self-cleaning abilities of TiO ₂ -modified PES fabrics as governed by the types and concentrations of applied TiO ₂ suspension.
	Objavljeno v		Elsevier Sequoia; Surface & coatings technology; 2013; Vol. 226; str. 68-74; Impact Factor: 2.199; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.361; A': 1; WoS: QG, UB; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Stana-Kleinschek Karin, Fakin Darinka

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	17861142	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv nano TiO ₂ -SiO ₂ na hidrofilnost/obarvljivost poliestrne tkanine in fotostabilnost disperznih barvil pod UV obsevanjem
		ANG	Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation
	Opis	SLO	V predstavljenem izvirnem znanstvenem članku smo preučevali vpliv TiO ₂ -SiO ₂ nanodelcev na hidrofilnost, kakor tudi sposobnost obarvanja poliestrne tkanine pri visokotemperaturnem disperznem barvanju. Za analizo treh koloidnih disperzij z različnim deležem SiO ₂ smo uporabili različne analize tehnike. V nadaljevanju smo obdelovali tkanine s kombinacijo posamezne TiO ₂ disperzije in treh barvil v dveh koncentracijah po enokopelnem izčrpalnem postopku. Obarvane/nano modificirane tkanine smo izpostavili umetnemu UV sevanju z namenom, da bi preučili možne neželene učinke bleđenja disperznih barvil zaradi prisotnosti TiO ₂ . Pri nižjem deležu SiO ₂ pride do večjega omakanja tkanin. Ob prisotnosti TiO ₂ hibridov pride do svetlejšega obarvanja tkanin, odvisno od vrste barvila in koncentracije. UV obsevanje pomembno vpliva na spremembo nianse, svetlost in jakost obarvanja, čeprav večja količina SiO ₂ prepreči neželjeno fotokatalitično delovanje nanoTiO ₂ .
		ANG	The aim of the presented work was to study the effects of TiO ₂ -SiO ₂ nanoparticles on the hydrophilicity as well as colouration ability of polyester fabric during high-temperature disperse dyeing. Various analytical techniques were employed to characterize three TiO ₂ -SiO ₂ dispersions with different SiO ₂ weight percent. In addition, one-bath exhaustion procedure was accomplished by combining TiO ₂ dispersions and three disperse dyes in two concentrations, respectively. Finally, the dyed/nano-upgraded samples were subjected to artificial UV light with the intention of establishing any undesired photo-fading behaviour of applied dyes on account of TiO ₂ presence. The results provided evidence of enhanced wettability at low SiO ₂ content, and on the other hand, pale depth of shade when the nanoTiO ₂ -hybrides were attended, regarding the type of dye and its concentration. Moreover, UV irradiation significantly influenced the hue, brightness, chroma, and colour strength, although the higher SiO ₂ amount suppressed the photocatalytic activity of nanoTiO ₂ and thus, diminished the oxidative dye-fading.
	Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Surface & coatings technology; 2014; Vol. 253; str. 185-193; Impact Factor: 2.199; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.361; A': 1; WoS: QG, UB; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Stana-Kleinschek Karin, Kurečič Manja, Ojstršek Alenka	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	18368565	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optimizacija površinske obdelave pigmentiranega TiO ₂ z vidika industrije
		ANG	Surface treatment optimization of pigmentary TiO ₂ from an industrial aspect
	Opis	SLO	Industrijski procesi so v večini omejeni zaradi proizvodnih pogojev kot je izbor in poraba kemijskih sredstev, čas in poraba energije. V izvirnem znanstvenem članku smo predstavili uspešno sintezo homogene silicijeve plasti na površini titanovega dioksida (TiO ₂) v optimalnem času in pri ustrezni temperaturi. Strukturo površinsko oplaščenega TiO ₂ smo preučili z vrstičnim elektronskim mikroskopom, transmisijsko elektronsko mikroskopijo in EDS. Prav tako smo določili izoelektrično točko (IEP) pri pH raztopine ~ 4. Z oplaščanjem TiO ₂ s SiO ₂ pride do premika izoelektrične točke. V nadaljevanju smo uporabili tudi Fourierjevo transformacijsko

		infrardečo spektroskopijo in Brunauer-Emmet-Teller analizo za ugotavljanje razlik v površinske mikrostrukture. Da smo dosegli želeno morfologijo delcev, smo optimizirali parametre oplaščenja, kar zagotavlja izboljšave v eni ali več pomembnih lastnosti delovanja, kar smo določili s pomočjo UV-Vis prepustnostjo svetlobe.
	ANG	Industrial processes are most often limited in the means of production conditions, e.g., chemical agents' selection and consumption, and time and energy conditions. In the present work, we succeeded in synthesizing a homogeneous silica layer on titanium dioxide (TiO ₂) core using moderate time and temperature conditions. The structure of the surface coated pigmentary TiO ₂ was characterized by scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, and EDS. In our research isoelectric point (IEP) of TiO ₂ was determined, which occurred when the solution pH was ~4. In the meantime, the precipitation of SiO ₂ on TiO ₂ surface resulted in the shift of IEP. In addition, Fourier transform infrared spectroscopy and Brunauer-Emmett-Teller analysis were applied in order to determine differences in surface microstructure. Coating parameters were optimized to attain desired morphology of precipitated Si-hydroxide, which in turn provides improvements in one or more important performance properties such as hiding power efficiency, which was determined by the means of UV-Vis light transmittance.
	Objavljeno v	Federation of Societies for Coatings Technology; JCT research; 2014; Vol. 11, issue 2; str. 255-264; Impact Factor: 1.280; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.666; WoS: DW, QG; Avtorji / Authors: Veronovski Nika, Lešnik Maja, Verhovšek Dejan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	16338710	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Karakterizacija koloidnih disperzij z vključenimi TiO ₂ oplaščenimi nanodelci za tekstilno funkcionalizacijo
		ANG	Colloidal dispersions' characterization of various TiO ₂ core-shell nanoparticles for textiles functionalization
	Opis	SLO	Namen študije je bil okarakterizirati različne koloidne disperzije z vključenimi TiO ₂ core-shell nanodelci za večfunkcionalno obdelavo tekstilnih materialov. Za določanje morfologije in strukture koloidnih disperzij, porazdelitve delcev, naboja delcev, itd. smo uporabili različne analize tehnike kot so vrstična elektronska mikroskopija (SEM), dinamično sipanje svetlobe (DLS), meritve zeta potenciala in UV/Vis spektrofotometrija. V nadaljevanju smo TiO ₂ disperzije aplicirali na bombažno tkanino po postopku izčrpavanja. Učinkovitost funkcionalizacije tkanin in vpliv različnih oplaščenj delcev smo preučevali z določanjem UV zaščitnega faktorja (UZF) tkanin.
		ANG	The aim of the presented study was to characterize various commercially available colloidal dispersions containing various TiO ₂ core-shell nanoparticles in order to evaluate their potential for multi-functionally treatment of textile materials. Thus, numerous analytical skills were used such as scanning electron microscopy (SEM), dynamic light scattering (DLS), zeta potential measurement and UV/Vis spectrophotometry to determine colloidal dispersions' morphology and structure, particle size distribution and pore size, chemical composition of the particle surface and its charge, etc. In addition, nano-sized TiO ₂ dispersions were applied on

