

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROG_ZP_2008/220

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P1-0055
Naslov programa	Biofizika polimerov, membran, gelov, koloidov in celic
Vodja programa	8589 Rudolf Podgornik
Obseg raziskovalnih ur	60.350
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	106 Institut "Jožef Stefan" 381 Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta 588 Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta 1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko 2547 Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Splošno o raziskovalnem programu P1-0055

Fizikalno razumevanje živih snovi temelji na podrobni analizi struktur in funkcij makromolekul, makromolekularnih agregatov, skupkov makromolekularnih agregatov ter organel, celic in večceličnih agregatov oziroma tkiv. Splošni enotni cilj tega programa je povečanje razumevanja vseh členov tega zaporedja in njihovega medsebojnega delovanja z uporabo različnih temeljnih konceptov, metod, pristopov in dognanj fizike mehke snovi, fizike koloidov, fizike kompleksnih snovi in fizike tekočih kristalov. Sistemi, ki jih preučujemo teoretično in eksperimentalno, segajo od molekularnih struktur na nanometrski skali do celic, tkiv in kompleksnih sistemov na makroskopski skali. Programska skupina je sestavljena iz raziskovalcev s širokim znanstvenim ozadjem na vseh omenjenih področjih. Raziskovalci z Instituta Jožef Stefan, Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani ter Fakultete za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru sodimo v evropski in svetovni vrh na področjih teorije interakcij med makromolekulami ter koloidi, v fiziki tekočih kristalov in kompleksnih sistemov ter v fizikalnem modeliranju bioloških sistemov. Velik del programske skupine obsega tudi eksperimentalni laboratorij na Inštitutu za biofiziko Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani, ki ima bogate izkušnje s preučevanjem fizikalnih lastnosti lipidnih vesiklov in celičnih membran. Programska skupina P1-0055 je opremljena z vsem potrebnim teoretičnim in eksperimentalnim znanjem ter z ustrezno infrastrukturo, kar zagotavlja odlične pogoje za preučevanje najaktualnejših problemov na opisanem področju. Mnoge raziskave, ki potekajo v okviru programske skupine, so uporabne v klinične in farmacevtske namene ter na področju načrtovanja novih funkcionalnih materialov.

Sodelavci programa P1-0055 smo v letih 2004-2008 objavili **158** izvirnih in **6** preglednih

znanstvenih člankov v svetovnih revijah najvišjega ranga ter **6** samostojnih poglavij v znanstvenih monografskih publikacijah. Naša dela, objavljena v tem obdobju, so bila v tem času citirana že več kot **400**-krat (brez avtocitátov). Imeli smo **46** vabljenih predavanj na mednarodnih znanstvenih konferencah ter **67**-krat predavali na tujih univerzah in institutih. Sodelavci programa so bili mentorji ali somentorji pri **8** doktorskih disertacijah, **3** magistrskih in **93** diplomskih delih. Objavili smo **2** univerzitetna in **7** drugih recenziranih učbenikov. Pomemben del vodenja raziskovalnega programa je stalen nadzor nad kakovostjo dela in doseganjem zadanih ciljev. V ta namen smo v preteklem obdobju vpeljali letna dvodnevna srečanja, na katerih sodelavci poročamo o poteku dela in dosežkih ter iščemo nove možnosti sodelovanja.

Program P1-0055 predstavlja raziskovalno podstat, iz katere izhaja **študij biofizike v Sloveniji**, kar se kaže med drugim v tem, da so člani programa tudi edini trije redni profesorji biofizike v državi (Svetina, Žekš, Podgornik). Izvajanje raziskovalnega programa je zato nacionalnega pomena tako zaradi vrhunskega raziskovalnega dela kot tudi zaradi vpetosti sodelavcev v pedagoški proces. V preteklih letih smo sodelavci na UM in UL pripravili vrsto univerzitetnih predmetov z biofizikalno vsebino na vseh stopnjah preurejenega bolonjskega študija. Sodelujemo tudi pri pripravi in izvajanju ostalih univerzitetnih programov na UL, UM in UNG. Ključno prispevamo k regionalnemu razvoju fizike, saj smo aktivno sodelovali pri ustanovitvi Fakultete za naravoslovje in matematiko na UM ter pri akreditaciji novega študijskega programa Fizika na prvi in na drugi bolonjski stopnji na tej fakulteti. Naše raziskovalno udejstvovanje je bilo ključnega pomena za kakovostno delo na vseh teh nalogah in s tem jamstvo za uspešno izvajanje omenjenih izobraževalnih programov v prihodnosti. Zavedamo se, da je ena od naših nalog tudi **popularizacija znanosti**, zato smo sodelovali pri mnogih dejavnostih, ki so tvorile Svetovno leto fizike 2005 v Sloveniji, organizirali in izvajali javna predavanja, pisali poljudne in strokovne članke. V Mariboru smo v letih 2007 in 2008 organizirali *Noč raziskovalcev*.

Vsebinsko poročilo o raziskovalnem delu med 2004 in 2008

Naše delo na področju interakcij med **makromolekulami** je obsegalo teoretični študij van der Waalsovih sil, statistično mehaniko urejenih in razurejenih coulombskih tekočin ter relaksacijo raztopin DNK. Postavili smo konceptualno nove pristope in razložili eksperimentalna dejstva z novimi paradigmami. Izračunali smo van der Waalsove sile med nanocevkami ^[1999716] ter pokazali, da sta formulaciji interakcij v okviru teorije gostotnega funkcionala in teorije polja enakovredni ^[1981284,2003044]. Raziskali smo vpliv zamrznjenega nereda coulombskih nabojev na interakcije med dvema nabitima površinama ^[1869156] ter pokazali, da nelinearnosti v efektivni akciji coulombske tekočine vodijo do interakcij med elektronevtralnimi površinami, če ima le porazdelitev naboja na površini končno širino. Izmerili smo dielektrične funkcije razredčene raztopine dolgih molekul DNK ^[1935972] in določili skalirne zakone karakterističnih relaksacijskih razdalj.

Študirali smo strukturo mezofaz, ki jih tvorijo odbijajoči se modelski mehki **koloidi** s trdo sredico, in pokazali, da so osnovni gradniki slednjih gruč z bodisi tekočo bodisi trdno notranjo zgradbo ^[20719143]. Odkrili smo, da je mrežna konstanta v teh sistemih neodvisna od gostote in celo od morfologije. Soroden sistem smo raziskali tudi eksperimentalno - preučevali smo urejena stanja prostorsko ograjenih superparamagnetnih koloidov ^[2033764]. Pokazali smo, da je zaradi mehkejšje odbojne interakcije pri majhnih razdaljah fazni diagram zelo bogat. Preučili smo notranjo skladnost uporabe različnih modelov interakcij med nabitimi koloidi v raztopini ter pokazali, da efektivne interakcije, ki pravilno opišejo strukturo koloidne raztopine, popolnoma napačno podajo termodinamične lastnosti ^[20365607,20506663], in podali empirični kriterij, ki nudi konsistenten opis termodinamičnih lastnosti koloidnih raztopin s celičnim približkom. Dopolnili smo fenomenološki model koloidnih kristalov in ga uporabili za izračun elastičnih konstant nekaterih faz nabitih koloidov in koloidov s oligomerno

korono [18581031].

