

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/184



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

## A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

## 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	L2-2008
<b>Naslov projekta</b>	Makroporozne polimerne membrane za separacijo biomakromolekul
<b>Vodja projekta</b>	15501 Peter Krajnc
<b>Tip projekta</b>	L Aplikativni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	4650
<b>Cenovni razred</b>	B
<b>Trajanje projekta</b>	05.2009 - 04.2012
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	794 Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	1655 BIA Separations d.o.o. Podjetje za separacijske tehnologije d.o.o.
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.04 Materiali 2.04.03 Polimerni materiali
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	07. Zdravje

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

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

## B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

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

SLO

Visoko porozni zamreženi polimeri so uporabni na številnih področjih. V sintezni kemiji so lahko nosilci katalizatorjev ali reagentov, pri separacijah makromolekul lahko tvorijo stacionarno fazo, znane pa so tudi številne biomedicinske aplikacije.

Visoko porozni polimeri, ki lahko tvorijo trodimenzionalno povezano odprto strukturo, so dober kandidat za podporne materiale v tkivnem inženirstvu.

V okviru raziskovalnega projekta smo želeli razviti sintezne metode in metode za funkcionalizacijo poroznih zamreženih polimernih membran. V ta namen smo kot medij za polimerizacijo uporabili emulzijo z visokim deležem interne faze (HIP emulzije). S polimerizacijo HIP emulzij lahko pripravimo polimere različnih oblik (membrane, kroglice, monolite) z visoko stopnjo poroznosti in dobrimi mehanskimi lastnostmi. Naš glavni namen je bil pripraviti porozne netopne zamrežene membrane. Membrane, pripravljene iz glicidil metakrilata in etilenglikol dimetakrilata, smo želeli na račun epoksi skupine kemijsko modificirati in pridobiti material za separacijo biomakromolekul na osnovi ionskih interakcij. V okviru tega smo proučevali vplive polimerizacijskih parametrov, kot so razmerje vodna/organska faza, dodajanje porogenih topil, dodajanje mehčala etilheksil akrilata, na strukturo membran, njihovo pretočnost in mehanske lastnosti membran. Dobra pretočnost oziroma nizki povratni tlaki imajo velik vpliv na ekonomiko procesa separacije.

ANG

Highly porous crosslinked polymers are applicable in various fields. In the field of synthetic chemistry, reagents and catalysts can be immobilised onto polymer supports. Stationary phases for the separation of macromolecules can be constructed from them and also many biomedical applications are known. Highly porous polymers forming a three dimensional open cellular network, are good candidates for tissue engineering scaffolds.

The project focused on the synthetic methods and the methods of modification of porous crosslinked polymer membranes. For this purpose high internal phase emulsions (HIPE) were used as the polymerisation media. Polymerisation of HIP emulsions enables preparing different types of polymers (membranes, beads and monoliths) with a high degree of porosity and good mechanical properties. Our main purpose was to prepare insoluble cross-linked porous membranes. The membranes prepared from glycidyl methacrylate and ethyleneglycol dimethacrylate were chemically modified at the expense of epoxy groups in order to obtain material for the separation of biomacromolecules based on ionic interactions. In this context, the influences of aqueous to organic phase volume ratio, the influence of added porogene and plasticizer ethylhexyl acrylate, on the membrane morphology, permeability and mechanical properties of membranes were studied. Good permeability and low back pressures have a major impact on the economics of the separation process.

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

V letu 2009 smo uspešno pripravili poliHIPE membrane na osnovi glicidil metakrilata, katere smo zamrežili z etilenglikol dimetakrilatom. Za nanos tankega sloja emulzije na stekleno ploščo smo uporabili membranske nože, s katerimi smo pripravljali različno debele membrane. Na tej stopnji smo proučili vpliv iniciatorskih pogojev na strukturo poliHIPE membran in ugotovili, da je sinteza uspešnejša z uporabo redoks iniciatorskega sistema in polimerizacijo na sobni temperaturi. Ugotovili smo tudi, da je emulzija spolimerizirala le, če smo jo prekrili z ustreznim substratom in sicer s tanko stekleno ploščo. S tem ko smo emulzijo prekrili s tanko stekleno ploščo se je debelina membrane zmanjšala. Nadalje smo proučili vpliv deleža vodne - interne faze v emulziji na strukturo membran in spoznali, da večji delež interne faze vpliva na povečano viskoznost emulzije in posledično otežuje nanos emulzije na stekleno podlago. Same membrane pa so bolj krhke in lomljive. Naš namen pa je bil pripraviti membrane z dovolj fleksibilno mehansko strukturo, da se bodo dale zviti v cevni modul, hkrati pa morajo biti kemijsko dovolj stane in ne smejo prekomerno nabrekati v uporabljenem mediju, saj bi to pomenilo bistveno poslabšanje pretočnih lastnosti.

