

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/217



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J1-4307
Naslov projekta	Kolektivna in molekularna dinamika fotoobčutljivih tekočerkristalnih elastomerov
Vodja projekta	3470 Martin Čopič
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	7560
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika 1.02.01 Fizika kondenzirane materije
Družbeno-ekonomski cilj	13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1 Naravoslovne vede 1.03 Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Tekočerkristalni elastomeri (LCE) so pametni materiali z izrednimi mehanskimi in optičnimi lastnostmi, ki jih je mogoče v širokem obsegu krmiliti z zunanji vplivi in privediti specifičnim potrebam z načinom priprave in dodajanjem ustreznih primesi. LCE se zaradi sklopitve med elastičnostjo polimera in nematičnim redom pri spremembi nematičnega reda močno

deformirajo. To se lahko zgodi zaradi spremembe temperature ali drugega zunanega vpliva. Med drugim ga je mogoče spremeniti s tem, da v LCE dodamo primesi, ki spremenijo konformacijo pod vplivom (navadno UV) svetlobe. Poleg izrednih mehanskih lastnosti imajo LCE tudi enake optične lastnosti kot običajni tekoči kristali. Za razumevanje obnašanja fotoobčutljivih LCE in za njihovo uporabo kot svetlobno krmiljeni mehanski aktuatorji je bistveno poznavanje kinetike absorpcije in prehodov med vzbujenimi elektronskimi stanji in posledično med trans in cis konformacijo na molekularnem nivoju. Tako smo raziskovali dinamiko nelinearne absorpcije UV svetlobe v nematskem elastomeru s primesjo svetlobno občutljivih molekul derivata azobenzena. V vzorce smo zapisovali holografsko uklonsko mrežico in izdelali novo metodo računa tvorbe mrežice s hkratnim upoštevanjem procesa nelinearnega nasičenja absorpcije in samouklona UV snopov. S tem smo določili globino zapisa uklonske mrežice v odvisnosti od časa obsevanja ter preseka za prehod iz trans v cis konformacijo ter za obratni prehod. Te meritve so pomembne za razumevanje procesov pri obsevanju fotoobčutljivih nematičnih elastomerov za uporabo v mehanskih aktuatorjih. Razvili smo lastne postopke za pripravo običajnih nematičnih LCE in fotoobčutljivih elastomerov s primesmi derivatov azobenzena. Raziskovali smo kinetiko zapisa in termičnega razpada holografsko zapisanih uklonskih mrežic v fotoobčutljive tanke LCE vzorce. Podrobno smo analizirali dinamiko sklopljenih fluktuacij direktorja in strižne deformacije v LCE s posebnim poudarkom na pojavu mehke elastičnosti. Z devterijevo magnetno resonanco smo pokazali, da je zamreževalec UB (d4) v običajnem termotropnem tekočem kristalu ZLI1167 dober indikator nematičnega parametra reda in da je vpliv biaksialnosti zanemarljiv. Z meritvijo časovne odvisnosti uklonskega izkoristka v bližini prehoda iz nematične v paranematično fazo smo določili odvisnost temperature faznega prehoda od koncentracije cis izomera azobenzena. V sodelovanju z raziskovalci Univerze v Cambridgeu in z ETH Zurich smo obravnavali odvisnost mehanske napetosti v vpetem vzorcu LCE pri obsevanju z UV svetlobo in določili bistvene snovne parametre vzorca. Možnosti za direktno aktivacijo z uporovnim gretjem smo raziskovali na novem dvoplastnem kompozitnem aktuatorju, ki je zgrajen iz nematskih LCE ter prevodnih polimerov. To je omogočilo razvoj zanesljivega, popolnoma organskega aktuatorja milimetrskih dimenzij.