		cotton fabric according to exhaustion procedure, and ultraviolet protection factor (UPF) was determined in order to examine the fabric functionalization as well as the influence of different shell particles and its concentrations on UV-blocking properties.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	University of Zagreb, Faculty of Textile Technology; Magic world of textiles; 2012; Str. 208-213; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Kurečič Manja, Hribernik Silvo, Ojstršek Alenka
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	16342806 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Površinska modifikacija bombažne tkanine z nano-TiO ₂ koloidnimi disperzijami
		ANG Surface modification of cotton fabric using nano-sized TiO ₂ colloidal dispersions
	Opis	SLO Namen raziskave je bil uporabiti različne koloidne disperzije z vključenimi nano-TiO ₂ hibridi v različnih koncentracijah z namenom modifikacije bombažne površine. Oplaščena vlakna smo morfološko okarakterizirali z uporabo vrstične elektronske mikroskopije (SEM), razliko v belini pa smo določili po CIE formuli. Obstočnost nanosa TiO ₂ hibridov smo preučevali po prvem, petem in desetem pralnem ciklu kot funkcijo meritev UV transmisije po Avstralskem/Novozelandskem standardu (AS/NZS 4399:1996). Rezultati nakazujejo enakomerno porazdelitev TiO ₂ oplaščenih nanodelcev na površini bombažne tkanine glede na koncentracijo koloidne paste in vrste delcev v plašču. Tudi po več ciklih pranja so UV zaščitne lastnosti površinsko modificiranih tkanin še vedno visoke.
		ANG The aim of the presented research was to employ diverse colloidal dispersions of nano-sized TiO ₂ hybrids in different concentration during the exhaustion procedure in order to modify cotton surface. All trials were performed on the laboratory apparatus Labomat (Mathis) at a temperature of 60°C for 110 min using liquor ratio of 1:20. Morphological characterization of the coated fibres was performed using scanning electron microscopy (SEM), and the change of textile whiteness was determined according to CIE formula. In addition, durability/bonding ability of TiO ₂ -hybrids applications was examined after first, fifth and tenth laundering cycles as a function of UV transmittance measurements according to the Australian/New Zealand Standard (AS/NZS 4399:1996). The gained results indicated equal distribution of TiO ₂ core-shell nanoparticles over the surface of cotton fabric regarding the concentration of colloidal paste and the type of the shell particles. Furthermore, surface modification by nanoparticles brings about an outstanding UV protection functionality even after several washing cycles.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Department of Textile Materials and Design, Faculty of Mechanical Engineering; Proceedings; 2012; Str. 223-231; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Fakin Darinka, Lešnik Maja, Stana-Kleinschek Karin
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
3.	COBISS ID	16946966 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Vpliv nanoTiO ₂ površinske modifikacije na obarvanje poliestra
		ANG The effect of nano TiO ₂ surface modification on polyester coloration
		Glavni cilj raziskave predstavljene na mednarodni konferenci je bil preučiti vpliv nanoTiO ₂ funkcionalizirane poliestrne tkanine na obarvljivost (kompatibilnost TiO ₂ in disperznih barvil), barvo in jakost barvila v primerjavi z obarvanim-neobdelanim poliestrom. Tkanino smo obdelali s

