

Oznaka poročila: ARRS\_ZV\_RPROJ\_ZP\_2008/258

## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	Z1-9303
<b>Naslov projekta</b>	Nova osnovna stanja frustriranih spinskih sistemov pod vplivom dupiranja
<b>Vodja projekta</b>	22322 Samir El Shawish
<b>Tip projekta</b>	Zt Podoktorski projekt - temeljni
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	3.400
<b>Cenovni razred</b>	B
<b>Trajanje projekta</b>	01.2007 - 12.2008
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	106 Institut "Jožef Stefan"
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	11 Neusmerjene raziskave (temeljne)

#### 2. Sofinancerji<sup>1</sup>

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

#### 3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta<sup>2</sup>

Glavnina podoktorskega projekta se je nanašala na študij magnetnih in transportnih lastnosti dopiranega Shastry-Sutherlandovega (SS) modela, ki služi kot ogrodje za opis frustriranih spinskih sistemov s spinsko režo v dveh dimenzijah. Numerične simulacije in izračune na tem modelu sem primerjal z meritvami na spinski tekočini  $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$  ter njenima dopiranima izpeljankama  $\text{SrCu}_{2-x}\text{Mg}_x(\text{BO}_3)_2$  oziroma  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Cu}_2(\text{BO}_3)_2$ .

V prvem letu projekta sem se osredotočil na dopiranje z nemagnetnimi nečistočami Mg, ki predstavljajo statične vrzeli. Efekte končnega dopiranja, kot je formacija spinskega

polarona v okolici nečistoče, sem razložil s pomočjo novo razvite variacijske metode na neskončni SS mreži, kamor sem lokaliziral eno vrzel. Metoda se je izkazala kot zelo uporabna in učinkovita, predvsem zaradi neobremenjenosti z napako majhnega števila mest. Ugotovil sem, da specifična topologija SS mreže narekuje anizotropno obliko spinskega polarona, ki je poleg tega prostorsko omejen le na bližnjo okolico nečistoče. Prisotnost polaronov se v spektrih dinamičnega spinskega strukturnega faktorja kaže v obliki novih spinskih ekscitacij znotraj spinske reže ter v znatni razširitvi eno- in dvomagnonskih vrhov. Teoretične napovedi kvantitativno dobro opišejo meritve neelastičnega nevtronskega sipanja na monokristalu  $\text{SrCu}_{2-x}\text{Mg}_x(\text{BO}_3)_2$  za  $x \sim 0.05$ .

V drugem letu projekta sem svojo variacijsko metodo nadgradil na gibljivo vrzel, ki se pokorava fermionski statistiki. Vpeljal sem dodaten preskakovalni člen  $t$ , ki skupaj z izmenjalno interakcijo  $J$  tvori t.i.  $t$ - $J$  model. Metoda sem testiral v točnih limitah  $t$ - $J$  modela. Efekt skakanja vrzeli sem poračunal v odzivu neelastičnega nevtronskega sipanja ter ga primerjal z meritvami na spojini  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Cu}_2(\text{BO}_3)_2$  za  $x \sim 0.02$ , kjer La predstavlja donor elektronov: v primerjavi z negibljivo vrzeljo imajo tu spinske ekscitacije znotraj reže končno disperzijo, ki je posledica skakanja vrzeli. Intenziteta in pa širina pasu teh ekscitacij je asimetrična glede na predznak preskakovalnega integrala  $t$ , kar pomeni, da sistem ni simetričen na zamenjavo delec-vrzel. Glede na preliminarne izsledke eksperimenta lahko zaključim, da je v dani spojini  $t$  majhen in pozitiven, kar omogoča vrzeli lažje in bolj koherentno gibanje. V naslednjem koraku sem poračunal enodelčno spektralno funkcijo, ki meri odziv fotoemisije (ARPES). Tukaj sem se predvsem osredotočil na energijsko najnižji pas, ki predstavlja utež kvazidelca (vrzel s singletnim ozadjem) v osnovnem stanju. Majhna intenziteta te ekscitacije za pozitivne vrednosti  $t$  kaže na to, da je osnovno stanje sistema z eno vrzeljo močno korelirano. Del teh raziskav sem opravil v sodelovanju s sodelavci iz Odseka za teoretično fiziko IJS ter prof. Bruceom Gaulinom iz McMaster Univerze v Ontariu, Kanada.

