

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/272



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J1-2224
Naslov projekta	Teorija toplotnega in spinskega transporta v novih materialih s koreliranimi elektroni
Vodja projekta	1105 Peter Prelovšek
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4650
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika 1.02.02 Teoretična fizika
Družbeno-ekonomski cilj	13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	1.03
- Veda	1 Naravoslovne vede
- Področje	1.03 Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

V projektu smo se osredotočili na teoretične raziskave transportnih lastnosti sistemov močno koreliranih elektronov. Med njimi so še posebej zanimivi novi materiali, ki so izolatorji tipa Mott-Hubbard zaradi močnega Coulombskega odboja med elektroni,

njihove električne lastnosti pa je mogoče opisati s kvazi enodimenzionalnim spinskim modelom, kot je na primer $S=1/2$ Heisenbergov model. Materiali s takšnimi lastnostmi, kot so Sr_2CuO_3 in $\text{Sr}_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$, so bili nedavno sintetizirani in spadajo v širšo družino kupratov. Obnašajo se kot električni izolatorji, a imajo kljub temu visoko in zelo anizotropno toplotno prevodnost vzdolž verig celo pri sobni temperaturi. To jim daje velik potencial za uporabo v tehnologiji hlajenja elementov v mikroelektroniki. Po drugi strani pa sta velik izziv tudi zanimiva spinska prevodnost in povezava le-te s toplotnim transportom, pri čemer sta oba globoko kvantne narave.

Omenjene materiale je mogoče popisati z mikroskopskimi modeli za 1D večdelčne kvantne sisteme koreliranih elektronov s poudarkom na $S=1/2$ Heisenbergovim modelom, Hubbradovim modelom in t-J modelom. V okviru projekta smo obravnavali takšne teoretično relevantne modele v povezavi z odprtimi fundamentalnimi in kvantitativnimi vprašanji. Izmed transportnih lastnosti smo se večinoma ukvarjali z električno, spinsko in toplotno prevodnostjo, pri čemer smo ovrednotili njihovo dinamično (oz. frekvenčno) obnašanje. Izračuni so bili večinoma narejeni z visoko-zmogljivimi računskimi pristopi, kot so točna diagonalizacija ter metoda renormalizacijske grupe gostotne matrike. Dobljene rezultate pa smo interpretirali v kombinaciji z analitičnimi analizami in približki. Pri tem smo testirali tudi nove numerične metode in ideje. Obravnavali smo več odprtih teoretičnih vprašanj v povezavi s procesi, ki determinirajo obnašanje enosmernega transporta: vloga statičnih nečistoč v integrabilnih modelih z interakcijo ter vpliv nečistoče z notranjimi prostostnimi stopnjami, kot so $S=1/2$ nečistoče, sklopljene na verige, ter sipanje na magnonih.

Pokazali smo naprimer, da v spinski verigi z lokalno neurejenostjo ni prehoda izolator – prevodnik pri neničelni temperaturi. Z izračunom temperaturne odvisnosti Drudejeve uteži oz. togosti naboja za anizotropni Heisenbergov model smo pokazali, da se pri visokih T togost izniči v izotropni točki in potrdili skladanje z enim od analitičnih rezultatov. Pokazali smo tudi, da je v generičnih neintegrabilnih sistemih dinamika skladna z obstojem normalne difuzije. Pri integrabilnih modelih pa se nasprotno pokaže sorodnost z dinamiko fermionov brez interakcije. Z novo razvito metodo smo v t.i. modelu J_1 - J_2 ugotovili obstoj zelo ozkega centralnega vrha pri neničelni temperaturi, ki je posledica nekonfiniranega značaja spinonov. Z obravnavo neravnovesne dinamike in transporta za t-J model smo opazili več različnih področij obnašanja.

ANG

The project focused on the theoretical investigation of transport properties of systems with correlated electrons. Of particular interest are novel materials which are due to strong Coulomb repulsion among electrons Mott-Hubbard insulators while their electronic properties can be described with quasi-one-dimensional spin models, as the $S = 1/2$ Heisenberg model. Materials, which belong to this class and have been recently synthesized, are in the broad family of cuprates as Sr_2CuO_3 and $\text{Sr}_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$. They behave as electric insulators but are very good and highly anisotropic thermal (chain) conductors even at room temperature and have therefore very high potential for technological application for waste heat elimination in electronics. On the other hand, interesting and challenging is as well the spin diffusion and its connection to thermal transport taking into account inherent many-body quantum character of systems.