Teoretično in eksperimentalno smo preiskovali nove materiale, ki tvorijo **tekočerkristalno fazo**. Svoje izkušnje [18668839,19199015,19560999,13900552] na področju diskretne obravnave antiferoelektričnih tekočih kristalov smo prenesli na te nove kompleksne sisteme. Obravnavali smo strukture smektičnih tekočih kristalov z interkalirano medplastno molekularno zgradbo, do katerih privede tekmovanje med površinskimi in prostorninskimi silami [14311688]. Preučili smo tudi, kako optična čistost vpliva na fazno obnašanje klasičnih antiferoelektričnih tekočih kristalov [13900552]. V tekočih kristalih, ki jih tvorijo ukrivljene molekule, smo opazovali razklopitev polarne ureditve in nagiba molekul [19560487,20132391]. Z rentgenskim sipanjem smo preučevali dvorazsežno modulirane faze in izdelali model za izračun elektronske gostotne porazdelitve [20860199]. Preučevali smo tekmovanje med znotrajplastnimi in medplastnimi interakcijami in njihov vpliv na dvorazsežno modulacijo [21577511,21874727]. Teoretično smo napovedali, da je težnja k dvorazsežni modulaciji strukture lastnost bananskih tekočih kristalov [14238728], to eksperimentalno potrdili [20912167] in obravnavali odziv teh snovi v električnem polju [14093576]. Razložili smo obnašanje mešaníc homologne serije [21263911,20131879] ter napovedali kiroklinski efekt [20132135], ki ga doslej še niso eksperimentalno opazili. Eksperimentalno in teoretično smo študirali strukturo prostostojećih smektičnih filmov ob adsorbiranem koloidnem delcu in pokazali, da je meniskus ob slednjih končne velikosti [1919588].

Raziskali smo vpliv elektrostatičnih interakcij na samosestavljanje praznih **virusnih kapsid** [2031204] in kapsid, v katerih je molekula DNK. Raziskovali smo tudi porazdelitve ionov in vode v polielektrolitskih mikrokapsulah, pripravili smo pregled njihovih fizikalnih in kemijskih lastnosti ter možnosti njihove uporabe [13546504] ter v sodelovanju s tujim laboratorijem izvedli izvirni postopek vgraditve polielektrolitskih kapsul v celico kot senzorjev pH znotrajcelične raztopine [15383304]. Postavili smo teorijo pakiranja in osmotskega ravnovesja DNK v preprostih bakteriofagih [2092132] in teorijo samosestavljanja RNA virusov na osnovi nespecifičnih elektrostatskih interakcij [2135652]. Dopolnili smo tudi svoje prejšnje študije dielektrične relaksacije DNK z analizo dielektričnih spektrov kratkih nukleosomskih segmentov DNK [2047844]. Sformulirali smo tudi splošen teoretični pristop k močno sklopljenim ionskim raztopinam [2087524] in ga uporabili na primeru konfiniranih coulombskih tekočin z dielektričnimi nehomogenostmi [2129764] in v primeru coulombskih tekočin z nesimetričnimi robnimi pogoji [2141028]. Dopolnili smo svoj študij van der Waalsovih interakcij med ogljikovimi nanocevkami z obravnavo bolj zapletenih primerov, ki dopuščajo uporabo pristopa spektralnega mešanja [2106980]. Sformulirali smo tudi popolnoma splošen pristop k deloma zamrznjenemu neredu v coulombskih sistemih [2135140] in študirali zamejene in zataknjene nanocevke v nanokanalih [2058084].

Ukvarjali smo se s kontinuumsko elastično teorijo **lipidnih mehurčkov** in raziskali del faznega diagrama, v katerem so stabilne neosnosimetrične oblike [19493159]. Pokazali smo, da te tvorijo konsistentno hierarhijo hibridnih morfologij s prolattimi in oblatnimi deli in da se v raztopini z manjšo koncentracijo lipidov oblika mehurčkov spreminja zvezno [18573273]. Uvedli smo metodo za določanje oblik fluktuirajočih mehurčkov ter analizirali vpliv zunanega električnega polja [22619865]. Razvili smo postopek za pripravo ohlapnih mehurčkov z elektroformacijsko metodo [24221401]. Študirali smo tudi agregate mehurčkov; raziskali smo sigmoidni in ravni stik kot osnovni obliki stične ploskve v dubletu [22325721]. Posvetili smo se vlogi obeh stikov v agregatih več mehurčkov ter analizirali strukturo rouleaujev rdečih krvničk [16031193]. Raziskali smo skupke, ki jih tvorijo dvorazsežni mehurčki [21106471]. Pokazali smo, kdaj pride do samoreprodukcije

mehurčkov [18573017,23270617], in opozorili na možno vlogo tega procesa pri nastanku celičnega življenja [23039705]. Pri fosfolipidnih mehurčkih z membranskimi vključki smo s kombinacijo makroskopskih in mikroskopskih metod pokazali, da njihovo vgrajevanje že v zelo majhnih količinah spremeni obliko mehurčkov, pri večjih količinah pa lahko pride do razgradnje membrane v micelle [19749593]. Prikazali smo pomen povezave med porazdelitvijo vključkov in obliko mehurčka za fosfolipidne mehurčke [21329113] in za Golgijev aparat [23493081] ter predlagali nov model mehanske stabilnosti sklada Golgijevih cistern [20964057,24696793]. Določili smo lastnosti transporta skozi membrano zaradi membranskih polipeptidnih por in osmotskih pojavov [21341401] in na tej osnovi preučili dinamiko nastanka melitinskih por [22571225] ter vpliv beta 2-glikoproteina I na vesikulacijo fosfolipidnih membran [19749337]. Pokazali smo tudi, da je vezava aneksina A5 v lipidno membrano odvisna tako od protiteles za aneksin A5 kot tudi od protiteles za beta 2-glikoprotein I [22080985]. Izdelali smo model elastičnih lastnosti eritrocita, pri katerem fosfolipidni del prispeva razteznostne, skeletni pa strižne lastnosti [17401049]. Raziskali smo, kakšno vlogo igra stena blastule pri njenem preoblikovanju, do katerega pride pri procesu gastrulacije [21055705]. Študirali smo citotoksičnost ostreolizina na različne vrste celičnih linij in ugotovili, da je v korelaciji z vsebnostjo holesterola [18335961,1688143]. Analizirali smo vpliv substrata in na njem adsorbiranih proteinov ekstracelularnega matriksa na adhezijo, rast in obliko CaCo-2 celic [23068889] ter biokompatibilnost modificiranih sol-gelskih podlag za biotehnoške aplikacije [23658201].

Preučevali smo odzive celic na zunanje vplive. Posebej nas je zanimala dinamika Ca^{2+} , ki je pomembna za uravnavanje ključnih celičnih procesov. Za mišične celice dihalnih poti (MCDP) smo izdelali pregled determinističnih modelov [15169288,14439176]. Raziskovali smo signalno pot Ca^{2+} v MCDP od nastanka oscilacij Ca^{2+} [13206024] do razvoja sile v mišici ter izdelali matematični model medsebojne interakcije encima MLCK, kalmodulina in Ca^{2+} [14189576]. Model smo povezali z modelom vezave prečnih mostičkov med vlakni aktina in miozina [15168776] ter raziskali regulatorni vpliv fosforilacije in defosforilacije lahke verige miozina na časovni potek razvoja sile in njeno končno velikost [15856392]. Rezultati raziskav so uporabni za klinične aplikacije v primerih astmatičnih obolenj. Na področju dekodiranja znotrajceličnih signalov Ca^{2+} smo izdelali več modelov za dekodacijo oscilacij Ca^{2+} ter proučili pomen kaskad za selektivno regulacijo celičnih procesov [14297608,14019080,14573832,15160584]. Raziskali smo vpliv šuma na celične oscilatorje in pojav stohastične resonance [12983304,13812488]. Ukvarjali smo se z medcelično komunikacijo, ki poteka preko oscilacij Ca^{2+} in je ključnega pomena za razumevanje delovanja tkiva, pri čemer smo se posvetili analizi fleksibilnosti in robustnosti dinamičnih sistemov [13085192,13484808,14386952,14437128,15855368]. Pri študiju sklopljenih sistemov smo proučevali tudi prostorsko koherentno resonanco in vplive pace-makerjev [14716936,14634760,14574344,15382024,15257352,15161352]. Svoje delo smo povezali s področjem teorije iger [14822920]. Proučevali smo še relevantnost determinističnega in stohastičnega modeliranja oscilacij Ca^{2+} [14208008] ter analizirali stohastičnost eksperimentalnih signalov Ca^{2+} [15744008].