V okviru danega projekta sem poleg osrednje teme obravnaval tudi druge, sorodne sisteme, za katere je prav tako značilna močna spinska frustracija. Tekom prvega leta projekta sem tako študiral temperaturno in magnetno odvisnost spinske prepletenosti na nedopirani SS mreži. Pokazal sem, da se numerični rezultati točne diagonalizacije na 16-ih in 20-ih mestih kvalitativno ujemajo z analitično formulo na štirih kubitih. Poleg tega sem ugotovil, da je maksimalna prepletenost med spini v dimeru pogojena s končno spinsko režo v spektru.

Nadalje sem, v sodelovanju z eksperimentalno skupino dr. Denisa Arčona iz IJS, analiziral ESR meritve na polikristaliničnem vzorcu  $\alpha\text{-NaMnO}_2$ , ki predstavlja kvantni  $S=2$  spinski sistem na frustrirani 2D trikotni mreži s prostorsko anizotropno Heisenbergovo interakcijo. S pomočjo Lanczoseve metode za končne temperature in meritvami susceptibilnosti smo določili sklopitveni konstanti za obe antiferomagnetni izmenjalni interakciji. Dominatni člen magnetne anizotropije pa sem izračunal preko temperaturne odvisnosti širine ESR črte.

Podobno analizo sem v drugi polovici projekta opravil tudi na t.i. Kagome sistemu  $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ , ki kaže nenavadne magnetne lastnosti pri nizkih temperaturah. Pri obravnavi tega sistema sem vključil tako nečistoče kot tudi anizotropno Dzyaloshinsky-Moriya (DM) interakcijo. Na podlagi izračunov spinskih korelacij sem ugotovil, da dovolj velika pravokotna komponenta DM spontano zlomi  $U(1)$  simetrijo v spinskem prostoru in tako stabilizira koplanarno ureditev spinov. Za opis širine ESR črte sem se poslužil Kubo-Tomita pristopa, kjer sem točno izračunal drugi in četrti moment spektra. V tem delu projekta sem navezal stike s francoskima teoretikoma dr. Gregoireom Misguichem (CEA, Saclay) in dr. Olivierjem Cepasom (ILL, Grenoble).

#### 4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>

Večino zastavljenih ciljev sem izpolnil v celoti, preostale so le še manjše nedokončane naloge, ki pa so že v zaključni fazi.

V prvem letu projekta sem izpolnil obe predvideni fazi. Razvil in testiral sem novo variacijsko metodo, ki sem jo uporabil za raziskavo narave osnovnega stanja in prvih vzbujenih stanj spinskega polarona. Z njo sem potrdil raziskovalno hipotezo, da je doseg spinskega polarona v Shastry-Sutherlandovem modelu močno omejen na bližnjo okolico nemagnetne nečistoče ter anizotropen v prostoru. Nadalje sem s primerjavo z eksperimentom uspešno razložil pozicijo novega vrha znotraj spinske reže ter njegovo Q-odvisnost intenzitete v spektru neelastičnega nevtronskega sipanja na sistemu  $\text{SrCu}_{2-x}\text{Mg}_x(\text{BO}_3)_2$ .