ANG

Liquid crystal elastomers (LCE) are smart materials with extraordinary mechanical and optical properties, which can be in a broad range controlled by external influences and tailored to specific needs with preparation procedures and addition of suitable dopants. Due to the coupling between polymer elasticity and nematic order, LCE samples strongly deform with a change of nematic order. This can happen due to temperature change or other external influence. It can be changed by adding into LCE some dopant that changes conformation under the influence of (usually UV) light. In addition to extraordinary mechanical properties LCE poses similar optical properties as usual liquid crystals. The molecular kinetics of the absorption processes and transitions among the electronic states leading to the trans to cis isomerization is very important for the understanding of the behavior of photosensitive LCE. We investigated the dynamics of nonlinear absorption of UV light in LCE doped with photosensitive azobenzene moieties. Holographic diffraction grating was written in the samples and a new numerical method to calculate the grating formation including nonlinear absorption saturation and self-diffraction was developed to determine the depth of the grating as a function of irradiation dose and the trans-cis transition cross-section. These measurements are important for understanding of the processes in photosensitive LCE mechanical actuators. We developed the procedures for preparation of usual nematic and photosensitive LCE doped with azobenzene derivatives. We investigated the writing kinetics and thermal decay of holographic diffraction gratings in thin photosensitive LCE samples. We analyzed in detail the dynamics of coupled fluctuations of the nematic director and shear deformation in LCE with an emphasis on the phenomenon of soft elasticity. With the use of deuterium magnetic resonance we showed that the crosslinker UB(d4) in usual thermotropic liquid crystal ZLI 1167 is a good indicator of the nematic order parameter and that the influence of biaxiality is negligible. With the measurement of time dependence of the decay of the diffraction efficiency in the vicinity of the nematic-paranematic transition we determined the dependence of the transition temperature on the concentration of the cis isomer of azobenzene. In collaboration with groups from University of Cambridge and ETH Zurich we investigated the dependence of stress in clamped sample of LCE in dependence of UV irradiation and determined all the essential parameters of the sample. In a new double-layered composite actuator made from nematic LCE and

conductive polymer we investigated the possibility of direct actuation with resistive heating. This led to the development of a completely organic actuator of millimeter dimensions.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

V letu 2011 smo raziskovali dinamiko nelinearne absorpcije UV svetlobe v nematskem elastomeru s primesjo svetlobno občutljivih molekul derivata azobenzena, ki pri obsevanju z UV svetlobo preide iz trans v cis konformacijo. Zato se lokalno zmanjša nematični parameter reda, kar naprej povzroči spremembo optičnih lastnosti in mehansko deformacijo. V vzorce smo zapisovali holografsko uklonsko mrežico s tem, da smo uporabili prekržana koherentna snopa UV laserske svetlobe in s testnim žarkom merili kotno odvisnost uklona testnega snopa v Braggovem režimu. Izdelali smo novo metodo računa tvorbe mrežice s hkratnim upoštevanjem procesa nelinearnega nasičenja absorpcije in samouklona UV snopov. S primerjavo numeričnega računa in meritev smo določili globino zapisa uklonske mrežice v odvisnosti od časa obsevanja ter presek za prehod iz trans v cis konformacijo ter za obratni prehod. Te meritve so pomembne za razumevanje procesov pri obsevanju fotoobčutljivih nematičnih elastomerov za uporabo v mehanskih aktuatorjih. Članek o tem delu smo objavili v Physical Review E. V letu 2011 smo tudi pričeli z meritvami fluktuacij nematičnega direktorja v fotoobčutljivih nematičnih elastomerih v odvisnosti od osvetlitve z UV svetlobo. S tem smo lahko določili kvantitativno zvezo med osvetljevanjem in spremembo nematičnega parametra reda. V letu 2012 smo razvili lastne postopke za pripravo običajnih nematičnih elastomerov (LCE) in fotoobčutljivih elastomerov s primesmi derivatov azobenzena. Raziskovali smo kinetiko zapisa in termičnega razpada holografsko zapisanih uklonskih mrežic v fotoobčutljive tanke LCE vzorce. Uklonski izkoristek med zapisovanjem kaže nepravilne oscilacije, ki jih pripisujemo krčenju filma med zapisom. Daleč pod temperaturo prehoda v izotropno fazo je termični razpad eksponenten in se relaksacijski čas pričakovano pokorava Arrheiusovemu zakonu. Pri temperaturah blizu izotropne faze pa uklonski izkoristek najprej naraste, nato pa pade. To nemonotono obnašanje pripisujemo in modelsko analiziramo z nelinearno zvezo med koncentracijo fotoizomeriziranih molekul azobenzena in nematičnim parametrom reda. Pomembno vprašanje pri tekočekristalnih elastomerih je urejenost zamreževalnih enot. Z devterijevo magnetno resonanco smo najprej pokazali, da je zamreževalec UB (d4) v običajnem termotropnem tekočem kristalu ZLI1167 dober indikator nematičnega parametra reda in da je vpliv biaksialnosti zanemarljiv. Tako je s to metodo mogoče dobro spremljati nematični red v LCE zamreženim z UB(d4). Nadaljevali smo tudi podrobno analizo sklopljenih fluktuacij direktorja in strižne deformacije v LCE s posebnim poudarkom na pojavu mehke elastičnosti. Pokazali smo, da je pri kritičnem raztegu le upogibna deformacija popolnoma mehka in da ima relaksacijski čas mehkega načina močno odvisnost od smeri valovnega vektorja.