Opis	SLO	kombinacijo TiO2, ki je bil oplaščen z različno količino SiO2 (3, 5 ali 10%) in tremi različnimi disperznimi barvili v dveh koncentracijah po postopku izčrpavanja. V nadaljevanju smo preučili morfološke lastnosti tako obdelane tkanine s SEM in obarvanje s pomočjo barvne metrike (določanje CIE L*a*b* barvnih vrednosti). Prav tako smo ovrednotili barvne razlike med posameznimi vzorci. Iz rezultatov smo zaključili, da večja količina SiO2 povzroča večjo aglomeracijo TiO2 nanodelcev na površini tkanine; zato je jakost barvila nižja in so barvne razlike večje, predvsem na račun večje svetlosti s TiO2 obdelanih vzorcev.		
	ANG	The main contribution of the present work was to study the influence of nano-sized TiO2-treated polyester fabrics' functionalized surface properties on dyeability (TiO2/disperse dye-bath compatibility), colour, and colour strength in comparison to dyed/non-coated polyester. Colloidal dispersions including nano-sized TiO2, coated with different amount of SiO2 (3, 5 or 10%), were incorporated into dye-baths. Polyester fabric (PES) was dyed using three disperse dyes of different chemical structures in two concentration according to exhaustion procedure. In addition, morphological structures of nano-upgraded fabrics were characterized by scanning electron microscopy, and colouration behaviour by colorimetry (determination of CIE L*a*b* colour values). Also, colour differences between dyed and dyed/TiO2-SiO2 were evaluated. From the obtained results, it could be concluded that higher amount of SiO2 contributes to higher agglomeration of TiO2 nanoparticles on the fabric surface; the colour strength is lower, and the total colour differences are larger, mainly on account of higher lightness (L*).		
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
	Objavljeno v	Technische Universität Dresden, ITM; Conference proceedings; 2013; 4 f.; Avtorji / Authors: Fakin Darinka, Ojstršek Alenka		
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
4.	COBISS ID	16945430	Vir: COBISS.SI	
Opis	Naslov	SLO	Samočistilna sposobnost PES tkanine funkcionalizirane z nanoTiO2	
		ANG	Self-cleaning ability of PES fabric functionalized by nano-sized TiO2	
		SLO	Cilj predstavljene raziskave je bil ovrednotiti nanos dveh industrijsko pripravljenih in komercialno-dostopnih nanoTiO2 koloidnih disperzij na površini poliestrne tkanine (PES). Uporabili smo konvencionalni pad-dry-cure postopek z namenom uvajanja samočistilnih lastnosti. Koloidne disperzije smo analizirali s transmissijsko elektronsko mikroskopijo (TEM), površinsko morfologijo TiO2 modificiranih tkanin pa z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM). Samočistilno sposobnost tkanin smo spremljali z razbarvanjem dveh madežev, rdečega vina in rdeče pese, ki smo ju obsevali z dvema viroma UV svetlobe v različnih časovnih intervalih. Dobljeni rezultati kažejo ustrezno samočistilno sposobnost TiO2 modificiranih PES tkanin odvisno od vrste in koncentracije naneseane TiO2 disperzije.	
			ANG	The aim of this research was to evaluate the formation of two industrially-prepared and commercially-available nanoTiO2 colloidal dispersions in different concentrations applied on surface of polyester fabric (PES) according to conventional pad-dry-cure procedure in order to impart self-cleaning properties. Colloidal dispersions were analysed using transmission electron microscopy (TEM), and the surface morphology of TiO2 modified fabrics using scanning electron microscopy (SEM). In addition, the self-cleaning ability of fabrics was investigated through discoloration of two stains, red wine and red beet, under two types of light sources, i.e. direct day light and artificial UV light, by means of a spectrophotometry. The obtained results show adequate self-cleaning ability of TiO2 modified

			PES fabrics governed by the type and the concentration of TiO ₂ suspension applied.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Technische Universität Dresden, ITM; Conference proceedings; 2013; 4 f.; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Stana-Kleinschek Karin, Fakin Darinka	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
5.	COBISS ID	16963094	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Obstojnost nano-TiO ₂ funkcionalizirane bombažne tkanine po več pranjih
		<i>ANG</i>	Durability of nano-TiO ₂ functionalization of cotton fabric after several launderings
	Opis	<i>SLO</i>	Namen raziskave predstavljene na mednarodni konferenci je bil preučiti obstojnost oplaščenja bombažne tkanine z različnimi koloidnimi disperzijami nano-TiO ₂ hibridov v različnih koncentracijah po več pranjih. Preučili smo morfološke spremembe tako oplaščenih tkanin, kakor tudi obstojnost TiO ₂ hibridov po prvem, petih in desetih pralnih ciklih s pomočjo difuzijskih refleksijskih spektrov in meritev UV prepustnosti. Dobljeni rezultati nakazujejo izvrstno UV zaščito celo po več pralnih ciklih glede na koncentracijo in vrsto koloidne paste.
		<i>ANG</i>	The aim of the presented research was to study durability of coatings of diverse colloidal dispersions of nano-sized TiO ₂ hybrids in different concentration after several launderings. Morphological changes of the coated fabrics was examined as well as durability/bonding ability of TiO ₂ -hybrids after first, fifth and tenth laundering cycles as a function of diffuse reflectance spectra profiles and UV transmittance measurements. The gained results indicated an outstanding UV protection functionality even after several washing cycles regarding the concentration and the type of colloidal paste.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Universidade; Sustainable materials for future applications; 2013; 4 str.; Avtorji / Authors: Ojstršek Alenka, Hribernik Silvo, Fakin Darinka	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Znanje, ki ga je projektna skupina pridobila v sklopu projekta, smo predstavili znanstveni skupnosti, potencialnim industrijskim uporabnikom, zainteresiranim porabnikom in študentom:

- v sklopu šole IRSPIN so bili predstavljeni rezultati raziskovalnega projekta: FAKIN, Darinka. Razvoj naprednih procesov za doseganje visoko učinkovitih nano modificiranih tekstilnih materialov : predstavitev rezultatov aplikativnega raziskovalnega projekta, Šola IRSPIN 2012, Grand hotel Portorož, 17-18. maj 2012. 2012. [COBISS.SI-ID 16032790]
- organizacija mednarodne delavnice na fakulteti za strojništvo z naslovom: Funkcionalni polimerni materiali »Internacionalizacija – steber razvoja Univerze v Mariboru« od 13.1.-16.1. 2015
- za sodelujoče podjetje Julon smo izdelali dva elaborata in sicer:
- FAKIN, Darinka, OJSTRŠEK, Alenka. Prisotnost formaldehida na PA/PP/Lycra športnih majicah : poročilo. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2014. [8] f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 18218262]
- FAKIN, Darinka. Analiza učinkovitosti na UV propustnost in meritve UVA, UVB in UPF zaščitnega faktorja. Maribor: Fakulteta za strojništvo, LBBE, 2012. 12 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 15915798]

V sklopu projekta je nastalo eno magistrsko delo in eno diplomsko delo:

- LUKETIČ, Liljana. Aktivacija tekstilnih površin z uporabo plazma tehnologije za doseganje

funkcionalnih lastnosti materialov : magistrsko delo. Maribor: [L. Luketič], 2014. XII, 84 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 18337302]
 - ŠUEN, Zlatka. Funkcionalizacija materialov z uporabo TiO₂ nanostruktur : diplomsko delo. Maribor: [Z. Šuen], 2013. XIV, 47 f., ilustr., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 17640982]

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti²

SLO

Z novimi dognanji o lastnostih, modifikaciji in permanentnem nanosu anataznih TiO₂ nanodelcev in različno oplaščenih rutilnih TiO₂ hibridov, smo prispevali k obogatitvi temeljnega znanja (korelacija med reaktivnostjo, strukturo in površinskimi lastnostmi) kakor tudi uporabnega znanja (uvajanje novih stabilnih struktur in preskusnih metod ter razvoj novih tehnologij) s tega področja; ter k razvoju novih tekstilnih materialov z večfunkcionalnimi lastnostmi kot so UV zaščitne lastnosti, samočistilne lastnosti, hidrofilnost/hidrofobnost, itd. za različne namene uporabe.