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Fizikalno razumevanje živih snovi zadnjih nekaj desetletij, najbolj izrazito pa po odkritju Watsona, Cricka in Franklinove naprej, temelji na podrobni analizi struktur in funkcij makromolekul, makromolekularnih agregatov, skupkov makromolekularnih agregatov oziroma organel, celic in večceličnih agregatov oziroma tkiv. Splošni enotni cilj programa P1-055 je bil povečanje razumevanja vseh členov tega zaporedja in njihovega

medsebojnega delovanja skozi uporabo različnih temeljnih konceptov, metod, pristopov in dognanj fizike mehke snovi, fizike koloidov, fizike kompleksnih snovi in fizike tekočih kristalov.

Analiza bibliografije sodelavcev programa v letih 2004-2008 razkrije, da je program cilje v celoti izpolnil. Razširili smo razumevanje biofizikalnih lastnosti molekule DNK. Uporabili smo svoje izkušnje na področju diskretne obravnave antiferoelektričnih tekočih kristalov ter pokazali in razložili obstoj novih kompleksnih struktur tekočokristalnih faz kompleksnih molekul. Razširili smo razumevanje lastnosti koloidov v elektrolitskih raztopinah ter v takem sistemu izmerili tridelčni prispevek k elektrostatični interakciji. Prispevali smo k boljšemu razumevanju vplivov zunanjih sil na lipidno membrano, lateralne organizacije membrane in njene interakcije s proteini in polipeptidi. Odprli smo novo poglavje v razumevanju neosnosimetričnih vesikularnih struktur in skupkov. Raziskali smo vpliv citoskeleta na mehaniko rdečih krvničk. Prispevali smo nove poglede na dinamiko kalcija v celicah v kontekstu znotrajcelične in medcelične signalizacije.

Doba petih let je za znanost dolga, zato ni presenetljivo, da so raziskave programa v nekaterih točkah odpirale tudi nove, nepričakovane poti. Tako so raziskave biofizike DNK privedle do boljšega razumevanja strukture DNK v virusih. Raziskave lastnosti fosfolipidne membrane so privedle do novega modela samopodvojevanja fosfolipidnih mehurčkov, ki ima potencialno vlogo pri nastanku celičnega življenja. Raziskave celične signalizacije smo povezali z novimi dognanji na področju dinamičnih sistemov in teorije iger.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

--

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Biofizika DNK
		ANG	Biophysics of DNA
	Opis	SLO	Naše delo na biofiziki DNK v zadnjem obdobju je vodilo do povabila k sodelovanju pri dveh pomembnih preglednih člankih. V prvem je opisano trenutno stanje na področju elastičnih lastnosti DNK, predvsem status Euler-Kirchhoffovega modela elastičnosti za filamente DNK različnih dolžin. Drugi članek, napisan za najuspešnejši učbenik za gensko terapijo, opisuje trenutno stanje biofizikalnega razumevanja kompleksov DNK z lipidi in polielektroliti, ki so še posebno pomembni za gensko terapijo, razumevanje njihovih biofizikalnih lastnosti pa prispeva k uspešnejši formulaciji njihovih komponent.
		ANG	Our work on the biophysics of DNA in the past has lead to two important review papers on this subject. The first one describes the elastic properties of DNA, in particular to the status of the Euler-Kirchhoff theory of elastic filaments applied to DNA of different lengths. The second one describes the state-of-the-art in the biophysics of complexes of DNA with lipids and polyelectrolytes. These complexes are of utmost importance for gene therapy, and a proper understanding of their biophysical properties leads to a more successful formulation of their composition.
	Objavljeno v		Podgornik R.: DNA off the Hooke, Nature Nanotechnology 1, 100 (2006) Podgornik, R., Harreis, D., Parsegian, V. A., Strey, H. H.: Molecular interactions in lipids, DNA, and DNA-lipid complexes. V: Smyth-Templeton, N. (ur.). Gene and cell therapy: therapeutic mechanisms and strategies. 2nd ed., rev. and expanded. New York: Marcel Dekker, 2004, str. 301-332.
	Tipologija		1.02 Pregledni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		1981540	

2.	Naslov	SLO	Raziskovanje tekočerkristalnih faz kompleksnih molekul
		ANG	Studying the liquid-crystal phases of complex molecules
	Opis	SLO	Tekočerkristalne faze kompleksnih molekul tvorijo vrsto kompleksnih struktur. Teoretično smo napovedali in eksperimentalno potrdili, da je najpomembnejše gonilo za kompleksnost struktur lokalnost intermolekularnih interakcij, ki jih je mogoče opisati fenomenološko. Tako smo opisali razloge za nastajanje labirintov v prostostoječih filmih in modulacijo zaradi sklopitve med divergenco polarizacije in nagibom molekul, ki je posledica zloma kiralne simetrije. Razvili smo model, ki omogoča konstrukcijo elektronske gostote iz rentgenskih meritev in neposredno primerjavo med teorijo in eksperimentom.
		ANG	Liquid crystals made of complex molecules form a variety of complex phases. We have shown that the main driving mechanism for the formation of complex structures are local intermolecular interactions. Thus we have explained the labyrinth formation in free-standing films and modulation due to the coupling between the divergence of the polarization and the tilt of the molecules, which is a consequence of the chiral symmetry breaking. We have developed a model for the reconstruction of electron density from X-ray measurements, which enables a direct comparison of theory and experiment.
	Objavljeno v		Pociecha D., Górecka E., Vaupotič N., Čepič M., Mieczkowski J.: Spontaneous breaking of minimal surface condition: labyrinths in free standing smectic films, Phys Rev Lett 95, 207801 (2005)
			Vaupotič N., Čepič M., et al.: Modulated structures in bent-core liquid crystals: two faces of one phase, Phys Rev Lett 98, 247802 (2007) Górecka E., Vaupotič N., Pociecha D., Čepič M., Mieczkowski J.: Switching mechanisms in polar columnar mesophases ..., ChemPhysChem 6, 1087 (2005)
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID			14311688
3.	Naslov	SLO	Neposredna meritev tridelčne interakcije v koloidih
		ANG	Direct measurement of three-body interaction in colloids
	Opis	SLO	Neposredno smo izmerili tridelčni prispevek k elektrostatični interakciji med tremi koloidi v elektrolitski raztopini. Pokazali smo, da je tridelčna interakcija primerljivega velikostnega reda in dosega kot dvodelčna. Enako smo kasneje pokazali še za štiridelčne prispevke in zaključili, da mnogodelčni razvoj senčenih elektrostatskih interakcij šibko konvergira. Ta študija je prva neposredna meritev tridelčnih interakcij v fizikalnih sistemih in predstavlja pomemben korak naprej k razumevanju mnogodelčnih interakcij in k razumevanju elektrostatičnih interakcij v koloidnih raztopinah.
		ANG	The three-body contribution to the electrostatic interaction in a system comprised of three colloids in a suspension was measured. The three-body terms are comparable in range and magnitude to pair interactions. Further studies on the four-body terms have confirmed that the many-body expansion of screened electrostatic interactions converges poorly. This was the first system where three-body interactions have been determined directly. The work has contributed substantially to the understanding of many-body interactions and of the electrostatic interactions in colloidal suspensions.
	Objavljeno v		Brunner M., Dobnikar J., von Grünberg H. H., Bechinger C.: Direct measurement of three-body interactions amongst charged colloids, Phys. Rev. Lett. 92, 078301 (2004)
			Dobnikar J., Brunner M., von Grünberg H. H., Bechinger C.: Three-body interactions in colloidal systems, Phys. Rev. E 69, 031402 (2004)
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID			18151463
4.	Naslov	SLO	Samopodvojevanje fosfolipidnih mehurčkov kot model samopodvojevanja celic
		ANG	Self reproduction of phospholipid vesicles as a model of cell self reproduction