V letu 2013 smo v skladu z načrtom nadaljevali karakterizacijo fotoobčutljivih tekočekristalnih elastomerov (TKE). Merili smo časovno odvisnost uklonskega izkoristka v bližini prehoda iz nematične v paranematično fazo in pokazali, da iz nemonotone odvisnosti relaksacije zapisane mrežice in z uporabo modela nelinearne absorpcije lahko določimo odvisnost temperature faznega prehoda od koncentracije cis izomera azobenzena. V sodelovanju z raziskovalci Univerze v Cambridgeu in z ETH Zurich smo na podoben način obravnavali odvisnost mehanske napetosti v vpetem vzorcu TKE pri obsevanju z UV svetlobo in pokazali, da je iz časovne odvisnosti pri izbrani temperaturi mogoče določiti bistvene snovne parametre vzorca, kot so kvantni izkoristek fotoizomerizacije, absorpcijske koeficiente trans in cis izomera in relaksacijski čas za prehod nazaj v trans izomer. S tem je mogoče dobro popisati obnašanje pri vseh temperaturah zgolj z upoštevanjem temperaturne odvisnosti relaksacijskega časa. Primerjali smo tudi odvisnost lomnega količnika od osvetlitve v dveh TKE. V prvem so bile molekule azobenzena stranske enote polimerne verige, v drugem pa zamreževalne enote. Ugotovili smo, da se v drugem vzorcu stopnja modulacije lomnega količnika zmanjšuje pri dolgotrajnem osvetljevanju, kar je povezano z urejanjem azobenzena v polju polarizirane svetlobe. Ena izmed bolj pomembnih smeri raziskav TKE je iskanje direktnih metod za aktuacijo, ki bi bile bolj primerne za aplikacije kot običajno uporabljena indirektna aktuacija s segrevanjem. Možnosti za direktno aktuacijo, npr. z uporovnim gretjem samega elastomera, smo raziskovali na novem dvoplastnem kompozitnem aktuatorju, ki je zgrajen iz nematskih TKE ter prevodnih polimerov (PEDOT:PSS). Ugotovili smo, da se mehanske lastnosti PEDOT: PSS bolje ujema z lastnostmi TKE v primerjavi z drugimi rešitvami, ki kot prevodnik

uporabljajo kovine ali anorganske nanodelce. To je omogočilo razvoj zanesljivega, popolnoma organskega aktuatorja milimetrskih dimenzij. V kombinaciji s komplementarnimi metodami, kot je pisanje holografskih vzorcev na svetlobo občutljive LCE za spreminjanje optičnih lastnosti, lahko tovrstne komponente pomembno prispevajo k razvoju novih aplikacij. V letu 2014 smo sodelovali pri sintezi in karakterizaciji novih LCE v obliki monodmernih filmov, ki kažejo nematično in SmA fazo. Z metodami diferencialne kalorimetrije, polarizacijske mikroskopije in rentgenskega uklona smo določili fazni diagram. Ta sistem ima optimalne lastnosti za termomehanske aktuatorje.