Funkcionalizacijo tekstilij smo dosegli na dva načina in sicer z uvajanjem izbranih anorganskih TiO₂ nano struktur v polimerno raztopino pred pređenjem ter z modifikacijo površine materialov z uporabo plazme in/ali z aplikacijo TiO₂-hibridov, vendar tako, da nismo vplivali na poslabšanje njihovih fizikalno-mehanskih lastnosti (pretržna trdnost, elastičnost, zračna prepustnost, otip, itd.). Tekom projekta smo razvili različne industrijsko uporabne postopke aplikacije nanoTiO₂ hibridnih struktur, ki smo jih uspešno združili z barvanjem materialov ter preučili vpliv UV svetlobe na fotostabilnost barve in možno samorazgradnjo polimerov na mikro nivoju zaradi prisotnosti TiO₂ katalizatorja.

Površinske pojave pri plazemski obdelavi smo raziskali s pomočjo izvirnega znanstvenega pristopa in sicer kot funkcijo časa in gostote toka reaktivnih plazemskih delcev na površino materialov. Prednost omenjenega načina je ta, da lahko tako dobljene rezultate enostavno prenesemo na katerikoli plazma reaktor (tako dolgo, dokler so parametri znani). S kombinacijo številnih sodobnih analiznih metod in eksperimentalnih tehnik (XPS, SEM, TEM, DLS in UV/Vis spektrofotometričnih metod za karakterizacijo nano struktur, ATR-FTIR, SEM, difuzno refleksijsko spektrofotometrijo, merjenjem beline, tenziometrijo, goniometrijo in merjenjem zeta potenciala za določanje površinskih modifikacij tekstilij ter uporaba katalitične sonde in OES za karakterizacijo plazme) bolje razumemo dogajanja pri modifikaciji polimernih materialov.

Rezultate tega projekta smo objavili v 4-ih izvirnih znanstvenih člankih v mednarodnih revijah, ki jih indeksira SCI Expanded in SSCI (glede na faktor vpliva) in v 13-ih prispevkih na mednarodnih konferencah, kar predstavlja pomemben izvirni znanstveni doprinos tako na slovenskem kot mednarodnem raziskovalnem področju. Na tak način smo predstavili rezultate širši raziskovalni srenji ter izmenjali izkušnje in ideje s tujimi strokovnjaki na področju funkcionalizacije različnih vlaknotvornih polimernih materialov, ter dolgoročno povečali možnost vključevanja v različne bilateralne projekte in raziskovalne projekte EU.

ANG

New findings about the properties, modification and permanent application of anatase TiO₂ nanoparticles and differentially-coated rutile TiO₂-hybrides contributed to the enrichment of fundamental knowledge (correlation between reactivity, structure and surface properties) as well as applicable knowledge (introduction of new stable structures and testing methods, and development of new technologies) from this area; and to the development of new nano-upgraded textile materials with multifunctional properties such as UV protective, self-cleaning properties, hydrophilicity/hydrophobicity, etc. for various application purposes.

Functionalization of textiles was achieved by the incorporation of selected inorganic TiO₂ nano-structures into the polymer solution before spinning, and by the modification of fiber surface using an eco-friendly plasma technology and/or application of TiO₂-hybrides, while retaining good physico-mechanical properties of textiles (breaking strength, elasticity, air permeability, handle, etc.). During the project, various industrially-applicable procedures were developed using nanoTiO₂ hybrid structures, which were furthermore successfully united with materials dyeing; therein, the influence of intensive UV irradiation on dyes' photo-stability and possible fabrics' self-destruction on a micro level was emphasized on account of the presence of TiO₂ catalyst.

The surface phenomena during plasma treatment were studied as a function of time and the flux of reactive plasma particles onto the surface of materials, which is a unique scientific approach. The advantage of mentioned approach is that the obtained results could be easily generalized to any plasma reactor (as long as the plasma parameters are known). The combination of numerous sophisticated and cutting edge experimental techniques (XPS, SEM, DLS and UV/Vis spectrophotometric methods for nano-structures characterization, ATR-FTIR, SEM, diffuse reflectance spectroscopy, measuring of whiteness, tensiometry, goniometry and measurement of zeta potential for determination of textiles surface modification as well as use of catalytic probe and OES for plasma characterization) led to a breakthrough in the understanding of the polymers modification processes.