Mentioned materials can be described with microscopic models for 1D quantum many-body systems with correlated electrons, in particular the anisotropic $S = 1/2$ Heisenberg model, Hubbard model and t-J model. Within this project such models were investigated in connection with open fundamental and qualitative questions. Among transport properties we dealt mostly with charge, spin and thermal conductivities, whereby we evaluated their dynamical (i.e. frequency dependent) behaviour. The calculations were

mainly performed using high-performance computing approaches, such as exact diagonalization and density-matrix renormalization-group. Results were interpreted in combination with analytical analyses and approximations. Novel numerical methods and ideas in this direction were also tested. Several open theoretical questions were considered in connection with processes dominating the d.c. transport: role of static impurities in interacting but integrable models, influence of impurities with internal degrees of freedom, such as $S = 1/2$ impurities coupled to the chains and scattering on magnons.

For example, we showed that the spin chain with local distortions does not exhibit insulator-conductor transition at nonzero temperature. With the calculation of temperature dependence of the Drude weight or charge stiffness for the anisotropic Heisenberg model we showed that at high T stiffness vanishes in the isotropic point and confirmed the agreement with one of the analytical results. We also showed, that the dynamics in the generic nonintegrable systems is in agreement with the presence of a normal diffusion. On the other hand, integrable models show similarity with the dynamics of noninteracting fermions. We showed with the use of newly developed method that the J_1 - J_2 model exhibits sharp central peak at nonzero temperature, which is a consequence of a spinons deconfinement. With the investigation of nonequilibrium dynamics and transport in the t - J model we observed several different regimes of behaviour.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Osredna tematika projekta je bil študij transportnih lastnosti enodimenzionalnih spinskih sistemov, ki so bili v zadnjih letih intenzivno teoretično raziskovani v povezavi z eksperimenti na novih materialih, ki so električni izolatorji, toplotni transport pa poteka preko spinskih prostostnih stopenj. Za te sisteme je mogoče najti skoraj idealne kvantne modele, ki popisujejo močno korelirane elektrone, vendar je teoretični popis lastnosti nezadosten in reševanje teh modelov odpira več tako fundamentalnih kot kvantitativnih vprašanj.

Najprej smo se posvetili vplivu nečistoč in neurejenosti na toplotni transport. Pokazali smo, da v spinski verigi, kjer je neurejenost lokalna in posledica slučajnih magnetnih polj, ni enosmernega spinskega in toplotnega transporta pri ničelni temperaturi. Pri končni temperaturi pa je vsaj toplotna prevodnost vedno končna, torej ni znakov za t.im. prehod izolator – prevodnik pri neničelni temperaturi. Študirali smo tudi vpliv posamezne nečistoče in pokazali, da že ena sama nečistoča kvalitativno spremeni lastnosti energijskih spektrov, kot tudi pripelje do nekoherentnega transporta. Numerično smo analizirali zelo aktualno vprašanje možne lokalizacije v 1D modelu sklopljenih fermionov pri končnih temperaturah. Pokazali smo, da že šibka interakcija uniči efekt lokalizacije in vodi do končne enosmerne prevodnosti. Hkrati pa je za nekoliko večje parametre nereda prevodnost eksponentno majhna in imamo tako opraviti z zvezno spremembo v skoraj lokaliziran večdelni sistem.

Pri raziskavah lastnosti spinskih verig smo se ponovno posvetili vprašanju Drudejeve uteži oz. togosti naboja pri končnih temperaturah v integrabilnem anizotropnem Heisenbergovem modelu. To vprašanje je predmet večih teoretičnih študij s precej protislovnimi rezultati. Z numerično diagonalizacijo majhnih sistemov smo analizirali sisteme z lihim številom mest, kar omogoča zanesljivo skaliranje rezultatov in tudi analizo nekaterih nizkofrekvenčnih anomalij. Pokazali smo, da se pri visokih T togost izniči v izotropni točki in potrdili skladanje z enim od analitičnih rezultatov. Izračunana je bila temperaturna odvisnost togosti. V Isingovem režimu je bilo ugotovljeno dobro ujemanje z prekrivanjem z ohranjenim toplotnim tokom.

Nadaljevali smo tudi raziskave drugih primerov linearnega in nelinearnega odziva v

anizotropnem Heisenbergovem modelu, zlasti v zvezi z obstojem difuzije v Isingovem režimu. Raziskali smo tudi spinsko hidrodinamiko, to je dinamiko motenj dolgih valovnih dolžin in nizkih frekvenc. Pokazali smo, da je v generičnih neintegrabilnih sistemih dinamika skladna z obstojem normalne difuzije. Pri integrabilnih modelih pa se nasprotno pokaže sorodnost s dinamiko fermionov brez interakcije in s prostim gibanjem motnje.

Razvili smo novo numerično metodo za izračun dinamičnih lastnosti enodimenzionalnih elektronskih modelov. Metoda je nastala z nadgraditvijo metode renormalizacijske grupe gostotne matrike z Lanczosevim algoritmom za končne temperature in je bila uporabljena za analizo dinamike Heisenbergovega modela. S pomočjo nove metode smo pokazali, da ima frustrirana spinska veriga, kot jo opisuje t.im. model J1-J2 nenavadne dinamične korelacije.