Dodatki manj polarnih monomerov v polimerni matriki povzročijo povečanje prostega volumna in posledično spremenjene termične in mehanske lastnosti (poveča se prožnost, zniža se temperatura steklastega prehoda). Z dodajanjem mehčala etilheksil akrilata smo dobili bolj prožne in manj lomljive membrane in uporabnejše za membranski modul.

Naknadno smo za namene separacij biomakromolekul (proteinov, virusov, DNK molekul) membrane na osnovi glicidil metakrilata kemijsko modificirali tako, da smo uvedli šibke anionsko izmenjevalne skupine (diethyl amin). V tem delu smo variirali pogoje reakcije in koncentracijo amina. Funkcionalizacije pa smo izvedli pri statičnih in nepretočnih pogojih. Ugotovili smo odvisnost stopnje funkcionalizacije od reakcijskih pogojev ter od stopnje zamreženja glicidil metakrilatnega polimera. Kemijsko modifikacijo smo spremljali s FTIR spektroskopijo in CHN elementno analizo. Z eksperimenti pulzne motnje smo potrdili odprtost porozne strukture, katero smo videli tudi z elektronsko mikroskopijo, hkrati pa smo potrdili da v membranah ni poškodb, ki bi spuščale tok skozi poškodbo in ne skozi presek membrane. S CIM kolonami smo primerjali rezultate pulzne motnje. Opazili smo rahlo povečanje disperznosti.

V letu 2011 smo raziskovali dodatne vplive porogenih topil na strukturo poroznih poli (glicidil metakrilat/etilenglikol dimetakrilat) membran. Membrane smo uporabili za separacije modelnih makromolekul ter raziskali vpliv morfologije membran na učinkovitost separacij.

Za pripravo membran smo uporabili nove načine polimerizacije (tiol-en polimerizacije), ki nudijo možnost tako hitre polimerizacije ustreznih membran kot tudi funkcionalizacije s tioli. Raziskali smo tudi uporabnost fotopolimerizacije za pripravo membran in ugotovili, da je z uporabo fotopolimerizacije z ustreznimi fotoiniciatorji mogoče pridobiti bolj homogeno strukturo membrane v smislu bolj enakomerne porazdelitve velikosti por.

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

Zastavljene cilje projekta smo v celoti dosegli. Uspeli smo dovolj stabilizirati emulzije, da so nastale membrane z odprto celično strukturo, optimizirali smo stične plasti in preučili vpliv dodanih mehčal na termične in mehanske lastnosti, membrane smo okarakterizirali z zastavljenimi metodami, ugotovili smo pogoje za kontrolirano pretvorbo, raziskali vplive reakcijskih pogojev na stopnjo pretvorbe ter membrane uspešno uporabili za separacijo makromolekul - modelno mešanico proteinov.

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

Bistvenih odmikov od zastavitve projekta nismo izvajali. Nekoliko smo razširili izbor aminov za funkcionalizacijo poli(glicidil metakrilat/etilenglikol dimetakrilatnih) membran, saj smo si s tem omogočili funkcionalizacijo membran tudi z multifunkcionalnimi amini. Ti nam namreč omogočajo doseganje mezo por. Raziskave smo dodatno razširili na uporabo fotoiniciatorjev in tiol-en kemijo. V letu 2011 smo izvedli spremembo raziskovalne skupine, Muzafero Paljevac je zamenjal Sebastjan Huš.