	Opis	SLO	Na osnovi zamisli, da so se celični procesi razvijali med evolucijo iz pojavov, značilnih za same membrane, smo razvili model samopodvojevanja fosfolipidnih mehurčkov. Raziskali smo razmere, v katerih iz enega sprva okroglega mehurčka nastaneta dva nova, ki sta po obliki enaka prvotnemu. Izpeljani potrebni pogoji za samopodvojevanje, ki povezuje mehanske lastnosti membrane, njeno prepustnost za vodo in čas podvojitve njene površine, predstavlja osnovo za mehanizem selekcije: mehurčki, ki ustrezajo pogoju in ki imajo najkrajši čas podvajanja, se bodo množili hitreje od vseh drugih.
		ANG	Based on the idea that cell processes have evolved from the phenomena that are characteristic of membranes themselves, we developed a model of vesicle self-reproduction. We studied the conditions needed for an initially spherical vesicle to transform into a budded shape consisting of two spheres. The necessary condition for self-replication, which depends on the mechanical properties of the membrane and its hydraulic permeability, represents a possible basis of the selection mechanism: vesicles which fulfill this condition and have the shortest doubling time will outnumber all other vesicles.
	Objavljeno v	Božič B., Svetina S.: A relationship between membrane properties forms the basis of a selectivity mechanism for vesicle self-reproduction, Eur. Biophys. J. 33, 565 (2004)	
		Svetina, S.: Question 7: the vesicle world: the emergence of cellular life can be related to properties specific to vesicles. Orig. Life Evol. Biosph. 37, 445 (2007)	
		Božič B., Svetina S.: Vesicle self-reproduction: the involvement of membrane hydraulic and solute permeabilities, Eur. Phys. J. E 24, 79 (2007)	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	18573017	
5.	Naslov	SLO	Morfologija skupkov vesiklov
		ANG	Morphology of aggregates of lipid vesicles
	Opis	SLO	Teoretično smo se lotili doslej razmeroma slabo raziskanega problema morfologije skupkov lipidnih vesiklov in numerično raziskali obliko dubletov. Ugotovili smo, da je stična ploskev vesiklov v režimu šibke adhezije ravna in dublet osnosimetričen, v režimu močne adhezije pa je stična ploskev neosnosimetrična sigmoidna. Z enako metodologijo smo preučili tudi stabilnostni diagram dvorazsežnih vesiklov, ki predstavljajo presek enostavnih slojevitih tkiv prizmatičnih celic, kakršno je na primer endotelijsko. Ti rezultati pomembno prispevajo k razvoju fizikalnih modelov strukture bioloških tkiv.
		ANG	We studied theoretically the morphology of aggregates of lipid vesicles, which was poorly understood so far. We showed that in the weak adhesion regime, the contact zone between two vesicles is flat and the doublet is axisymmetric. However, in the strong adhesion regime the contact zone is sigmoidal. We used the same methodology to analyze the stability diagram of two-dimensional vesicles, which represent the en-face cross-section of simple layered tissues such as endothelia. These results contribute considerably to the development of physical models of biological tissues.
	Objavljeno v	Ziherl P., Svetina S.: Flat and sigmoidally curved contact zones in vesicle-vesicle adhesion, Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 104, 761 (2007)	
		Ziherl P.: Aggregates of two-dimensional vesicles: rouleaux, sheets, and convergent extension, Phys. Rev. Lett. 99, 128102 (2007)	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	22325721	

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO	Mednarodno sodelovanje

		ANG	International collaborations
	Opis	SLO	Mednarodna uveljavljenost članov programa nedvomno prispeva k ugledu slovenske znanosti v svetu. Tako na primer prof. Podgornik kot gostujoči znanstvenik redno deluje na National Institutes of Health (ZDA) in je kot gostujoči profesor obiskal University of California Santa Barbara (ZDA). Prof. Čepič je kot gostujoča profesorica večkrat obiskala University Sains Malaysia (Malezija), kjer je tudi somentorica enemu magistrandu in enem doktorandu. Člani programa so imeli v obdobju 2004-2008 skupaj 46 vabljenih predavanj na mednarodnih konferencah ter 67 na tujih univerzah in inštitutih.
		ANG	International impact of the members of the program contributes to the global regard for science in Slovenia. Prof. Podgornik is a visiting scientist at the National Institutes of Health (USA) and was a visiting professor at the Kavli Institute of Theoretical Physics, University of California Santa Barbara. Prof. Čepič has repeatedly visited University Sains Malaysia (Malaysia) where she co-supervised 1 Master and 1 PhD student. During the period 2004-2008, members of the program gave a total of 46 invited lectures at international conferences and 67 at foreign universities and institutes.
	Šifra		B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v		Rezultat ni vezan na objavo.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		0000000
2.	Naslov	SLO	Sodelovanje pri uredništvih mednarodnih in nacionalnih revij
		ANG	Editorial work
	Opis	SLO	Člani programa sodelujemo v uredništvih več mednarodnih znanstvenih revij (Phys Rev E; J Biol Phys; Eur J Phys; BioSystems; PMC Biophysics), dejavni pa smo tudi v mnogih uredniških odborih nacionalnih revij (Presek, Predmetni izpitni katalog za maturo, Fizika v šoli, Proteus). Sodelujemo tudi kot recenzenti mnogih uglednih revij (Phys Rev E, Biophys J, Phys Rev Lett, Eur Phys J in druge). Tako je bil dr. P. Ziherl v l. 2008 izbran v inavguralno skupino 534 najboljših recenzentov izmed 50000 vseh, ki so v preteklih 20 letih recenzirali prispevke za različne revije American Physical Society.
		ANG	Program members serve on editorial boards of several international scientific journals (Phys Rev E; J Biol Phys; Eur J Phys; BioSystems; PMC Biophysics), and of national journals (Presek, Fizika v šoli, Proteus). We contribute also as reviewers of many high-impact scientific journals (Phys Rev E, Biophys J, Phys Rev Lett, Eur Phys J and others). Dr. P. Ziherl was nominated as a member of the inaugural group of outstanding referees selected by the quality and timeliness of the reports of scientists who have reviewed manuscripts for American Physical Society publications over the past 20 years.
	Šifra		C.04 Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v		Rezultat ni vezan na objavo.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		0000000
3.	Naslov	SLO	Sodelovanje pri ustanovitvah študijev
		ANG	Initiating new study program
	Opis	SLO	Člani programa smo aktivno sodelovali pri bolonjski prenovi univerzitetnega sistema v državi in sicer na UL, UM in UNG. Pripravili smo programe za vrsto fizikalnih in biofizikalnih univerzitetnih predmetov in sooblikovali 7 novih študijskih programov na I. in II. stopnji. Člani programa sodelujemo pri izvajanju 33 študijskih programov Fakultete za matematiko in fiziko, Medicinske fakultete, Pedagoške fakultete in Biotehniške fakultete UL ter Fakultete za naravoslovje in matematiko, Pedagoške fakultete, Medicinske fakultete in Fakultete za zdravstvene vede UM.
		ANG	Researchers on the program participated actively in the Bologna reform of higher education in Slovenia. We designed curricula for a range of physics and biophysics courses and were engaged in preparation of 7 new Bachelor and Master programs. Members of the program teach in 33 study programs at Faculty of Mathematics and Physics, Faculty of Medicine, Faculty of