The results of this project were published in 4 original scientific papers in international journals indexed by SCI Expanded and SSCI (based on the impact factor) and in 13 presentations at international conferences world-wide, which represent important scientific contribution both on national and international research field. Thus, the experiences and ideas were shared with foreign experts in the field of functionalization of numerous fibre-forming materials, enhancing the possibility for submitting research proposals for bilateral programmes and EU funding programmes.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Za trajnostni družbeno-ekonomski razvoj Slovenije je nujno potrebna ohranitev dela visoko tehnološke in inovativne industrije. Za doseg tega cilja je potrebno poglobljeno sodelovanje različnih raziskovalnih skupin z univerz, inštitutov in industrije, od katerih se je vsaka že izkazala z bogato ekspertizo na svojem področju. Le tako lahko pričakujemo potencialno mreženje industrijskih partnerjev, kar bo olajšalo slovenski industriji preboj na globalna tržišča. Praktično predstavlja raziskava korak v smeri sinteze novih produktov sodelujočega podjetja Cinkarna Celje, ki spada med največja slovenska kemično-predelovalna podjetja, za specialna področja uporabe ter s tem povečanje tržnega deleža v segmentu visoko cenovno in tehnološko zahtevnih izdelkov v Sloveniji in na mednarodnem tržišču, kar je v skladu s strateško usmeritvijo družbe (eden od ciljev je pridobivanje ultrafinega TiO₂ izključno v obliki suspenzije; torej razvoj sinteznih postopkov za pridobivanje anatasa in rutila brez vmesne suhe faze, s čimer preprečujejo negativni vpliv na okolje - emisija nanodelcev ter širjenje področja uporabe ultrafinega TiO₂). Korelacija med tekstilno in polimerno kemijo ter fizikalno-kemijskimi znanji oz. pristopi je omogočila tudi razvoj novih poliamidnih filamentov (PA6 in PA 6,6 preje z vključenimi TiO₂ core-shell delci) v sodelujočem podjetju Julon, ki želi s tem razširiti svojo ponudbo izdelkov ter s pomočjo domačega znanja in tehnologij doseči nove funkcionalnosti kot so UV odpornost, antistatičnost, izboljšanje mehanskih, toplotnih in elektrokemijskih lastnosti, odpornost na organska topila, pa tudi možnost samočistilne sposobnosti in na tak način vplivati na razvoj neprijetnih vonjav in antimikrobne lastnosti, kar je njihov odgovor na najnovejše modne trende in povpraševanje po visokotehnoloških oblačilih in oblačilih za šport. Vizija podjetja Aquafil Divisione Bulgari Filati skupine Bonazzi (eden največjih proizvajalcev poliamidnih filamentov in granulato v Evropi) katerega del je Julon, je postati vodilni globalni proizvajalec sintetičnih vlaken, predvsem poliamida 6 in ključni igralec pri trajnostnem razvoju inovativnih rešitev v segmentu športnih oblačil, kopalk in spodnjega perila z naložbami v rast in odličnost. Predstavljen projekt je povezal različne industrijske panoge (kemijsko, polimerno in tekstilno) z močno znanstveno bazo in na tak način doprinesel k uspešnemu sodelovanju in tehnološkim izboljšavam različnih nano-struktur ter njihovih aplikacij v prihodnosti, glede na namen uporabe. To pomeni hitro prilagajanje izdelkov potrebam in zahtevam kupcev in s tem ohranjanje in pridobivanje novih kupcev in posledično povečanje gospodarskega poslovanja obeh podjetij. Tehnologija, ki je bila razvita v okviru projekta bi se kot taka lahko aplicirala tudi na druga industrijska področja v Sloveniji, kot so papirna industrija, kemijska industrija in farmacija.

Prenos znanja, ki smo ga pridobili v sklopu projekta, je potekal na različnih nivojih (promocija, informiranje, sodelovanje, povečanje zavedanja) in je bil namenjen različnim skupinam: znanstveni skupnosti, potencialnim industrijskim uporabnikom, zainteresiranim porabnikom, itd.

ANG

Preserving part of the innovative and high-tech industry is deemed to be essential for sustainable socio-economic development of Slovenia. Attaining this goal, the extensive

cooperation of different research groups from universities, institutes and industries, each of them already accomplished with extensive expertise in their own respective fields will be necessary. In this way we could suspect a better flow of information and potential networking between industrial partners, which will help Slovenian industry in breakthrough on the global markets.

In a practical manner, this research represents a step in the direction of novel products' syntheses of the Cinkarna Celje collaborating company, which is one of the largest chemical-processing companies in Slovenia, for special application fields; thus, increasing its market share in a segment of high-added value and high-tech products in Slovenia and on international trade markets, which is in accordance with the strategic orientation of the company (one of the strategic goal is a production of ultrafine TiO₂ explicitly in water suspension form: development of the synthesis methods for anatase and rutile without any intermediate powder phase preventing the negative influence on environment -emission of nanoparticles; extension of ultrafine TiO₂ application fields). The correlations between the textile and polymer chemistry as well as physical-chemical knowledge or approaches would also enable the development of novel polyamide filament (PA6 and PA 6.6 yarns with incorporated TiO₂ core-shell particles) within the Julon collaborating company, which want to broaden their products-offer by means of local knowledge and technologies to obtain new functionalities such as UV resistance, antistatic, improved mechanical, thermal and electrochemical properties, resistance to organic solvents as well as impart self-cleaning ability and, thereby, influencing de-odour and antimicrobial properties responding to the latest fashion trends, and the demands for high-tech clothing and sportswear. The vision of the Aquafil Divisione Bulgari Filati group of Bonazzi (one of the largest productions of polyamide filaments and granulates in Europe) part of which is Julon, is to be the global leader in the production of synthetic fibres, especially of Polyamide 6, and a key player in the sustainable development of innovative solutions in the swimwear, underwear, and sportswear sectors by investments in growth and excellence. The proposed project was joined together different industrial branches (chemical, polymer, and textile) by a strong scientific base and thus, contribute to the successful cooperation and improvement of numerous nano-structures and its applying technology in the future regarding the application purpose. This means a rapid adaptation of products regarding the needs and demands of consumers and therefore, keeping and gaining new customers, which would result in an increase in economic business for both companies. The technology, which was developed during this project, could also be applied in other industrial fields in Slovenia such as the paper and chemical industry, and pharmacy.

Finally, the dissemination of the project's results was focused on different objectives (to raise awareness, to inform, to engage, to promote), and was designed for different groups, e.g. the scientific community, potential industrial users, interested consumers, etc.

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	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE

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

F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE

	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

Rezultati našega dela so označeni v tabeli.

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	☐	☐	☒	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☒	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☒	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☒	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☒	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☒	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☒	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☒	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☒	☐	

G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☒	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☒	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☒	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☒	☐	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☒	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☒	☐	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	☐	☐	☒	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☐	☒	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☐	☒	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	☐	☒	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	☐	☒	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	☐	☐	☒	☐	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	☐	☐	☒	☐	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	☒	☐	☐	☐	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	☐	☒	☐	☐	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	☒	☐	☐	☐	
G.07.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	☐	☒	☐	☐	
G.09.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	

Komentar

Učinki naših rezultatov so označeni v tabeli.