Drugo leto projekta je zajemalo tretjo fazo, ki je v večji meri dokončana. Nadgradil sem variacijsko metodo za eno gibljivo vrzel in jo apliciral na t-J model. Poračunal sem dve količini, dinamični spinski strukturni faktor ter enodelčno spektralno funkcijo, ki ju je mogoče neposredno meriti v eksperimentu. Tako sem napovedal odziv neelastičnega nevtronskega sipanja na spojnini  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Cu}_2(\text{BO}_3)_2$ , ki pa še ni v celoti pomerjen. Sodelovanje s skupino prof. Gaulina je zato še v teku. Zaenkrat tudi še ni znanih meritev ARPES, ki bi preverile numerične napovedi fotoemisijskega spektra. Med nedokončane naloge si štejem predvsem ne vključitev druge, dodatne gibljive vrzeli, kar bi omogočilo neposreden študij interakcij med vrzelima in s tem pojav superprevodnosti v modelu. Delo v tej smeri že poteka.

#### 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta<sup>4</sup>

Ni sprememb.

#### 6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>5</sup>

		Znanstveni rezultat	
1.	Naslov	SLO	Spinske vzbuditve znotraj reže in končen življenski čas enotripletnih vrhov v razredčenem singletnem osnovnem stanju spojine $\text{SrCu}_{(2-x)}\text{Mg}_x(\text{BO}_3)_2$
		ANG	In-gap spin excitations and finite triplet lifetimes in the dilute singlet ground state system $\text{SrCu}_{(2-x)}\text{Mg}_x(\text{BO}_3)_2$
	Opis	SLO	Študirali smo magnetne lastnosti dopiranega Shastry-Sutherlandovega (SS) modela ter jih primerjali z meritvami na spinski tekočini $\text{SrCu}_{(2-x)}\text{Mg}_x(\text{BO}_3)_2$ . Efekte končnega dopiranja, kot je formacija spinskega polarona v okolici nečistoče, smo razložili s pomočjo nove variacijske metode na neskončni SS mreži in ene same negibljive vrzeli. Specifična topologija SS mreže narekuje anizotropno obliko spinskega polarona, ki je poleg tega prostorsko omejen le na bližnjo okolico nečistoče.
		ANG	Magnetic properties of the doped Shastry-Sutherland (SS) model were calculated and compared to the measurements on the spin-liquid $\text{SrCu}_{(2-x)}\text{Mg}_x(\text{BO}_3)_2$ compound. We employed a new variational algorithm with a single quenched magnetic vacancy on an infinite SS lattice to determine the size and the shape of the spin polaron surrounding the impurity site. Due to a particular symmetry of the SS lattice, the spin polaron is extremely anisotropic with a short spatial extent.
	Objavljeno v	HARAVIFARD, S., DUNSIGER, S. R., EL SHAWISH, Samir, GAULIN, B. D., DABKOWSKA, H. A., TELLING, M. T. F., PERRING, T. G., BONČA, Janez. In-gap spin excitations and finite triplet lifetimes in the dilute singlet ground state system $\text{SrCu}_{(2-x)}\text{Mg}_x(\text{BO}_3)_2$ . Phys. rev. Lett., 2006, 97, str. 247206-1-247206-4	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	1961060		
2.	Naslov	SLO	Prepletenost kubita pri končnih temperaturah na Shastry-Sutherlandovi mreži
		ANG	Thermal entanglement of qubit on the Shastry-Sutherland lattice
			Študirali smo temperaturno in magnetno odvisnost spinske prepletenosti na 2D Shastry-Sutherland mreži. Pokazali smo, da se numerični rezultati točne