		Education, and Biotechnical Faculty at UL and Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Faculty of Education, Faculty of Medicine and Faculty of Health Sciences at UM.
	Šifra	D.10 Pedagoško delo
	Objavljeno v	Rezultat ni vezan na objavo.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	0000000
4.	Naslov	SLO Vodstvene funkcije
		ANG Administrative appointments
	Opis	SLO Člani programa opravljamo različne vodstvene funkcije. Pri tem izstopa delo prof. dr. N. Vaupotič, ki je bila od oktobra 2004 do decembra 2006 predstojnica Oddelka za fiziko Pedagoške fakultete UM, od januarja 2007 do oktobra 2007 predstojnica Oddelka za fiziko Fakultete za naravoslovje in matematiko UM in od decembra 2007 dekanica FNM UM. Prof. dr. Vaupotič je bila med pobudniki za ustanovitev nove Fakultete za naravoslovje in matematiko UM. Za svoje uspešno delo je prejela Srebrni znak Univerze v Mariboru ter priznanje Prometej znanosti Slovenske znanstvene fundacije.
		ANG Most prominent administrative office was that of Prof. N. Vaupotič, which was head of the Department of Physics at the Faculty of Education UM from October 2004 until December 2007, head of the Department of Physics at the Faculty of Natural Sciences and Mathematics (FNSM) UM from January 2007 until October 2007, and since October 2007 she is dean of the FNSM UM. She was one of the initiators of the new FNSM UM. She was honored by the Silver Medal of University of Maribor and the Prometheus of Science Prize awarded by the Slovene Scientific Foundation.
	Šifra	D.08 Upravljanje in razvoj raziskovalnega dela
	Objavljeno v	Rezultat ni vezan na objavo.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	0000000
5.	Naslov	SLO Aplikativni rezultati
		ANG Applicative results
	Opis	SLO Dr. J. Derganc je na osnovi izkušenj, pridobljenih ob študiju celične mehanike skupaj s sodelavci razvil novi inštrument za avtomatizirano analizo celic s potencialno široko klinično uporabo. Za inštrument so avtorji leta 2007 pridobili mednarodni patent. Dr. R. Podgornik je l. 2008 za svoje delo, ki je bilo rezultat sodelovanja s koncernom Gorenje, prejel nagrado Martin Hirschorn IAC. Sodelovanje s Kliničnim oddelkom za revmatologijo Kliničnega centra Ljubljana je privedlo do boljšega razumevanja imunologije revmatizma. Dr. M. Mally je l. 2007 za svoje doktorsko delo prejela Krkino nagrado.
		ANG Dr. J. Derganc and collaborators developed a novel device for automated analysis of cells with a broad clinical potential. The researchers were granted a US patent. Dr. R. Podgornik was awarded the Martin Hirschorn IAC Best Paper Award. The award was granted for his work on noise reduction in drying machines carried out in collaboration with Gorenje d.d. The collaboration with Clinical department of rheumatology at the University Medical Center Ljubljana resulted in a better understanding of the immunology of rheumatism. In 2007, dr. M. Mally was awarded the Krka Prize for her PhD thesis.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent
	Objavljeno v	Bitensky M. W., Yoshida T., Frank M. G., Gabel C. V., Derganc J.: Cellular diagnostic arrays, methods of using and processing for producing same, US Patent #: 7208120 Ambrožič A., Božič B., Kveder T., Majhenc J., Arrigler V., Svetina S., Rozman B.: Budding, Budding, vesiculation and permeabilization... Biochim. Biophys. Acta 1740, 38 (2005) Gašperšič N., Ambrožič A., Božič B., Majhenc J., Svetina S., Rozman B.:

	Annexin A5 binding to giant phospholipid vesicles... Rheumatology 46, 81 (2007)
Tipologija	2.24 Patent
COBISS.SI-ID	16644313

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Znanosti o življenju so trenutno najhitreje razvijajoče se znanstveno področje. Naš raziskovalni program je zaradi svojega širokega in večplastnega pristopa, ki povezuje različne nivoje organizacije žive snovi (od molekularnega nivoja, preko kompleksnih makromolekulskih sistemov do živih celic) in tudi različna znanstvena področja (fizika, biologija, medicina), prispeval pomemben delež k temu razvoju. Sodelavci programa P1-0055 smo v letih 2004-2008 objavili 158 izvirnih in 6 preglednih znanstvenih člankov v svetovnih revijah najvišjega ranga ter 6 samostojnih poglavij v znanstvenih monografskih publikacijah. Naša dela, objavljena v tem obdobju, so bila v tem času citirana že več kot 400-krat (brez avtocitativ). Imeli smo 46 vabljenih predavanj na mednarodnih znanstvenih konferencah ter 67-krat predavali na tujih univerzah in inštitutih.

Kot recenzenti sodelujemo z vrsto uglednih mednarodnih revij – Physical Review E, Biophysical Journal, Physical Review Letters, European Physical Journal E in številne druge –, za katere smo v l. 2004-2008 recenzirali več kot 200 rokopisov, torej v povprečju enega na teden. S tem anonimnim, a pomembnim javnim delom smo prispevali k razvoju splošne znanstvene kulture. Člani programa sodelujemo tudi v uredništvih več mednarodnih znanstvenih revij (Phys Rev E; J Biol Phys; Eur J Phys; BioSystems; PMC Biophysics).

Na molekularnem nivoju smo prispevali k boljšemu razumevanju interakcij med makromolekulami, postavili smo konceptualno nove pristope in razložili eksperimentalna dejstva z novimi paradigmi. Na osnovi obsežnega študija van der Waalsovih sil, statistične mehanike urejenih in razurejenih coulombskih tekočin ter relaksacije raztopin DNK smo določili skalirne zakone karakterističnih relaksacijskih razdalj razredčenih raztopin dolgih molekul DNK in postavili teorijo pakiranja in osmotskega ravnovesja DNK v preprostih bakteriofagih ter teorijo samosestavljanja RNK virusov na osnovi nespecifičnih elektrostatskih interakcij.

Na področju raziskav mehke snovi smo teoretično in eksperimentalno preiskovali nove strukture, ki jih tvorijo tekočerkristalne faze kompleksnih molekul ter študirali lastnosti koloidnih raztopin. V sodelovanju z eksperimentalno skupino C. Bechingerja na Univerzi v Stuttgartu smo neposredno izmerili tridelčni prispevek k elektrostatski interakciji med tremi koloidi v elektrolitski raztopini.

Na osnovi raziskav fosfolipidnih membran smo razširili razumevanje obnašanja celic in celičnih skupkov. Določili smo lastnosti transporta skozi membrano zaradi membranskih polipeptidnih por in osmotskih pojavov. Prikazali smo pomen povezave med porazdelitvijo molekul v membrani in obliko membrane. Raziskali smo oblike nekaterih preprostih vesikularnih skupkov ter analizirali strukturo skupkov rdečih krvničk (rouleaujev). Na osnovi teh raziskav smo podali možen mehanizem stabilnosti sklada cistern Golgijevega aparata. Pokazali smo, kdaj lahko pride do samoreprodukcije fosfolipidnih mehurčkov, in opozorili na možno vlogo tega procesa pri nastanku celičnega življenja. Raziskali smo, kakšno vlogo igra stena blastule pri njenem preoblikovanju, do katerega pride pri procesu gastrulacije.

Analizirali smo vlogo podlage pri adheziji celic v celični kulturi. Na celičnem nivoju smo se še posebej posvetili vlogi Ca^{2+} pri znotrajcelični dinamiki in medcelični komunikaciji, kar je ključnega pomena za razumevanje delovanja tkiva. Rezultati raziskav determinističnih modelov za mišične celice dihalnih poti so neposredno uporabni za boljše razumevanje nekaterih astmatskih obolenj. Uporabili smo najnovejša dognanja na področju dinamičnih sistemov in teorije iger ter raziskali vpliv šuma na celične oscilatorje in pojav stohastične resonance. S tem smo razširili razumevanje medcelične komunikacije, kar ima pomemben vpliv na široko področje biologije in medicine.

ANG

Life sciences are a most rapidly evolving field of science. Our research program has importantly contributed to this development due to its broad-based approach to research, connecting different levels of organization of living matter (from molecular level to complex

macromolecular systems and living cells) and different scientific disciplines (physics, biology, medicine). During the period 2004-2008, members of the program P1-0055 have published a total of 158 original scientific papers and 6 reviews in high-impact scientific journals as well as 6 standalone chapters in scientific monographs. The total number of pure citations of our publications within this period exceeds 400. Members of the program gave 46 invited talks at international conferences and 67 talks at foreign universities or research institutes.

Members of the program serve as reviewers for many high-impact scientific journals – Physical Review E, Biophysical Journal, Physical Review Letters, European Physical Journal E and many others. During the period 2004-2008 we have reviewed more than 200 manuscripts. With this anonymous yet important public work we contribute to the development of the global scientific culture. We also serve on editorial boards of several international scientific journals (Phys Rev E; J Biol Phys; Eur J Phys; BioSystems; PMC Biophysics).