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

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	14668054	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Porozne membrane iz koncentriranih emulzij za čiščenje proteinov
		ANG	Emulsion templated open porous membranes for protein purification
		Članek v reviji Journal of Chromatography A podaja rezultate raziskav	

	Opis	SLO	priprave in karakterizacije odprto poroznih membran iz kopoli(glicidil matakriolat-etilenglikol dimetakrilata). Iz emulzij z visokim deležem notranje faze smo pripravili membrane z odprto celično membrano in jih uporabili kot substrat za funkcionalne ionsko izmenjevalne module za kromatografijo velikih biomolekul.
		ANG	Paper published in Journal of Chromatography A describes the results of the research regarding the preparation and characterisation of open porous membranes from copoly(glycidyl methacrylate-ethyleneglycol dimethacrylate). Membranes were prepared from precursor high internal phase emulsions and applied as substrates for functional ion exchange modules for the chromatography of large biomolecules.
	Objavljeno v	Elsevier; Selected Papers of the 4th Summer School of Monolith Technology for Biochromatography, Bioconversion and Phase State Synthesis, Portorož, Slovenia, 30 May-02 June 2010; Journal of chromatography; 2011; Vol. 1218, iss. 17; str. 2396-2401; Impact Factor: 4.531; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.215; A': 1; WoS: CO, EA; Avtorji / Authors: Pulko Irena, Smrekar Vida, Podgornik Aleš, Krajnc Peter	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	860074	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Poli(stiren-ko-divinilbenzen-ko-2-etilheksil)akrilatne membrane z odprto porozno strukturo
		ANG	Poly(styrene-co-divinylbenzene-co-2-ethylhexyl)acrylate membranes with interconnected macroporous structure
	Opis	SLO	Za pripravo makroporoznih poli(stiren-ko-divinilbenzen-ko-2-etilheksil) akrilatnih in poli(stiren-ko-divinil)benzenskih membran z odprto porozno strukturo smo uporabili kombinacijo nanosa z nožem in emulzij. Emulzije tipa voda v olju z visokim deležem notranje faze, z monomeri v oljni fazi smo nanесли na stekleno ploščo in polimerizirali pri povišani temperaturi. Po čiščenju smo pridobili porozne poliHIPE-membrane. Variirali smo volumski delež vodne faze (75 % ali 85 %) in molski delež divinilbenzena (2 % ali 4 %), medtem ko je dodajanje klorobenzena v oljno fazo vplivalo na viskoznost emulzije. Z dodatkom komonomera, 2-etilheksil akrilata so se elastične lastnosti membran bistveno izboljšale. Dobljene membrane smo okarakterizirali z merjenjem njihove končne debeline in merjenjem njihove pretočnosti za deionizirano vodo. Elektronsko vrstično mikroskopijo smo uporabili za študij morfoloških lastnosti membran.
		ANG	A combination of doctor blading and emulsion templating was used to prepare macroporous poly(styrene-co-divinylbenzene-co-2-ethylhexylacrylate) and poly(styrene-co-divinylbenzene) membranes with an interconnected porous structure. Water in oil high internal phase emulsions including monomers in the oil phase were cast onto a glass plate and polymerised at elevated temperature. After purification porous polyHIPE membranes were obtained. The volume ratio of aqueous phase (75 % or 85 %) and the molar ratio of divinylbenzene (2 % or 4 %) were varied, while the addition of chlorobenzene to the oil phase influenced the viscosity of the emulsions. A comonomer, 2-ethylhexylacrylate substantially improved the flexibility of the membranes. All yielding membranes were characterized by measuring their cast thicknesses and flow densities for deionised water. Scanning electron microscopy was used to study the morphological features of the membranes.
Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2011; Letn. 45, št. 3; str. 247-251; Impact Factor: 0.804; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; WoS: PM; Avtorji / Authors: Sevšek Urška, Seifried Silvo, Stropnik Črtomir, Pulko Irena, Krajnc Peter		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		