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

	Opis	SLO	diagonalizacije na 16-ih in 20-ih mestih kvalitativno ujemajo z analitično formulo na štirih kubitih. Poleg tega smo ugotovili, da je maksimalna prepletenost med spini v dimeru pogojena s končno spinsko režo v spektru.
		ANG	We show that temperature and magnetic-field properties of the entanglement between spins on the two-dimensional Shastry-Sutherland lattice can be qualitatively described by analytical results for a qubit tetramer. Exact diagonalization of clusters with up to 20 sites reveals that the regime of fully entangled neighboring pairs coincides with the regime of finite spin gap in the spectrum. Additionally, the results for the regime of vanishing spin gap are discussed and related to the Heisenberg limit of the model.
	Objavljeno v	EL SHAWISH, Samir, RAMŠAK, Anton, BONČA, Janez. Thermal entanglement of qubit on the Shastry-Sutherland lattice. Phys. rev., B, Condens. matter mater. phys., 2007, 75, str. 205442-1-205442-10	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	1989220	
3.	Naslov	SLO	Magnetne interakcije v alpha-NaMnO <sub>2</sub> : kvanten S=2 sistem na prostorsko anizotropni dvorazsežni trikotni mreži
		ANG	Magnetic interactions in alpha-NaMnO <sub>2</sub> : quantum spin-2 system on a spatially anisotropic two-dimensional triangular lattice
	Opis	SLO	Analizirali smo ESR meritve na polikristaliničnem vzorcu alpha-NaMnO <sub>2</sub> , ki predstavlja kvantni S=2 spinski sistem na frustrirani 2D trikotni mreži s prostorsko anizotropno Heisenbergovo interakcijo. S pomočjo Lanczoseve metode za končne temperature in meritvami susceptibilnosti smo določili sklopitveni konstanti za obe antiferomagnetni izmenjalni interakciji. Dominantni člen magnetne anizotropije pa smo izračunali preko temperaturne odvisnosti širine ESR črte.
		ANG	The ESR measurements has been performed on alpha-NaMnO <sub>2</sub> polycrystalline sample, a quantum spin system on a frustrated 2D triangular lattice with spatially anisotropic Heisenberg exchange. From the susceptibility curve, we have determined the nearest-neighbor antiferromagnetic exchange coupling constants (in the preferably coupled spin chains, J1=65 K, and perpendicular to them, J2/J1=0.44) by employing the finite-temperature Lanczos method. The dominant magnetic anisotropy term of the single-ion type, D= -4.1 K, which establishes an easy-axis direction, is evaluated from the ESR linewidth.
	Objavljeno v	ZORKO, Andrej, EL SHAWISH, Samir, ARČON, Denis, JAGLIČIĆ, Zvonko, LAPPAS, Alexandros. Magnetic interactions in alpha-NaMnO <sub>2</sub> : quantum spin-2 system on a spatially anisotropic two-dimensional triangular lattice. Phys. rev., B, Condens. matter mater. phys., 2008, vol. 77, no. 2, str. 024412-1-024412-7	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	21404967	
4.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
5.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Variacijski pristop k reševanju dopiranega Shastry-Sutherlandovega modela za opis spojine SrCu <sub>(2-x)</sub> Mg <sub>x</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
		ANG	Variational approach to the doped Shastry-Sutherland model for the description of SrCu <sub>(2-x)</sub> Mg <sub>x</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> system
	Opis	SLO	S pomočjo nove variacijske metode na neskončni Shastry-Sutherlandovi (SS) mreži smo razložili formacijo spinskega polarona v okolici nečistoče. Specifična topologija SS mreže narekuje anizotropno obliko spinskega polarona, ki je poleg tega prostorsko omejen le na bližnjo okolico nečistoče. Prisotnost polaronov se v spektrih dinamičnega spinskega strukturnega faktorja kaže v obliki novih spinskih ekscitacij znotraj spinske reže ter v znatni razširitvi eno- in dvomagnonskih vrhov. Teoretične napovedi se ujemajo z meritvami na spinski tekočini SrCu <sub>(2-x)</sub> Mg <sub>x</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .
		ANG	Using variational algorithm on an infinite Shastry-Sutherland lattice, we show that the introduction of a single quenched magnetic vacancy into a singlet ground state leads to a formation of a small and extremely anisotropic spin polaron surrounding the vacancy site. The presence of such nonmagnetic impurity leads to a formation of new in-gap peaks in the dynamical spin structure factor. Theoretical calculations are shown to qualitatively account for high resolution neutron scattering measurements on a single crystal SrCu <sub>(2-x)</sub> Mg <sub>x</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> with $x \sim 0.05$ .
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	EL SHAWISH, Samir, BONČA, Janez. Variational approach to the doped Shastry-Sutherland model for the description of SrCu <sub>(2-x)</sub> Mg <sub>x</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> system. V: SCES'07, The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems, May 13-18, 2007, Houston, Texas, USA. Program and abstracts. [S. l.: s. n.], 2007, str. 102	
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
COBISS.SI-ID	21415463		
2.	Naslov	SLO	Spinski Hamiltonian dvorazsežnega sistema alpha-NaMnO <sub>2</sub> s trikotno mrežo
		ANG	Spin Hamiltonian of the triangular layered alpha-NaMnO <sub>2</sub> system
	Opis	SLO	Analizirali smo ESR meritve na polikristaliničnem vzorcu alpha-NaMnO <sub>2</sub> , ki predstavlja kvantni S=2 spinski sistem na frustrirani 2D trikotni mreži s prostorsko anizotropno Heisenbergovo interakcijo. S pomočjo Lanczoseve metode za končne temperature in meritvami susceptibilnosti smo določili sklopitveni konstanti za obe antiferomagnetni izmenjalni interakciji. Dominantni člen magnetne anizotropije pa smo izračunali preko temperaturne odvisnosti širine ESR črte.
		ANG	We investigated the ESR measurements performed on alpha-NaMnO <sub>2</sub> polycrystalline sample, a quantum spin-2 system on a frustrated 2D triangular lattice with spatially anisotropic Heisenberg exchange. From the susceptibility curve, we determined the nearest-neighbor antiferromagnetic exchange coupling constants by employing the finite-temperature Lanczos method. The dominant magnetic anisotropy term of the single-ion type was evaluated from the ESR linewidth.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	EL SHAWISH, Samir, ZORKO, Andrej, ARČON, Denis, JAGLIČIČ, Zvonko, LAPPAS, Alexandros, TOL, Hans van, BRUNEL, Louis Claude. Spin Hamiltonian of the triangular layered [alpha]-NaMnO <sub>2</sub> system. V: The European Conference Physics of Magnetism 2008, June 24-27, 2008, Poznań, Abstracts. Poznań: Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Science, 2008, str. 93.	
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci		
COBISS.SI-ID	22254631		
3.	Naslov	SLO	Magnetna ureditev v S=1/2 Kagome antiferomagnetu ob prisotnosti Dzyaloshinsky-Moriya interakcije
		ANG	Long-range magnetic order in the spin-1/2 Kagome antiferromagnet in presence of Dzyaloshinsky-Moriya interactions