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv	Cinkarna, metalurško-kemična industrija, d. d.	
	Naslov	Kidričeva 26, 3000 Celje	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	73.972	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	20	%

Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1. VERONOVSKI, Nika, LEŠNIK, Maja, VERHOVŠEK, Dejan. Surface treatment optimization of pigmentary TiO ₂ from an industrial aspect. JCT research, ISSN 1547-0091, nov. 2014, vol. 11, issue 2, str. 255-264	A.01
	2. FAKIN, D., STANA-KLEINSCHKE, K., KUREČIČ, M., OJSTRŠEK, A. Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation.	A.01
	3. OJSTRŠEK, Alenka, STANA-KLEINSCHKE, Karin, FAKIN, Darinka. Characterization of nano-sized TiO ₂ suspensions for functional modification of polyester fabric. Surface & coatings technology.	A.01
	4. OJSTRŠEK, Alenka, FAKIN, Darinka, LEŠNIK, Maja, STANA-KLEINSCHKE, Karin. Surface modification of cotton fabric using nano-sized TiO ₂ colloidal dispersions	B.03
	5. Vključitev v Evropsko partnerstvo za inovacije za aktivno in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing)	D.03
Komentar	Z novimi dognanji o lastnostih, modifikaciji in permanentnem nanosu anataznih TiO₂ nanodelcev in različno oplaščenih rutilnih TiO₂ hibridov, smo prispevali k obogatitvi temeljnega znanja na področju korelacije med reaktivnostjo, strukturo in površinskimi lastnostmi, kakor tudi uporabnega znanja pri uvajanju novih stabilnih struktur in preskusnih metod ter razvoj novih tehnologij s tega področja, ter k razvoju novih tekstilnih materialov z večfunkcionalnimi lastnostmi kot so UV zaščitne lastnosti, samočistilne lastnosti, hidrofilnost/hidrofobnost, itd. za različne namene uporabe. Med najpomembnejše rezultate raziskovanja za sofinancerja štejemo objavo znanstvenih člankov, med tem smo v članku z naslovom: Surface treatment optimization of pigmentary TiO₂ from an industrial aspect objavili uspešno sintezo homogene silicijeve plasti na površini titanovega dioksida (TiO₂) v optimalnem času in pri ustrezni temperaturi. Pri tem smo ugotovili, da z oplaščanjem TiO₂ s SiO₂ pride do premika izoelektrične točke. V članku: Effects of nanoTiO₂-SiO₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation smo preučevali vpliv TiO₂-SiO₂ nanodelcev na hidrofilnost, kakor tudi sposobnost obarvanja poliestrne tkanine pri visokotemperaturnem disperznem barvanju. Obarvane/nano modificirane tkanine smo izpostavili umetnemu UV sevanju z namenom, da bi preučili možne neželene učinke bledenja in ugotovili, da UV obsevanje pomembno vpliva na spremembo nianse, svetlost in jakost obarvanja, vendar večja količina SiO₂ prepreči neželjeno fotokatalitično delovanje nanoTiO₂, kar ima uporabno vrednost v našem proizvodnem procesu. Na konferenci smo v članku z naslovom: Surface modification of cotton fabric using nano-sized TiO₂ colloidal dispersions predstavili porazdelitev TiO₂ oplaščenih nanodelcev na površini bombažne tkanine in ugotovitev, da tudi po več ciklih pranja ostajajo UV zaščitne lastnosti površinsko modificiranih tkanin še vedno visoke. Na podlagi vključitve Univerze v Mariboru v Evropsko partnerstvo za iniciative in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing) - EIP AHA, bo tudi v prihodnosti omogočeno sodelovanje sofinancerja in Univerze v Mariboru na EU in nacionalnih projektih.	

	Ocena	Cinkarna Celje kot sofinancer projekta potrjuje, da je delo potekalo skladno z načrtom in v okviru planiranih delovnih sklopov. Raziskava predstavlja korak v smeri sinteze novih produktov kar je še zlasti pomembno za specialna področja uporabe v segmentu visoko cenovno in tehnološko zahtevnih izdelkov tako v Sloveniji kot na mednarodnem tržišču. To pa je skladno s strateško usmeritvijo družbe, ki si je kot cilj postavila pridobivanje ultrafinega TiO ₂ izključno v obliki suspenzije, s čimer preprečujejo negativni vpliv na okolje - emisija nanodelcev, ter širjenje področja uporabe ultrafinega TiO ₂ tudi na druga področja oz. panoge.		
2.	Naziv	Julon, Proizvodnja poliamidnih filamentov in granulatov d.d.		
	Naslov	Letališka cesta 15, 1000 Ljubljana		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	18.493	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	5	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	FAKIN, D., STANA-KLEINSCHEK, K., KUREČIČ, M., OJSTRŠEK, A. Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation.		A.01
	2.	OJSTRŠEK, Alenka, STANA-KLEINSCHEK, Karin, FAKIN, Darinka. Characterization of nano-sized TiO ₂ suspensions for functional modification of polyester fabric. Surface & coatings technology.		A.01
	3.	FAKIN, Darinka, KUREČIČ, Manja, HRIBERNIK, Silvo, OJSTRŠEK, Alenka. Colloidal dispersions' characterization of various TiO ₂ core-shell nanoparticles for textiles functionalization.		B.03
	4.	FAKIN, Darinka, OJSTRŠEK, Alenka. Prisotnost formaldehida na PA/PP/Lycra Športnih majicah; Maribor 2014.		B.06
	5.	Vključitev v Evropsko partnerstvo za inovacije za aktivno in zdravo staranje (european Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing)		D.03
	Komentar	Vizija podjetja Aquafil Divisione Bulgari Filati skupine Bonazzi, enega največjih proizvajalcev poliamidnih filamentov in granulatov v Evropi, katerega del je Julon, je postati vodilni globalni proizvajalec sintetičnih vlaken, predvsem poliamida 6 in ključni igralec pri trajnostnem razvoju inovativnih rešitev v segmentu športnih oblačil, kopalk in spodnjega perila z naložbami v rast in odličnost. Predstavljen projekt je povezal različne industrijske panoge (kemijsko, polimerno in tekstilno) z znanstveno bazo in na tak način doprinesel k uspešnemu sodelovanju in tehnološkim izboljšavam različnih nano-struktur ter njihovih aplikacij, glede na namen uporabe. Hitro prilagajanje izdelkov potrebam in zahtevam kupcev in s tem ohranjanje in pridobivanje novih kupcev in posledično povečanje gospodarskega poslovanja vseh vključenih podjetij je glavni cilj takšnega sodelovanja. Med pomembne rezultate raziskovanja za nas kot sofinancerja štejemo tudi objave več izvirnih znanstvenih člankov in prisotnost raziskovalcev na različnih znanstvenih konferencah, kjer so bili predstavljeni rezultati našega skupnega dela. Za nas je pomembno poznavanje vpliva TiO₂-SiO₂ nanodelcev na hidrofilnost, kakor tudi na sposobnost obarvanja in vpliv umetnega UV sevanja na učinek bledenja obarvanih materialov. Ugotovili smo, da UV obsevanje pomembno vpliva na spremembo barvne nianse,		