At the molecular level we contributed to a better understanding of the interactions between macromolecules, we set up conceptually new approaches and devised new theoretical paradigms to explain the observations. On the basis of extensive studies of the theory of van der Waals interactions, statistical mechanics of ordered and disordered Coulomb fluids, and relaxation phenomena in DNA solutions we obtained scaling laws for the characteristic length scales of relaxation. We developed a theory of osmotic balance and packing of DNA in bacteriophages, and a theory of self-assembly of RNA viruses on the basis of non-specific electrostatic interactions.

In the field of soft matter we investigated theoretically and experimentally new structures in liquid-crystals made of complex molecules and studied colloid suspensions. In a joint project with the experimental group of C. Bechinger from University of Stuttgart, we have directly measured the three-body contribution to the electrostatic interaction in a system comprised of three colloids in an electrolyte suspension.

Based on our research of phospholipid vesicles we deepened the knowledge on the behavior of cells and cell aggregates. We quantified the transmembrane transport mechanisms through membrane pores and due to osmotic processes. We showed the role of the distribution of inclusions in the membrane in the phospholipid vesicle morphology. We investigated the shapes of simple multivesicle aggregates and theoretically analyzed the structure of red blood cell rouleaux. Based on this analysis we proposed a possible mechanism of the shape and stability of Golgi cisternae. We investigated the criteria for spontaneous self-replication of vesicles and we discussed the possible role of this process in the origin of cellular life. We analyzed the role of blastula wall in the blastula shape transformation, which takes place during the process of gastrulation.

We analyzed the effects of several substrates on adhesion of cells in a cell culture. At the cellular level we focused on the role of Ca^{2+} in intracellular dynamics and we studied the intercellular communication which is essential for understanding of properties of tissues. The results of deterministic models of airway smooth muscle cells are applicable in clinical studies of asthmatic diseases. The latest findings from dynamic systems analysis and game theory helped us analyze the influence of noise on cellular oscillators and stochastic resonance effects. Thus we expanded the knowledge on intercellular communication, which is of great significance for biology and medicine.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

Naša skupina izvaja temeljni nacionalni raziskovalni program z biofizikalno usmeritvijo: glavno poslanstvo skupine je zato široko povezovanje raziskovalcev, ki preučujejo fizikalne vidike bioloških ter biološko relevantnih sistemov. Močna skupina z ustrezno zastopanostjo raziskovalcev različnih profilov in izkušenj tako teoretične kot eksperimentalne usmeritve je pravo okolje za združevanje znanja ter s tem jamstvo napredka biofizike v Sloveniji. Obenem naj opozorimo na vsedržavni značaj skupine, ki združuje raziskovalce z Univerze v Ljubljani, Instituta Jožef Stefan, Univerze v Mariboru in Univerze v Novi Gorici ter s tem prispeva k policentričnemu razvoju znanosti in visokega šolstva.

Program predstavlja raziskovalni temelj, iz katere izhaja študij biofizike v Sloveniji. Vsi trije redni profesorji biofizike v državi so člani našega programa (prof. dr. S. Svetina, prof. dr. B. Žekš in prof. dr. R. Podgornik). Člani programa smo tudi aktivno sodelovali pri bolonjski prenovi univerzitetnega sistema v državi in sicer na Univerzi v Ljubljani, Univerzi v Mariboru in Univerzi v Novi Gorici. Pripravili smo programe za vrsto fizikalnih in biofizikalnih univerzitetnih

predmetov in sooblikovali 7 novih študijskih programov na I. in II. stopnji. Člani programa sodelujemo pri izvajanju 33 študijskih programov Fakultete za matematiko in fiziko, Medicinske fakultete, Pedagoške fakultete in Biotehniške fakultete UL ter Fakultete za naravoslovje in matematiko, Pedagoške fakultete, Medicinske fakultete in Fakultete za zdravstvene vede UM. Na izrazito pedagoško komponento programa nadalje opozarja to, da smo bili v obdobju 2004-2008 mentorji ali somentorji pri 8 doktorskih, 3 magistrskih in kar 93 diplomskih delih. Napisali smo 9 učbenikov, 20 enot drugega učnega gradiva in sodelovali pri nastanku 3. izdaje Slovenskega medicinskega slovarja.

Slovenski znanstveni in visokošolski prostor tudi tvorno sooblikujemo na različnih vodstvenih funkcijah. Tako je bil prof. dr. B. Žekš v letih 2002-2008 predsednik Slovenske akademije znanosti in umetnosti. Prof. dr. N. Vaupotič je bila predstojnica Oddelka za fiziko Pedagoške fakultete UM, predstojnica Oddelka za fiziko Fakultete za naravoslovje in matematiko UM in dekanica Fakultete za naravoslovje in matematiko UM. Prof. dr. Vaupotič je bila tudi med pobudniki za ustanovitev nove Fakultete za naravoslovje in matematiko UM, ki je eden od mejnikov v razvoju fizike na UM in v severovzhodni Sloveniji nasploh. Prof. dr. M. Marhl je od l. 2007 prorektor Univerze v Mariboru.

Čeprav je raziskovalni program temeljne narave, daje naše delo tudi rezultate aplikativnega pomena. Sodelovanje prof. dr. R. Podgornika z Gorenjem d.d. je vodilo do nove, patentirane metode za zmanjšanja hrupa sušilnega stroja. Dr. J. Derganc je skupaj s sodelavci razvil novi inštrument za avtomatizirano analizo celic s potencialno široko klinično uporabo. Za inštrument so avtorji pridobili mednarodni patent. Prof. dr. S. Svetina in dr. J. Majhenc sodelujeta s Kliničnim oddelkom za revmatologijo Kliničnega centra Ljubljana, kar je privedlo do boljšega razumevanja fiziološke vloge antifosfolipidnih protiteles v imunologiji revmatizma. Nadaljnje priznanje aplikativnih rezultatov programa je Krkina nagrada, ki jo je Krka d.d. l. 2007 podelila dr. M. Mally za njeno doktorsko delo in ki izpostavlja potencialno vlogo dela pri farmacevtskih in medicinskih študijah.

Pomemben del naših udejstvovanj je bil namenjen popularizaciji znanosti, kjer smo s pisanjem poljudnoznanstvenih prispevkov, z javnimi predavanji in pojavljanjem v medijih javnosti skušali približati napredek znanosti na področju biofizike in mehke snovi. Sodelujemo tudi pri uredništvu Proteusa (www.proteus.si) in Kvarkadabre, društva za tolmačenje znanosti (www.kvarkadabra.net) ter smo soavtorji več kot 50 strokovnih in poljudno-znanstvenih prispevkov v slovenskem jeziku. V Mariboru smo v letih 2007 in 2008 organizirali Noč raziskovalcev.

ANG

Program P1-0055 is the main national research program of biophysical nature: Our main mission is to provide a cohesive framework for researchers who study physical aspects of biological and biologically relevant systems. A strong team with a balanced structure of members' background and experience of both theoretical and experimental specialization is an optimal catalyst for the exchange of knowledge and thus a guarantee of further advancement of biophysics in Slovenia. Also important is the nationwide character of our team which combines the expertise of researchers based at University of Ljubljana, Jožef Stefan Institute, University of Maribor, and University of Nova Gorica, thus contributing to the polycentric development of science and higher education.

Our program provides the scientific basis for the study of biophysics in Slovenia. All three full professors of biophysics in Slovenia are members of the team (Prof. S. Svetina, Prof. B. Žekš and Prof. R. Podgornik). We have actively participated in the Bologna reform of higher education in Slovenia. We designed curricula for a range of physics and biophysics courses and were engaged in preparation of 7 new Bachelor and Master programs. Members of the program teach in 33 study programs at Faculty of Mathematics and Physics, Faculty of Medicine, Faculty of Education, and Biotechnical Faculty at UL and Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Faculty of Education, Faculty of Medicine and Faculty of Health Sciences at UM. Between 2004 and 2008, members of the research program have supervised or co-supervised 8 PhD theses, 3 MS theses, and 93 BSc theses. We have authored or co-authored 9 textbooks and contributed to the 3rd edition of Slovenian Medical Dictionary.