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

Ocenjujemo, da so bili cilji dela v celoti realizirani. Kinetične lastnosti trans-cis izomerizacije azobenzena smo v zastavljenih ciljeh nameravali raziskovati z zahtevno tehniko pikosekundne spektroskopije (cilj 3), med delom pa se je pokazalo, da smo lahko te lastnosti določili posredno z meritvami časovne in temperaturne odvisnosti uklonskega izkoristka pri zapisu in razpadu holografskih mrežic vzorcev LCE s primesjo azobenzena.

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

Med trajanjem projekta ni bilo bistvenih sprememb raziskovalnega projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	2533988	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optične lastnosti svetlobnoobčutljivih tekočerkristalnih elastomerov v bližini nematičnega paranematičnega faznega prehoda
		ANG	Optical properties of light-sensitive liquid-crystal elastomers in the vicinity of the nematic-paranematic phase transition
	Opis	SLO	Raziskovali smo svetlobno inducirane vzorce v monodomenskem tekočerkristalnem elastomeru s primesjo svetlobno občutljivih molekul na osnovi azobenzena v bližini faznega prehoda iz nematične v paranematično fazo. Pokazali smo, da močno nelinearna zveza med koncentracijo azobenzena in spremembo lomnega količnika, značilna za območje faznega prehoda, povzroči nemonotono časovno odvisnost uklonskega izkoristka testnega žarka. Ta pojav nam je omogočil določiti odvisnost temperature prehoda od koncentracije cis izomera. Ta povezava omogoča tudi zapis skritega holograma, ki postane viden pri ohlaiditvi vzorca v nematično fazo.
ANG		We investigate light-induced patterning of a monodomain side-chain liquid crystal elastomer (SC-LCE) doped with light-sensitive azobenzene moiety in the temperature region close to the nematic-paranematic phase transition. We show that a strongly nonlinear relationship between the concentration of the cis isomers of the azomesogens and the refractive index modification of the material, which is characteristic for the phase transition region, results in nonmonotonous time dependence of the diffraction efficiency of a probe beam. From this effect we determine the sensitivity of the nematic transition temperature on the molar fraction of the cis isomers. The relation between the cis isomer molar fraction and nematic order also provides a possibility for recording hidden holograms, which can be made visible by cooling the sample from the paranematic to the nematic phase.	
		Published by the American Physical Society through the American Institute of Physics; Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter	

	Objavljeno v	physics; 2013; Vol. 87, iss. 2; str. 022507-1-022507-7; Impact Factor: 2.326; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.312; A': 1; WoS: UF, UR; Avtorji / Authors: Gregorc Marko, Li Hui, Domenici Valentina, Ambrožič Gabriela, Čopič Martin, Drevenšek Olenik Irena	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	2603876	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Fotodinamika mehanske napetosti v vpetem nematičnem elastomeru
		ANG	Photodynamics of stress in clamped nematic elastomers
	Opis	SLO	Neenostavna odvisnost sile, ki jo izvaja vpet vzorec fotoobčutljivega elastomera pri osvetljevanju, je posledica nelinearne absorpcije, ki povzroča znatno koncentracijo cis izomera, ki prodora v vzorec z značilno dinamiko. Eksperimentalno podatke pri izbrani temperaturi smo prilagodili modelu in določili snovne parametre. Zveza med silo in časom je s tem dobro opisana pri vseh temperaturah; naš model da univerzalni opis dinamike.
		ANG	We describe the complex time dependence of the buildup of force exerted by a clamped photoelastomer under illumination. Nonlinear (non-B Beer) absorption leads to a bleaching wave of a significant cis isomer dye concentration deeply penetrating the solid with a highly characteristic dynamics. We fit our experimental response at one temperature to obtain material parameters. Force-time data can be matched at all other temperatures with no fitting required; our model provides a universal description of this unusual dynamics. The description is unambiguous since these are clamped systems where gross polymer motion is suppressed as a possible source of anomalous dynamics. Future experiments are suggested.
	Objavljeno v	Published by the American Physical Society through the American Institute of Physics; Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics; 2013; Vol. 87, iss. 6; str. 062503-1-062503-7; Impact Factor: 2.326; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.312; A': 1; WoS: UF, UR; Avtorji / Authors: Knežević Miloš, Warner Mark, Čopič Martin, Sánchez-Ferrer Antoni	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	2603620	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Svetlobno inducirana modulacija lomnega količnika fotoaktivnega tekoče kristalnih elastomerov
		ANG	Light-induced refractive index modulation in photoactive liquid-crystalline elastomers
	Opis	SLO	Poročamo o primerjalni študiji spremembe lomnega količnika v dveh analognih monodomenskih tekočerkristalnih elastomerov. V enem so mesogene molekule na osnovi azobenzena kot stranski monomeri, v drugem pa kot zamreževalne enote. Odvisnost optičnega uklona od polarizacije testnega žarka kaže, da je v obeh vzorcih odziv predvsem volumski. Pri dolgotrajnem obsevanju kaže vzorec s stranskimi enotami azobenzena konstanten uklon, medtem ko drugi vzorec kaže močno zmanjšanje uklonskega izkoristka s podaljševanjem časa obsevanja. Razliko pripisujemo fotoinduciranemu urejanju enot azobenzena, ki je močnejše v vzorcu, zamreženem z azobenzenom.
		ANG	A comparative study of UV-irradiation-induced refractive index modulation in two analogous monodomain nematic side-chain liquid-crystalline elastomer materials is conveyed. In one of them, mesogenic azobenzene derivatives are incorporated as pendant co-monomers, and in the other as crosslinking units. The dependence of the optical diffraction properties on the polarization state of the probe beam reveals that diffraction is