	zlasti na svetlost in jakost obarvanja, vendar večja količina dodanega SiO ₂ lahko prepreči neželeno fotokatalitično delovanje nanoTiO ₂ , kar ima uporabno vrednost v našem procesu proizvodnje. Z uspešno vključitvijo Univerze v Mariboru v Evropsko partnerstvo za iniciative in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing) - EIP AHA, bo tudi v prihodnosti omogočeno še poglobljeno sodelovanje sofinancerja in Univerze v Mariboru tako na EU in nacionalnih projektih, še zlasti v sklopu Obzorja 2020, kar je tudi cilj vsakega takšnega partnerstva.		
	Ocena	Sofinancer podjetje Julon d. d. potrjuje, da je delo na projektu potekalo skladno z načrtovanimi aktivnostmi ob sodelovanju vseh partnerjev v projektu in da ima tovrstno sodelovanje različnih partnerjev, ki prihajajo tudi iz različnih področij še poseben pomen. Tehnologija, ki je bila razvita v okviru projekta bi se kot taka lahko aplicirala tudi na druga industrijska področja v Sloveniji, kot so papirna industrija, kemijska industrija in farmacija.	
3.	Naziv	Industrijski razvojni center slovenske predilne industrije - IRSPIN	
	Naslov	Kidričeva 1, 1270 Litija	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		8.219 EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		2 %
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	FAKIN, D., STANA-KLEINSCHKE, K., KUREČIČ, M., OJSTRŠEK, A. Effects of nanoTiO ₂ -SiO ₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation.	A.01
	2.	EHMANN, H.M.A...; Generalized indirect Fourier transformation as a valuable tool for the structural characterization of aqueous nanocrystalline cellulose ...	A.01
	3.	OJSTRŠEK, Alenka, STANA-KLEINSCHKE, Karin, FAKIN, Darinka. Self-cleaning ability of PES fabric functionalized by nano-sized TiO ₂ .	B.03
	4.	FAKIN, Darinka, KUREČIČ, Manja, HRIBERNIK, Silvo, OJSTRŠEK, Alenka. Colloidal dispersions' characterization of various TiO ₂ core-shell nanoparticles for textiles functionalization.	B.03
	5.	Vključitev v Evropsko partnerstvo za inovacije za aktivno in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing)	D.03
	V raziskavi smo uporabili izbrane tekstilne materiale izdelane iz naravnih in sintetičnih vlaken ter njihovih mešanic, ki jih uporabljamo tudi v našem podjetju. Za povečanje sposobnosti vezanja smo uporabili plazemsko tehnologijo. Uspešnost površinske funkcionalizacije, kakor tudi uspešnost vključevanja v polimerno matrico, je bila odvisna predvsem od sinteze transparentnih TiO ₂ (core-shell) nanodelcev glede na želene funkcionalne lastnosti materiala, kot tudi razvoja postopka njihove trajne aplikacije. Tekom predstavljenega projekta smo razvili različne aplikacijske tehnike za trajno površinsko modifikacijo različnih tekstilnih materialov z TiO ₂ nanodelci. Pri tem smo preučili vpliv različnih procesnih parametrov in dodatek različnih barvil, pomožnih sredstev in/ali aditivov na količino in enakost nanosa nanodelcev z namenom optimiziranja postopka		

	Komentar	plemenitenja. Učinkovitost razvitih postopkov smo preučili pred in po večkratnem pranju glede na mehanizem vezave, površinsko aktivnost in morfološke lastnosti, kot tudi novo dobljene funkcionalne lastnosti. S trajno aplikacijo TiO₂ nanodelcev smo razvili in izdelali visoko učinkovite nano-modificirane multifunkcionalne tekstilne materiale; povečali smo predvsem zaščito pred UV sevanjem, hidrofilnost/hidrofobnost, samočistilno sposobnost, kot tudi antimikrobne in antioksidativne lastnosti, ne da bi vplivali na poslabšanje fizikalno-mehanskih lastnosti. Ker se je Univerzi v Mariboru v času našega projektnega sodelovanja uspelo vključiti v Evropsko partnerstvo za iniciative in zdravo staranje (European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing) - EIP AHA, bo tudi v prihodnosti mogoče še poglobljeno sodelovanje sofinancerja in Univerze v Mariboru tako na EU in nacionalnih projektih, še zlasti v sklopu Obzorja 2020.
	Ocena	IRSPIN, ki je v tem projektu sodeloval kot partner potrjuje, da je projekt potekal skladno s postavljenimi smernicami in cilji. Rezultate tega projekta so bili objavljeni v 4-ih izvirnih znanstvenih člankih v mednarodnih revijah, ki jih indeksira SCI Expanded in SSCI in v 13-ih prispevkih na mednarodnih konferencah, kar predstavlja pomemben izvirni znanstveni doprinos tako na slovenskem kot mednarodnem raziskovalnem področju. Na tak način smo predstavili rezultate širši raziskovalni srenji ter izmenjali izkušnje in ideje s tujimi strokovnjaki na področju funkcionalizacije različnih vlaknotvornih polimernih materialov, kar odpira tudi nove možnosti tako na področju raziskovalnega sodelovanja, kot tudi na področju trženja tovrstnih izdelkov.