	Opis	SLO	Študirali smo vpliv Dzyaloshinsky-Moriya interakcije na spinske korelacije v $S=1/2$ Heisenbergovem modelu na Kagome mreži. Ugotovili smo, da komponenta pravokotno na ravnino $Dz/J > 0.1$ spontano zlomi $U(1)$ simetrijo in tako stabilizira koplanarno ureditev spinov. Rezultat smo aplicirali na spojino $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ .
		ANG	We studied the consequences of Dzyaloshinsky-Moriya interactions on the spin-spin correlations in the $S=1/2$ Heisenberg model on the Kagome lattice. We found that out-of-plane $Dz/J > 0.1$ component spontaneously breaks the $U(1)$ symmetry and stabilizes the coplanar configurations of the spins. Application to the $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ compound was discussed.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	EL SHAWISH, Samir. Long-range magnetic order in the spin-1/2 Kagome antiferromagnet in presence of Dzyaloshinsky-Moriya interactions. V: HFM 2008, International Conference on Highly Frustrated Magnetism, September 7-12, 2008, Braunschweig, Germany. Program and abstracts. [S. l.: s. n.], 2008, str. 79.	
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
	COBISS.SI-ID	22254887	
	4.	Naslov	SLO
ANG			
Opis		SLO	
		ANG	
Šifra			
Objavljeno v			
Tipologija			
COBISS.SI-ID			
5.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		

## 8. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>7</sup>

### 8.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>8</sup>

SLO

Razvil sem novo različico numerične metode za izračun lastnih stanj sistema, ki temelji na variacijskem dodajanju novih (baznih) stanj v fazni prostor. Ta metoda ni omejena s končnim številom mest v sistemu, in s tem končnim številom dovoljenih valovnih vektorjev, pač pa s končnim številom stanj v faznem prostoru. Zaradi tega je primernejša za izračun termodinamskih količin, ki so zvezna funkcija položaja oziroma lege v direktnem in recipročnem prostoru. Posebno prikladna je v primeru, ko je lastno stanje sistema dovolj blizu začetnemu (baznemu) stanju, kar vodi do hitre konvergence.