3.	COBISS ID	16195350	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Emulzijske šablone- pot do hierarhično poroznih funkcionalnih plimerov	
		<i>ANG</i> High internal phase emulsion templating - a path to hierarchically porous functional polymers	
	Opis	<i>SLO</i> V zadnjem času se uporablja večje število novih monomerov in polimerizacijskih mehanizmov za sintezo hierarhično poroznih materialov iz emulzij z visokim deležem notranje faze. Ti materiali so zelo funkcionalni in imajo številne aplikacije. Visoka stopnja nadzora nad velikostjo por je še ena privlačna lastnost teh materialov. Monomeri so ponavadi v kontinuirni fazi, diskontinuirna oz. notranja faza pa služi za tvorbo velikih, osnovnih por, ki so med seboj povezane s sekundarnimi oz. povezovalnimi porami. Dodajanje nepolimerizacijskih komponent h kontinuirni fazi lahko rezultira z ločitvijo faz med polimerizacijo in s terciarnimi porami. Polimerni nosilci se lahko uporabljajo za katalizo in sintezo, separacijo in filtriranje, kot medij za celične kulture, nosilce za encime, ter strukturne in izolacijske aplikacije.	
		<i>ANG</i> Recently, a series of new monomers and polymerization mechanisms has been applied to the templating of high internal phase emulsions (HIPes) providing a route to hierarchically porous materials with a range of functionalities and applications. The high degree of control over the pore size is another attractive feature of these materials. Usually, the continuous phase contains monomers, the droplet phase is used to template the large, primary pores, which are interconnected by secondary pores. The addition of nonpolymerizable components to the continuous phase can result in phase separation during polymerization and tertiary pores. Applications include polymer supports for catalysis and synthesis, separation and filtration, cell culture media, enzyme supports, and structural and isolation applications.	
	Objavljeno v	Hüthig & Wepf; Macromolecular rapid communications; 2012; Vol. 33, iss. 20; str. 1731-1746; Impact Factor: 4.596; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; A': 1; WoS: UY; Avtorji / Authors: Pulko Irena, Krajnc Peter	
	Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	15805462	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Mikrocelični visoko porozni monoliti metakrilne kisline	
		<i>ANG</i> Methacrylic acid microcellular highly porous monoliths	
	Opis	<i>SLO</i> S polimerizacijo emulzij z visokim deležem notranje faze, vključujoč stiren, divinilbenzen in metakrilno kislino smo pripravili visoko porozne polimere s karboksilnimi skupinami. Spreminjali smo razmerje med metakrilno kislino in divinilbenzenom in ugotovili znaten vpliv stopnje zamreženja na specifično površino. Tako foto kot termična iniciacija je bila uporabljena za polimerizacijo. Pripravljeni polimeri imajo odprto celično morfologijo, s premerom primarnih por med 21 in 44 mikrometrov ter povezovalnimi porami s premerom med 2 in 5 mikrometri. Monolitne polimere smo uporabili za funkcionalizacijo s tionil kloridom in multifunkcionalnimi amini.	
		<i>ANG</i> By polymerisation of high internal phase emulsions (HIPes), containing styrene (STY), divinylbenzene (DVB) and methacrylic acid (MAA) in the continuous phase, highly porous polymers including carboxylic functional groups were prepared. The ratio of methacrylic acid to divinylbenzene was varied in order to obtain polyHIPes with a different degree of crosslinking which influenced a surface area of the polymers, being substantially higher (185 m <sup>2</sup> /g) with a higher degree of crosslinking (51% DVB) than with a lower degree of crosslinking (24% DVB, 46 m <sup>2</sup> /g). Up to 90% porous samples were prepared and the optimum hydrophilicity-lipophilicity balance (HLB) of the surfactant was found to be around 4.8-4.9. Both thermal and photo initiation were used to induce polymerisation. The resulting polymers	

		had an open cellular morphology with cavity diameters between 21.8 $\mu\text{m}$ and 44.2 $\mu\text{m}$ and with interconnecting pores between 2.2 $\mu\text{m}$ and 5.0 $\mu\text{m}$ . Monolithic supports were used for further functionalisation with thionyl chloride and multifunctional amines.
Objavljeno v		Elsevier; Elsevier; Reactive & functional polymers; 2012; Vol. 72, iss. 1; str. 221-226; Impact Factor: 2.479; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; A': 1; WoS: DW, II, UY; Avtorji / Authors: Sevšek Urška, Krajnc Peter
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