We constructively participate in Slovenian scientific and higher-education community. Prof. B. Žekš was president of the Slovenian Academy of Sciences and Arts from 2002 to 2008. Prof. N. Vaupotič served as head of the Department of Physics at the Faculty of Education UM, head of the Department of Physics at the Faculty of Natural Sciences and Mathematics (FNSM) UM, and dean of the FNSM UM. Prof. Vaupotič was one of the initiators of the new FNSM UM, which is one of the mile-stones of the development of Physics at UM and in the north-east Slovenia.

Prof. M. Marhl has been Vice-Rector of University of Maribor since 2007.

Although the research program is devoted to fundamental rather than applied research, our work did lead to results of applied nature. A collaboration between prof. R. Podgornik and Gorenje d.d. resulted in a novel patented method for noise reduction in drying machines. Dr. J. Derganc and his collaborators developed a novel device for automated analysis of cells with a broad clinical potential. The researchers were granted a US patent for the device. Also productive was the collaboration of Prof. S. Svetina and dr. J. Majhenc with the Clinical Department of Rheumatology at the University Medical Center Ljubljana, which resulted in a better understanding of the physiological role of antiphospholipid antibodies in the immunology of rheumatism. A further recognition of applied results of the program is the Krka Prize awarded by Krka d.d. to dr. M. Mally for her PhD thesis, acknowledging its potential relevance for pharmaceutical and medical studies.

An important aspect of our work is popularization of science. By writing popular science articles, giving public lectures etc. we tried to make the advancements in biophysics and soft matter physics more understandable to the public. We serve in editorial boards of Proteus (www.proteus.si) and Kvarkadabra (society for interpreting science, www.kvarkadabra.net) and are authors or co-authors of more than 50 professional and pop-science articles in Slovenian language. In 2007 and 2008 we co-organized the Researchers' Night in Maribor.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	3	
- doktorati	8	4
- specializacije		
Skupaj:	11	4

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	5	2	
- gospodarstvo	2		
- javna uprava			
- drugo	1	1	
Skupaj:	8	3	0

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	Rudolf Podgornik: Physical Review E (APS), član uredniškega odbora. http://pre.aps.org/	
2.	Marko Marhl: BioSystems (Elsevier), član uredniškega odbora. http://www.elsevier.com/	
	Mojca Čepič: European Journal of Physics (IOP Publishing),	

3.	članica uredniškega odbora. http://www.iop.org/EJ/journal/EJP	
4.	Rudolf Podgornik: Journal of Biological Physics (Springer), član uredniškega odbora. http://www.springer.com/physics/biophysics/journal/10867	
5.	Rudolf Podgornik: PMC Biophysics (PhysMath Central), član uredniškega odbora. http://www.physmathcentral.com/pmcbiophys/	
6.	Mojca Čepič: Presek (DMFA), urejanje rubrike "poizkuševalnica." http://www.presek.si/	
7.	Marko Marhl: Fizika v šoli (Zavod Republike Slovenije za šolstvo), član uredniškega odbora. http://www2.arnes.si/~ljzss2s/fvs/	
8.	Milan Brumen, Jure Derganc: Proteus (Prirodoslovno društvo Slovenije), člana uredniškega odbora. www.proteus.si	
9.	Mojca Čepič: Predmetni izpitni katalog za maturo. Fizika (Državni izpitni center) članica uredniškega odbora. [COBISS.SI-ID 35855616]	
10.	Bukošek V., Peterlin-Neumaier T., Stepišnik J., Strnad J., Svetina S.: Anton Peterlin 1908-1993 : življenje in delo = his life and work (SAZU,IJS), urednik. [COBISS.SI-ID 239936256]	

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	3
- podoktorandi iz tujine	1
- študenti, doktorandi iz tujine	2
Skupaj:	6

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

Projekti v 6. okvirnem programu EU
- CellPROM: NMP4-CT-2004-500039: S. Svetina, koordinator (2004-2008)
- COST Chemistry Action D27: S. Svetina, koordinator (2002-2007)
- MEIF_CT_2003_501789 Marie Curie Intra European Fellowship: J. Dobnikar; University of Graz, Austria (2004-2006)

- MERG-IRG-031089 Marie Curie Reintegration Grant: J. Dobnikar (2006-2007)
- NMP3-CT-2005-013862: R. Podgornik (2005-2009)
- BI-GB/06-013 Partnerships in Science: M. Marhl; The University of Warwick, UK (A. K. Green), De Montfort University, Leicester (C. J. Dixon) (2006)
- FP6 POLLEN: 518399, M. Čepič (2006-2008)
- LdV pilot project No.: N/01/B/PP/131.014 SUPERCOMET (Leonardo): M. Čepič, koordinatorica za Slovenijo (2002-2004)

Bilateralni projekti

- BI-FR/08-09-PROTEUS-012: J. Dobnikar, S. El Shawish; E. Trizac, University Paris Sud, Francija (2008-2009)
- 1000-07-380011: R. Podgornik; D. Harreis, Hebrew University Jerusalem, Izrael (2008-2009) - BI-FR07-PROTEUS-017: M. Marhl, M. Brumen, A. Fajmut; E. Roux, University Victor Segalen Bordeaux II, Francija (2007-2008)
- PROTEUS, No. FR-2002-4: M. Marhl, M. Brumen, A. Fajmut; J.-P. Mazat, E. Roux, University Victor Segalen Bordeaux II, Francija (2002-2004)
- BI-DE/03-04-003: M. Marhl; T. Höfer, Humboldt University, Nemčija in S. Schuster, Friedrich Schiller University, Nemčija (2003-2004)
- BI-HR/07-08-022: M. Brumen, A. Fajmut; Univerza v Splitu, Hrvaška (2007-2008)
- BI-PL/08-09-015: N. Vaupotič, M. Čepič; Univerza v Varšavi, Poljska (2008-2009)
- BI-PL/04-05-012: M. Čepič, N. Vaupotič, B. Žekš; Univerza v Varšavi, Poljska (2004-2005)
- BI-AT/07-08-016: M. Čepič; University of Graz, Avstrija (2007-2008)
- BI-GB/06-013: M. Marhl, M. Perc; The University of Warwick, Velika Britanija (2006)

Ostalo

- 8 večmesečnih delovnih obiskov na National Institutes of Health, ZDA: R. Podgornik (2004-2008)
- Gostujoči profesor na Kavli Institute of Theoretical Physics, University of California Santa Barbara, ZDA: R. Podgornik (2006)
- Gostujoči profesor na University Sains Malaysia, Malezija: M. Čepič, 3 obiski (2005-2008)
- JSPS štipendija za delovni obisk na Tokyo Institute of Technology, Japonska: M. Čepič, 2 meseca (2005)
- Socrates Erasmus program za mobilnost visokošolskih učiteljev: 3 enotedenski obiski na Univerzi v Varšavi, Poljska: (2004-2008)
- Socrates Erasmus program za mobilnost visokošolskih učiteljev: 2 enotedenska obiska na Inštitutu za medicinsko fiziko in biofiziko Medicinske fakultete, University of Leipzig, Nemčija: M. Brumen (2005-2006)
- V sodelovanju z Institutom za fiziko, Hrvaška, smo organizirali dve delavnici Christmas Biophysics Workshop (Zagreb, december 2006; Bled, december 2007). Srečanje ocenjujemo kot izredno uspešno - služi predvsem regionalnemu povezovanju na področju biofizike in mehke snovi.