		predominantly of a bulk origin for both materials. For prolonged UV exposures, the material with pendant azobenzene derivatives exhibits practically constant diffraction properties, while the material with cross-linking azobenzene units shows a profound decrease of diffraction efficiency with increasing exposure time. The difference is attributed to photoinduced alignment of the azobenzene molecules, which is much stronger in the material with the crosslinking azobenzene units.	
	Objavljeno v	Hüthig & Wepf; Macromolecular chemistry and physics; 2013; Vol. 214, iss. 23; str. 2744-2751; Impact Factor: 2.451; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.242; WoS: UY; Avtorji / Authors: Tašič Blaž, Li Wei, Sánchez-Ferrer Antoni, Čopič Martin, Drevenšek Olenik Irena	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	25765927	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Kinetika holografskega zapisa in spontanega izbrisa v svetlobno občutljivih tekočektistalnih elastomerih
		ANG	Kinetics of holographic recording and spontaneous erasure processes in light-sensitive liquid crystal elastomers
	Opis	SLO	Raziskovali smo kinetiko zapisa in termičnega razpada holografsko zapisanih uklonskih mrežic v fotoobčutljive tanke LCE vzorce. Uklonski izkoristek med zapisovanjem kaže nepravilne oscilacije, ki jih pripisujemo krčenju filma med zapisom. Daleč pod temperaturo prehoda v izotropno fazo je termični razpad eksponenten in se relaksacijski čas pirčakovano pokorava Arrheiusovemu zakonu. Pri temperaturah blizu izotropne faze pa uklonski izkoristek najprej naraste, nato pa pade. To nemonotono obnašanje pripisujemo in modelsko analiziramo z nelinearno zvezo med koncentracijo fotoizomeriziranih molekul azobenzena in nematičnim parametrom reda.
		ANG	The kinetics of holographic recording of diffraction grating into thin films of a light-sensitive monodomain liquid crystal elastomer shows an irregular oscillatory behavior attributed to contraction of the film during the recording process. At temperatures far below the nematicisotropic phase transition, the spontaneous erasure kinetics exhibits exponential relaxation with relaxation time following the Arrhenius activation law. However, at temperatures close to the nematicisotropic phase transition, the erasure process shows an interesting nonmonotonic behavior that we attribute to the nonlinear relation between the concentration of the phototransformed chemical groups and the nematic order parameter.
	Objavljeno v	Molecular Diversity Preservation International; Materials; 2012; Vol. 5, no. 5; str. 741-753; Impact Factor: 2.247; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.402; A': 1; WoS: PM; Avtorji / Authors: Gregorc Marko, Li Hui, Domenici Valentina, Ambrožič Gabriela, Čopič Martin, Drevenšek Olenik Irena	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	25573927	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	[sup]2H NMR orientational study of a probe dissolved in nematic solution and, used as crosslinker, in a liquid crystalline elastomer
		ANG	[sup]2H NMR orientational study of a probe dissolved in nematic solution and, used as crosslinker, in a liquid crystalline elastomer
	Opis	SLO	Z devterijevo magnetno resonanco smo najprej pokazali, da je zamreževalec UB (d4) v običajnem termotropnem tekočem kristalu ZLI1167 dober indikator nematičnega parametra reda in da je vpliv biaksialnosti zanemarljiv. Tako je s to metodo mogoče dobro spremljati