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

V izvirnem znanstvenem članku »Effects of nanoTiO₂-SiO₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation« smo opisali raziskavo, pri kateri smo obdelovali PES tkanine s kombinacijo treh industrijsko pripravljenih TiO₂-SiO₂ disperzij z različnim deležem SiO₂ in treh disperznih barvil v dveh koncentracijah po enokopelnem izčrpalnem visokotemperaturnem postopku. Obarvane/nano modificirane tkanine smo izpostavili umetnemu UV sevanju z namenom, da bi preučili neželene učinke bledenja barvil zaradi TiO₂. Kemijske in morfološke spremembe na površini vlaken smo zasledovali s FTIR in SEM. Z merjenjem stičnega kota smo ugotovili, da pride pri nižjem deležu SiO₂ do večjega omakanja. Ob prisotnosti TiO₂ hibridov pride do svetlejšega obarvanja tkanin, odvisno od vrste barvila in koncentracije. UV obsevanje vpliva na spremembo nianse, svetlost in jakost obarvanja, čeprav večja količina SiO₂ prepreči neželjeno fotokatalitično delovanje TiO₂.

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:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za
strojništvo

Karin Stana Kleinschek

ŽIG

Kraj in datum:

Maribor

11.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/31

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](#)

¹² 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

ED-54-01-9C-1A-8C-C0-78-B0-73-B3-24-07-06-02-B0-E5-C6-56-94

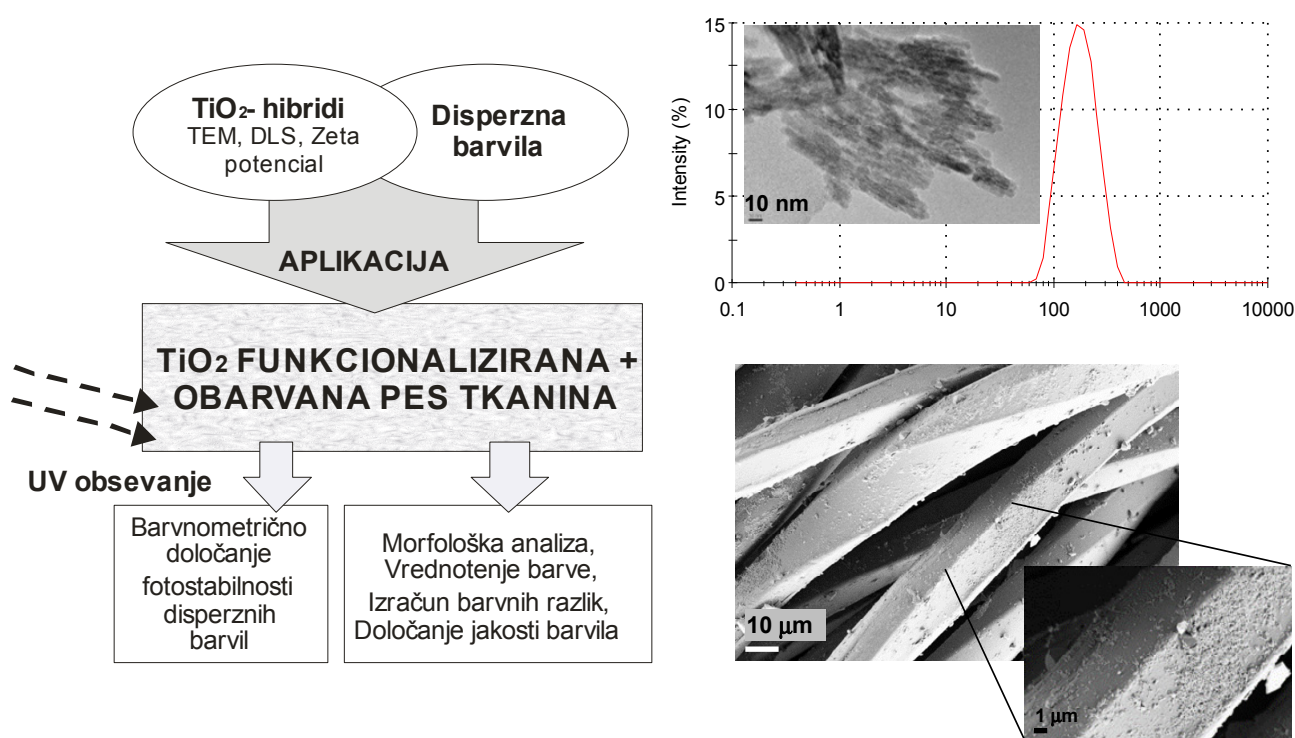
Priloga 1

TEHNIKA

Področje: 2.14 – Tekstilstvo in usnjarstvo

Dosežek: FAKIN, Darinka, STANA-KLEINSCHEK, Karin, KUREČIČ, Manja, OJSTRŠEK, Alenka. Effects of nanoTiO₂-SiO₂ on the hydrophilicity/dyeability of polyester fabric and photostability of disperse dyes under UV irradiation. *Surface & coatings technology*, 2014, vol. 253, str. 185-193.

Vir (COBISS.SI-ID): 17861142



Raziskovalci projektne skupine L2-4101 (UM-FS, IJS, Cinkarna Celje, Julon, IRSPIN) smo razvili nov visokotemperaturni eno-kopelni postopek aplikacije TiO₂ nanodelcev oplaščenih z različno koncentracijo SiO₂ skupaj z disperznimi barvili in tekstilnimi pomožnimi sredstvi za večfunkcionalno obdelavo PES tkanine. S tem smo izboljšali hidrofilnost inertnih poliestrskih vlaken ter povečali UV zaščitne lastnosti. Zaradi oplaščenja TiO₂ nanodelcev s silicijevim oksidom, se povečajo tudi obstojnosti nanešenih barvil na svetlobo. Članek je bil objavljen v prestižni reviji s področja znanosti o materialih in oplaščanju materialov.

Razviti postopek je primeren za industrijsko aplikacijo. Še več, poliesterne tkanine so enakomerno oplašene z nanodelci, ki ščitijo barvo pred bledenjem zaradi delovanja svetlobe. Dosežek je potencialno uporaben tudi na področju papirne industrije, industrije premazov, itd.