Kot prvi sem z omenjeno metodo raziskal naravo osnovnega stanja in nekaj prvih vzbujenih stanj spinskega polarona na neskončni Shastry-Sutherlandovi mreži. Potrdil sem hipotezo, da je doseg spinskega polarona močno omejen na bližnjo okolico nemagnetne nečistoče ter anizotropen v prostoru. Iz same strukture polarona sem pravilno napovedal položaj in intenziteto nove ekscitacije znotraj spinske reže v spektru neelastičnega nevtronskega sipanja na sistemu  $SrCu_{2-x}Mg_x(BO_3)_2$ .

ANG

I have developed a new numerical method for the calculation of eigenstates that builds its

phase space by variationally adding new (basis) states. The method is not restricted to finite system sizes, and therefore to finite number of allowed wave vectors, however, it is limited by a finite number of basis states. For this reason, the method is particularly convenient for the calculation of thermodynamical quantities with variables that vary continuously with the position in the real or reciprocal space. Especially, the method shows its strength when the true eigenstate is close to the initial (basis) state, which results in a rapid convergence.

With a given method, I managed to investigate for the first time the ground state of the spin polaron and its few lowest excited states on the infinite Shastry-Sutherland lattice. I have confirmed the hypothesis that the spin polaron is anisotropic in space and extends only in to the vicinity of the nonmagnetic impurity. Given a polaron structure, I was able to correctly predict the position and the intensity of the in-gap excitation in the inelastic neutron scattering measurements on SrCu<sub>(2-x)</sub>Mg<sub>x</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

## 8.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>9</sup>

SLO

Tekom razvoja nove numerične metode ter njene uspešne aplikacije na dopiranem Shastry-Sutherlandovem modelu, sem sodeloval na večih mednarodnih konferencah, objavil nekaj izvirnih znanstvenih publikacij ter navezal stike z raziskovalnimi skupinami po Evropi in ZDA. Na ta način sem prispeval k prepoznavnosti Slovenije kot moderne evropske države z razvito znanstveno-tehnološko bazo.

ANG

During the development of the numerical method and its successful application to the doped Shastry-Sutherland model, I have participated in various international conferences, published several original scientific publications, and established effective collaborations with the research groups in Europe and USA. In this way, I have contributed to the recognition of Slovenia as a modern European country with developed scientific-technological foundation.

## 9. Samo za aplikativne projekte!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri aplikativnem 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 type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.02</b>	<b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	

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

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input 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 type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

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

**Komentar**

--

**10. Samo za aplikativne projekte!**

**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

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

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

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

--

**11. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki<sup>10</sup>**

1.	<b>Sofinancer</b>	
	<b>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</b>	<b>EUR</b>
	<b>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</b>	<b>%</b>
	<b>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</b>	<b>Šifra</b>

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

## 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 6., 7. in 8. 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:

Samir El Shawish	in/ali	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

17.4.2009

### Oznaka poročila: ARRS\_ZV\_RPROJ\_ZP\_2008/258

<sup>1</sup> Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>4</sup> Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>5</sup> Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, 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., PREMZL, 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](#)

<sup>6</sup> Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu 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](#)

<sup>7</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>8</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

## Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

<sup>9</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki Nazaj

<sup>10</sup> Rubrike izpolnite/prepišite skladno z obrazcem "Izjava sofinancerja" (<http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>), ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. Nazaj

Obrazec: ARRS-ZV-RPROJ-ZP/2008 v1.00