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

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	13660694	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Hidrofilni in kompozitni poliHIPE materiali
		<i>ANG</i>	Hydrophilic and composite polyHIPE material
	Opis	<i>SLO</i>	Predavanje o hidrofilnih in kompozitnih poroznih materialih na povabilo American Chemical Society v Washingtonu avgusta 2009.
		<i>ANG</i>	A lecture on hydrophilic and composite polyHIPE material, invitation by the American chemical Society in Washington, in August 2009.
	Šifra	B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v	Mira; PMSE preprints; 2009; 2 str.; Avtorji / Authors: Krajnc Peter	
	Tipologija	1.06	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
2.	COBISS ID	14384662	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Priprava poroznih polimerov iz emulzij
		<i>ANG</i>	Emulsion templating for porous polymers preparation
	Opis	<i>SLO</i>	Predavanje na konferenci je predstavilo različne možnosti priprav poroznih polimeov iz emulzij z visokim deležem notranje faze, pokazalo trenutno stanje in trende.
		<i>ANG</i>	The lecture presented various possibilities of porous polymer preparation from high internal phase emulsion, discussed the trends and state of the art.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Montan Universität; Polymer Competence Center = PCCL; Materials Cluster Styria; ASPM 2010; 2010; Str. 56; Avtorji / Authors: Krajnc Peter	
	Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
3.	COBISS ID	14834710	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Makroporozne poliHIPE membrane
		<i>ANG</i>	Macroporous polyHIPE membranes
	Opis	<i>SLO</i>	Prispevek na konferenci prikazuje način priprave in lastnosti odprto poroznih tankih plasti, pripravljenih s kombinacijo emulzij in tankoplastnega nanašanja.
		<i>ANG</i>	The presentation describes the method of preparation and characteristics of open porous thin layers, prepared by a composition of emulsions and doctor blading.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci

Objavljeno v	Elsevier; Hybrid Materials 2011, 6-10 March 2011, Strasbourg, France; 2011; [2] str.; Avtorji / Authors: Pulko Irena, Kovačič Sebastijan, Sevšek Urška, Slugovc Christian, Krajnc Peter
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci

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

/

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

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

SLO

Raziskave opravljene v okviru projekta imajo velik pomen za razvoj znanosti o materialih kot tudi za razvoj kemijskih znanosti. Gre namreč za razvoj novega tipa makroporoznih membran, kar prispeva k znanju na področju sinteze polimernih nosilcev, modifikacije le-teh ter k razvoju znanosti na področju separacijskih postopkov v sintezni kemiji ter biomedicini. Separacija in čiščenje biomakromolekul (proteinov, DNK, virusov) je izjemnega pomena za farmacevtsko panogo. Uporaba primernih polimernih nosilcev za te postopke je zelo pomembna, saj izboljša učinkovitost tako imenovanega downstream procesiranja. Optimizacija polimernih materialov v te namene daje nove pomembne informacije o vplivih posameznih parametrov sinteze na morfološko strukturo in s tem na performanse. Izsledki raziskav v okviru projekta bodo pripomogli k razvoju znanosti na področju kemije in uporabe polimerov. V okviru projekta smo objavili številne publikacije v uglednih mednarodnih revijah s področja polimerne znanosti, organske kemije in separacijskih tehnologij.

ANG

Research carried out within the project are of great importance for the development of materials science, as well as for the development of chemical sciences. A new type of macroporous membranes were developed, which contributes to the knowledge in the field of the synthesis of polymer supports, modification of polymer supports, and to the development of science in the field of separation processes in synthetic chemistry and biomedicine. Separation and purification of biomacromolecules (proteins, DNA, viruses) is of utmost importance for the pharmaceutical industry. The use of suitable polymeric supports for these procedures is very important, as it improves the efficiency of the so-called downstream processing. Optimization of polymeric materials for these purposes gives new relevant information on the influences of individual parameters on the synthesis of morphological structure and hence the performance. Research findings of the project will contribute to the development of science in chemistry and the use of polymers. Within the framework of the project, a number of publications in prestigious international journals in the field of polymer science, organic chemistry and separation technologies, were published.