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

L2-7080: Optimizacija metakrilatnih monolitnih nosilcev za separacija makromolekul, R. Podgornik UL; Bia Separations, Celovec, Avstrija (2006-2008)

Modeliranje aerodinamičnih lastnosti kondenzatorjev sušilnih strojev nove generacije, R. Podgornik UL; N. Holeček, Gorenje (2004-2006)

Vzroki za hiperreaktivnost gladkih mišic dihalnih poti astmatičnih oseb, M. Brumen in A. Fajmut UM; Splošna bolnišnica Murska Sobota (2006-2008)

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

B. Žekš: predsednik Slovenske akademije znanosti in umetnosti
S. Svetina: član Predsedstva Slovenske akademije znanosti in umetnosti

G. Gomišček:

- član upravnega odbora, Kemijski inštitut, Ljubljana
- predsednik nadzornega sveta, Krka, d.d. Novo mesto
- predsednik nadzornega sveta, Skimar, d.o.o., Begunje
- član nadzornega sveta, Zavarovalnica Triglav, Ljubljana
- predsednik Skupščine Kapitalske družbe, Ljubljana
- član Sveta Živalskega vrta Ljubljana

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	Knez S., Podgornik R.: Modeli dinamičnega vzgona letalskih kril.
Opis	V prvem delu članka sva predstavila poenostavljene modele dinamičnega vzgona, za katere pa se je izkazalo, da niso realistični in včasih celo v nasprotju z empiričnimi dejstvi. Kljub preprosti fizikalni sliki principov leta jih zato ne moremo vzeti zares. V drugem delu sva predstavila bolj detajlno teorijo, ki temelji na teoremu Kutta - Žukovski in pa hipotezi Žukovskega. Ta teorija je veliko bolj realistična, vendar jo je tudi težje razložiti laiku.
Objavljeno v	Obzornik za matematiko in fiziko 53 (6), 162-182 (2006) Obzornik za matematiko in fiziko 54 (1), 1-17 (2007)
COBISS.SI-ID	1967972

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	Podgornik R., Strnad J. Isaac Newton našega časa : Pierre-Gilles de Gennes, 1932-2007.
Opis	V prispevku smo predstavili življenje in delo francoskega fizika Pierre-Gilles de Gennesa, dobitnika Nobelove nagrade za fiziko 1991.
Objavljeno v	Delo (Ljubljana), 7. jun. 2007, leto 49, št. 129, str. 18
COBISS.SI-ID	233835520

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Biofizika Biofizika Fosfolipidne in biološke membrane
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni podiplomski podiplomski
	Naziv univerze/ fakultete	Medicinska fakulteta UL
	Naslov predmeta	Teorijska fizika Izbrana poglavja iz uporabne fizike Proseminar 2 Praktikum 3 Mehanika kontinuov

2.		Elektromagnetno polje
		Fizika mehkih snovi
		Biofizika
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni
		univerzitetni
		univerzitetni
		univerzitetni
		univerzitetni
		univerzitetni
		podiplomski
		podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	Fakulteta za matematiko in fiziko UL
3.	Naslov predmeta	Mehanika
		Elektromagnetizem
		Fizika, Osnove fizike, Fizika za študente PTV
		Fizika 1
		Seminar iz fizike
		Termodinamika
		Didaktika naravoslovja
		Pregled klasične in moderne fizike
		Tekoči kristali
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni
		univerzitetni
		univerzitetni
		univerzitetni
		univerzitetni
		univerzitetni
		univerzitetni izpopolnjevalni
		podiplomski
		podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	Fakulteta za naravoslovje in matematiko UM
	Naslov	Naravoslovje
		Didaktika naravoslovja
		Barve

4.	predmeta	Svetloba in slike Snovni in toplotni tokovi
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni univerzitetni izpopolnjevalni univerzitetni izpopolnjevalni univerzitetni izpopolnjevalni univerzitetni izpopolnjevalni
	Naziv univerze/fakultete	Pedagoška fakulteta UM
5.	Naslov predmeta	Fizika 1 Naravoslovje Didaktika fizike 1
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni univerzitetni univerzitetni
	Naziv univerze/fakultete	Pedagoška fakulteta UL
6.	Naslov predmeta	Biofizika Biofizika Biokemija in biofizika
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni podiplomski visokošolski
	Naziv univerze/fakultete	Medicinska fakulteta UM Fakulteta za zdravstvene vede UM
7.	Naslov predmeta	Osnove rastlinske in živalske biotehnologije Živalska in humana celična kultura in hibridomna tehnologija
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	Biotehniška fakulteta UL

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☒	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☒	
G.01.03.	Drugo:					

			☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj						
G.02.01.	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu		☐	☒	☐	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov		☐	☒	☐	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje		☐	☒	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije		☐	☒	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti		☐	☒	☐	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost		☐	☐	☒	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza		☐	☒	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička		☐	☒	☐	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta		☐	☒	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih		☐	☐	☐	☒	
G.02.11.	Nov investicijski zagon		☒	☐	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:		☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj						
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti		☐	☐	☒	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti		☐	☒	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij		☐	☐	☒	☐	
G.03.04.	Drugo:		☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj						
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja		☐	☐	☒	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja		☐	☐	☒	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave		☒	☐	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti		☒	☐	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe		☒	☐	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:		☐	☐	☐	☐	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete						
			☐	☐	☒	☐	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj						
			☐	☐	☒	☐	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture						
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura		☒	☐	☐	☐	
G.07.02.	Prometna infrastruktura		☒	☐	☐	☐	
G.07.03.	Energetska infrastruktura		☒	☐	☐	☐	
G.07.04.	Drugo:		☐	☐	☐	☐	

G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	☐	☐	☐	☐	
G.09.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	

Komentar¹⁵

Raziskovalni program P1-0055 je temeljne narave in neposredni vpliv našega dela na družbo se kaže predvsem skozi pedagoško delo na dodiplomski in podiplomski ravni ter s tem povezanim trajnim angažmajem na področju razvoja visokega šolstva. V obdobju 2004-2008 smo bili zelo dejavni pri številnih dejavnostih, povezanih z bolonjsko reformo v Sloveniji, predvsem pri oblikovanju novih visokošolskih programov in preoblikovanju 2 visokošolskih zavodov, v katerih so zaposleni nekateri člani programa. Naše raziskovalno delo pa ima brez dvoma dolgoročen pomen za razumevanje žive narave, kar prispeva k dvigu znanstvene kulture in k razvoju biotehnologije kot ene od najpomembnejših tehnologij prihodnosti. Naše raziskave v povezavi z biomedicinskimi in kliničnimi aplikacijami pa so pomembne za nadaljnji razvoj zdravstva ter s tem za zviševanje splošne življenjske ravni.

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, za objavo 5., 6. in 7. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki

Podpisi:

vodja raziskovalnega programa		zastopniki oz. pooblaščen osebe raziskovalnih organizacij in/ali koncesionarjev
Rudolf Podgornik	in/ali	Institut "Jožef Stefan"
		Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta
		Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta
		Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
		Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

Kraj in datum:

Ljubljana

7.4.2009

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROG_ZP_2008/220

¹ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega programa. Največ 21.000 znakov vključno s

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

presledki (približno tri in pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

² Največ 3000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

Naslov: Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

Opis: Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

Objavljeno v: OBERMAJER, N., PREMŽL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates $\beta 2$ - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. Exp. Cell Res., 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

COBISS.SI-ID: 1920113 [Nazaj](#)

⁵ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, izberite ustrezen rezultat, ki je v Sifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁶ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si> [Nazaj](#)

⁷ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

⁸ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

⁹ Za raziskovalce, ki niso habilitirani, so pa bili mentorji mladim raziskovalcem, se vpiše ustrezen podatek samo v stolpec MR [Nazaj](#)

¹⁰ Vpisuje se uredništvo revije, monografije ali zbornika v skladu s Pravilnikom o kazalcih in merilih znanstvene in strokovne uspešnosti (Uradni list RS, št. 39/2006, 106/2006 in 39/2007), kar sodi tako kot mentorstvo pod sekundarno avtorstvo, in delo (na zlasti nacionalno pomembnim korpusu ali zbirki) v skladu z 3. in 9. členom istega pravilnika. Največ 1000 znakov (ime) oziroma 150 znakov (število) vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Navedite oziroma naštejite konkretne projekte. Največ 12.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Navedite konkretne projekte, kot na primer: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine ipd. in ne sodijo v okvir financiranja pogodb ARRS. Največ 9.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹³ Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine strokovnega prispevka v slovenskem jeziku, ki se nanaša na povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki) ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

¹⁴ Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine, povezano s popularizacijo znanosti (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki), ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

¹⁵ Komentar se nanaša na 18. točko in ni obvezen. Največ 3.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-ZV-RPROG-ZP/2008 v1.00a