		nematični red v LCE zamreženim z UB(d4).
	ANG	The orientational order parameters of UBd(4) [1,4bis(undec10en1yloxy)benzened(4)] in the ZLI1167 nematic mixture are studied by means of H2 NMR at variable temperature. UBd(4) is a typical crosslinker in liquid crystal elastomers (LCEs). We infer that the biaxial order parameter of the crosslinker in the LCE matrix is low enough to be neglected. The crosslinker UBd(4) is a reliable probe to monitor the nematic order in the LSCEUBd(4) sample.
Objavljeno v		Taylor & Francis; Liquid crystals; 2012; Vol. 39, no. 2; str. 165-174; Impact Factor: 1.959; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.179; WoS: FI; Avtorji / Authors: Abbandonato Gerardo, Catalano Donata, Domenici Valentina, Zalar Boštjan
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	2587748 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Meritve tekočerkristalnih elastomerov s svetlobo ANG Probing liquid crystal elastomers with light
	Opis	SLO V predavanju so bile predstavljene meritve snovnih konstant tekoče kristalnih elastomerov (TKE) s sipanjem svetlobe in fotoobčutljivih TKE z meritvijo uklonskega izkoristka z UV svetlobo holografsko zapisanih periodičnih modulacij lomnega količnika. ANG In the talk the measurements of the material parameters of liquid crystal elastomers (LCE) by dynamic light scattering were presented. In light sensitive LCE the properties were obtained by measurements of the diffraction efficiency of holographically recorded periodic modulation of the refractive index by UV light.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v	s. n.]; ILCEC7; 2013; Str. 18; Avtorji / Authors: Čopič Martin, Petelin Andrej, Drevenšek Olenik Irena
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)
2.	COBISS ID	2575716 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Kinetika svetlobno induciranih vzorcev v tekočerkristalnih elastomerih ANG Kinetics of light-induced patterning in liquid crystal elastomers (joint talk with I-CAMP)
	Opis	SLO Martin Čopič je bil povabljen k sodelovanju v programu Matematika tekočih kristalov, ki ga je organiziral Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences od 7. 1. 2013 do 5. 7. 2013. V okviru programa je imel več predavanj o svojem delu. Do 1. 9. 2013 je bil tudi gost Cavendish Laboratory Univerze v Cambridgeu. ANG Martin Čopič was invited to participate in the programme Mathematics of Liquid Crystals, organized by Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences from 7. 1. 2013 to 5. 7. 2013. As part of the programme he presented several talks. Until 1. 9. 2013 he was also guest of the Cavendish Laboratory of the University of Cambridge.
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi