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

SLO

Rezultati projekta so uporabni za slovensko industrijo. Ker podjetje BIA Separations, ki je eno vodilnih v svetu na področju polimernih nosilcev za separacijske tehnologije in sodeluje s slovensko farmacevtsko industrijo (Lek, Krka) pri čiščenju farmacevtskih učinkovin, cepiv in virusov, izdeluje nove produkte na področju kromatografije ("inteligentni filtri" za proizvodnjo in čiščenje biozdravil), nove generacije polimernih materialov za čiščenje ter ločevanje proteinov, polinukleotidov in cepiv za potrebe farmacevtskih ter biotehnoloških podjetij, mu rezultati projekta zelo koristijo. BIA Separations d.o.o. je globalno visokotehnoško podjetje s področja biotehnologije, ki daje raziskovalcem možnost vključevanja v razvoj izdelkov in ki zelo veliko sodeluje z visokošolskimi ustanovami. S tem omogoča, da se rezultati dognanj prenašajo in diseminirajo. Njihovi produkti so produkti z zelo visoko dodano vrednostjo.

ANG

Project results are of great significance to the Slovenian industry. BIA Separations company is one of the leading developer and producer of polymer supports for the separation technologies which collaborate with the Slovenian pharmaceutical industry (Lek, Krka) in terms of purification of pharmaceuticals, vaccines and viruses. Furthermore, BIA Separations company produces new products in the field of chromatography ("intelligent filters" for production and purification of biomedicines), produces a new generation of polymeric materials for purification and separation of proteins, polynucleotides and vaccines for the needs of pharmaceutical and biotech companies. Therefore, the project results are very useful for the company. BIA Separations d.o.o. is a global high-tech company in the field of biotechnology, which gives researchers the possibility of integration in product developments and is very much involved with higher education institutions. This allows the results of knowledge to transfer and dissemination. Their products are products with a high added value.

**11. 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		
<b>F.01</b>	<b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.02</b>	<b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno



<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.08</b>	<b>Razvoj in izdelava prototipa</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.09</b>	<b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.10</b>	<b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.11</b>	<b>Razvoj nove storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.12</b>	<b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.13</b>	<b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.14</b>	<b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.17</b>	<b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.19</b>	<b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.22</b>	<b>Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.23</b>	<b>Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.24</b>	<b>Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	

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

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

**Komentar**

--

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

	<b>Vpliv</b>	<b>Ni vpliva</b>	<b>Majhen vpliv</b>	<b>Srednji vpliv</b>	<b>Velik vpliv</b>	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					

G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**Komentar**

--

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

	Sofinancer		
1.	Naziv	BIA Separations d.o.o. Podjetje za separacijske tehnologije d.o.o.	
	Naslov	Teslova 30, Ljubljana	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	65.707,00	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
	1.	razvoj novih produktov	F.06
	2.	publikacije, diseminacija	A.01
3.			

	4.	
	5.	
Komentar	Aplikativni projekt je upravičil vlaganja, saj je prišlo do novih spoznanj pri uporabi poroznih membran v kromatografske namene.	
Ocena	Rezultate projekta ocenjujemo pozitivno.	

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

##### 14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Pregledni znanstveni članek  
 PULKO, Irena, KRAJNC, Peter. High internal phase emulsion templating - a path to hierarchically porous functional polymers. *Macromol. rapid commun.*, 26. Oct. 2012, vol. 33, iss. 20, str. 1731-1746, doi: 10.1002/marc.201200393. [COBISS.SI-ID 16195350]

##### 14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

### C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

#### Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba  
 raziskovalne organizacije:*

in

*vodja raziskovalnega projekta:*

Univerza v Mariboru, Fakulteta za  
 kemijo in kemijsko tehnologijo

Peter Krajnc

**ŽIG**

Kraj in datum: Maribor 13.3.2013

#### Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/184

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

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

<sup>3</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

<sup>5</sup> V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>6</sup> Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

<sup>7</sup> Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

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

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

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

<sup>9</sup> Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

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

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

<sup>12</sup> Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

<sup>13</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitve dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00  
9E-08-A8-37-2B-B5-A5-F3-E2-8C-EE-DD-CA-FF-53-A7-59-58-CD-70