	Objavljeno v	Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences; Liquid Crystal Defects and their Geometry, Active and Solid Liquid Crystals, and Related Systems, 24 - 28 June 2013; 2013; Avtorji / Authors: Čopič Martin	
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)	
3.	COBISS ID	25336103	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Krmiljene fotonske strukture na osnovi tekočerkristalnih kompozitov
		ANG	Tunable photonic structures from polymer-liquid crystal composites
	Opis	SLO	V predavanju je bila predstavljena možna uporaba holografsko izdelanih struktur fotoobčutljivih kompozitov polimerov in tekočih kristalov v optiki in za nevtronsko interferometrijo.
		ANG	Possible use of holographically produced structures in photosensitive composites of liquid crystals and polymers in optics and neutron interferometry was presented.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	University of Vienna, Physics of Functional Materials; 2011; Avtorji / Authors: Drevenšek Olenik Irena	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
4.	COBISS ID	2643556	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nenavadne optične lastnosti tekočerkristalnih elastomerov
		ANG	Unusual optical properties of liquid crystalline elastomers
	Opis	SLO	Na rednem seminarju Fakultete za aplikativno fiziko sem v preglednem predavanju predstavila naše raziskovalne dosežke na področju optičnega mikrostrukturiranja svetlobno občutljivih tekočerkristalnih elastomerov. Poudarek je bil na nekaterih nenavadnih lastnostih, kot so ojačenje holografskega zapisa v temi in zapisovanje skritih hologramov, ki se pojavljajo zlasti v bližini faznega prehoda iz nematične v paranematično fazo.
		ANG	In a regular seminar of Applied physics school I presented a review of our research results in the field of optical microstructuring of light-sensitive liquid crystal elastomers. The emphasis was on some special phenomena appearing in the temperature region of the nematic-paranematic phase transition, such as dark hologram enhancement effect and recording of hidden holograms.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Drevenšek Olenik Irena	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
5.	COBISS ID	2540900	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Sipanje svetlobe in polmehka elastičnost v nematičnih elastomerih
		ANG	Light scattering and semisoft elasticity in nematic elastomers
	Opis	SLO	V predavanju so bili predstavljeni rezultati sipanja svetlobe v nematičnih elastomerih, ki kažejo na obstoj mehkih fluktuacij, povezanih z mehansko nestabilnostjo
		ANG	In the lecture, the results of light scattering in nematic elastomers that show the existence of a soft mode of mechanical instability was presented.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Čopič Martin	

Tipologija	3.16	Vabljeni predavanja na konferenci brez natisa
------------	------	---

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Greco F, Domenici V, Desii A, Sinibaldi E, Zupančič B, Zalar B, Mazzolaia B, and Mattoli V, Liquid single crystal elastomer/conducting polymer bilayer composite actuator: modelling and experiments, *Soft Matter* 47, 11405 (2013).

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Tekočkristalni elastomeri so na področju fizike mehke snovi v zadnjih dveh desetletjih pomembna novost in se jim danes v raziskavah posveča izjemna pozornost. Posebej velik pomen imajo LCE s primesmi foto-občutljivih dodatkov, kot so derivati azobenzena, s čemer se v LCE kombinirajo izjemne termo-mehanske, opto-mehanske in potencialno tudi elektromehanske lastnosti, ki jih nimajo nobeni drugi materiali. Predlagane raziskave mehanizmov fotoizomerizacije v LCE, skupaj z iskanjem optimalnih materialov, študijem njihovih materialnih parametrov in postopkov priprave ter možnosti prostorske modulacije lastnosti fotoobčutljivih LCE preko holografskega zapisa optičnih vzorcev, se vključujejo v svetovni vrh tovrstnih raziskav. Rezultati, ki bodo objavljeni v najkvalitetnejših mednarodnih znanstvenih revijah, prispevajo k razumevanju mehanizmov interakcije svetlobe s fotoobčutljivimi LCE in rezultirajočimi mehanskimi in optičnimi spremembami, in s tem pomagajo pri razvoju novih materialov, ki bodo uporabni v napravah za mehanske aktuatorje – umetne mišice, na primer v mikrorheoloških sistemih.

ANG

In the field of soft matter physics liquid crystal elastomers represent one of the most important new developments in the last two decades and are in the center of international scientific interest. Particularly important are LCE doped with photosensitive additives, like azobenzene derivatives, in which extraordinary thermo-mechanical, opto-mechanical, and potentially electromechanical properties are combined. The results of our research on the mechanism of photo-isomerization in LCE, together with the search for the best materials, investigation of their material parameters and preparation procedures, and properties of spatially modulated photosensitive LCE by optical holographic patterning, are on the cutting edge of the international research in this field. The results, which are published in the top international research journals, contribute to the understanding of the mechanisms of the interactions of light with photosensitive LCE and the resulting mechanical and optical effects. This will help in designing new material which will be suitable for mechanical actuators – artificial muscles, for example in microrheological devices.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

LCE sodijo v kategorijo pametnih materialov, katerih optične, električne in mehanske lastnosti je mogoče upravljati z zunanjimi vplivi in medsebojnim delovanjem in bodo v bodočnosti gotovo našli pomembne praktične uporabe v napravah in tehnologijah, ki bodo del novega razvojnega cikla. V Sloveniji že imamo razvito industrijo fotonskih naprav (Fotona, Balder, LPKF, Optoteh,...), ki delujejo na področjih izdelave laserskih medicinskih sistemov in obdelave materialov. Rezultati predlaganih raziskav lahko vodijo k novim izdelkom, ki bodo prispevali k nadaljnemu razvoju te industrije in k nastajanju novih podjetij, med drugim tudi kot direktni spin-off teh raziskav. Posebej so zanimive so optično krmiljene mikrorheološke naprave n. pr. mikročrpalke in ventili, s katerimi so mogoči kemijski in biokemijski postopki z zelo majhnimi količinami materiala, kar prispeva k trajnostnemu razvoju tehnologij. Fotoobčutljivi LCE nudijo tudi možnosti izdelave cenениh in robustnih elementov za optične informacijske sisteme. Aplikacije LCE so v vsem svetu še na začetku, tako da lahko uspešne raziskave LCE Sloveniji pomagajo, da pride na tem segmentu uporabe pametnih materialov v svetovni vrh. Opravljene raziskave so preko povezave z univerzitetnim poukom in programa usposabljanja

mladih raziskovalcev pomembno prispevale k vzgoji strokovnjakov na področju znanosti o materialih. Te raziskave niso zahtevale zelo velikih vlaganj v raziskovalni infrastrukturo, pa so kljub temu v svetovnem vrhu, s čimer so bile za majhno državo, kot je Slovenija, posebej primerne. Z njimi smo tudi sodelovali z najuglednejšimi raziskovalci v svetu in s tem pomembno prispevali k prepoznavnosti Slovenije v svetu in k povečevanju domačega znanja.

ANG

LCE belong to the category of smart materials which have optical, electrical, and mechanical properties that can be controlled by external influences and mutual interactions. In the future they will certainly find a number of important practical applications in devices and technologies that will be part of a new development cycle. In Slovenia we already have a developed industry of photonic devices (Fotona, Balder, LPKF, Optoteh,...) which work in the field of laser medical systems and laser processing of materials. The results of the research project may potentially lead to new products that will contribute to the development of this industry and lead to new companies, including direct spin-off of this research. Optically controlled microrheological devices are of particular interest, for example LCE based micro-pumps and valves, that would allow chemical and biochemical processing units that require very small amounts of material and in this way contribute to new sustainable technology. Photosensitive LCE also offer possibilities of cheap and robust elements for optical information systems Applications of LCE in the whole world are still at the beginning, so successful research of LCE can help Slovenia to become a global player in the applications of this segment of smart materials. Through connection with the university education and the program of young researchers the proposed research significantly contributed to the education of experts in the field of materials science. This research did not required big investments into the experimental infrastructure and still is at the international forefront. So it was particularly suitable for a small country like Slovenia. As part of the research we collaborated with the most distinguished scientists in the world and so importantly contributed to the image of Slovenia in the world and to the increase of the knowledge base in Slovenia.

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

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

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

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

Komentar

--

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

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input 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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input 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"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer			
1.	Naziv			
	Naslov			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.		
		2.		
		3.		
	4.			
	5.			
	Komentar			

	Ocena	
--	-------	--

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

--

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 Ljubljani, Fakulteta za
matematiko in fiziko

Martin Čopič

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

13.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/217

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 / 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](#)

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

34-89-83-85-20-51-F6-B0-18-04-0F-78-24-A8-A9-1B-A1-F7-C7-36