Z novo razvito metodo FTD-DMRG smo ugotovili tudi obstoj zelo ozkega centralnega vrha pri neničelni temperaturi, ki je posledica nekonfiniranega značaja spinonov kot osnovnih vzbujenih stanj v takem sistemu. V povezavi z eksperimentalnimi raziskavami visoke toplotne prevodnosti teh snovi smo raziskovali vpliv magnetnih in nemagnetnih nečistoč na transport toplote v kvantni $S=1/2$ spinski verigi. Medtem ko je splošen vpliv dodanih spinov podoben Kondo efektu, pa dodatni šibki členi v verigi kažejo tudi efekt rezanja oz. zdravljenja pri nizkih temperaturah.

Pri širših raziskavah toplotnega in spinskega transporta v sistemih močno sklopljenih elektronov smo se posvetili tudi vprašanju neravnovesne dinamike in transporta pri večjih gonilnih silah. V tem sklopu smo raziskovali dinamiko v realnem času nabitega delca dopiranega v Mottov izolator in poganjanem z stalnim električnim poljem. Dinamika je bila študirana na modelu t-J na lestvi in na kvadratni mreži. Pokazali smo obstoj več področij obnašanja, univerzalnih za obe geometriji. Tako smo ugotovili adiabatno obnašanje pri nizkih poljih. V vmesnem območju polj je odziv po daljšem času gibanje delca s stalno hitrostjo in končno gibljivostjo. Pri močnih poljih pa se pokaže negativna diferencialna upornost. Končno gibljivost se da lepo razločiti z konstantno emisijo magnonov kot nizko vzbujenih stanj v Mottovem izolatorju.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Realizacija je potekala skladno s planom projekta.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Sprememb ni bilo.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	2208868 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nekoherentni transport, ki ga povzroči ena sama nečistoča v Heisenbergovi verigi
	ANG	Incoherent transport induced by a single static impurity in a Heisenberg chain
Opis	SLO	Ugotovili smo, da ena sama nečistoča, dodana v integrabilni spinski sistem, lahko spremeni transport iz nedisipacijskega v nekoherentnega.
	ANG	It was found, that a single static local impurity, added into the integrable spin system, changes qualitatively the transport from a dissipationless

		into a normal incoherent one.
	Objavljeno v	The American Institute of Physics; Physical review; 2009; Vol. 80; str. 125118-1125118-4; Impact Factor: 3.475; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.673; A': 1; WoS: UK; Avtorji / Authors: Barišić Osor S., Prelovšek Peter, Metavitsiadis A., Zotos X.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	2288740 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Prevodnost v neurejeni enodimenzionalni verigi sklopljenih fermionov. <i>ANG</i> Conductivity in disordered one-dimensional system of interacting fermions
	Opis	<i>SLO</i> Pokazali smo, da že šibka sklopitev med elektroni uniči efekt Andersonove lokalizacije pri končnih temperaturah in privede do končne električne prevodnosti. <i>ANG</i> It has been shown that even weak repulsive interaction between fermions destroys the Anderson localization due to disorder and leads to nonzero electrical conductivity at finite temperatures.
	Objavljeno v	The American Institute of Physics; Physical review; 2010; Vol. 82, issue 16; str. 161106-1-161106-4; Impact Factor: 3.772; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.169; A': 1; WoS: UK; Avtorji / Authors: Barišić O. S., Prelovšek Peter
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	2391908 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Drudejeva utež v anizotropnem Heisenbergovem modelu <i>ANG</i> Finite-temperature Drude weight within the anisotropic Heisenberg chain
	Opis	<i>SLO</i> Z numerično analizo končnih sistemov je pokazano, da se Drudejev prispevek pri visokih temperaturah ujema z enim od analitičnih rezultatov. <i>ANG</i> Using numerical analysis of small systems it is shown that the result for the Drude weight at high temperatures agrees with one of Bethe Ansatz calculations
	Objavljeno v	The American Institute of Physics; Physical review; 2011; Vol. 84, issue 15; str. 155125-1-155125-5; Impact Factor: 3.691; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.579; A': 1; WoS: UK; Avtorji / Authors: Herbrych Jacek, Prelovšek Peter, Zotos X.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	24707879 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Neravnovesna dinamika nosilca naboja dopiranega v Mottov izolator <i>ANG</i> Nonequilibrium quantum dynamics of a charge carrier doped into a Mott insulator
	Opis	<i>SLO</i> Pokazano je, da poganjan nosilec naboja v Mottovem izolatorju doseže konstantno hitrost ob stalnem oddajanju magnonov <i>ANG</i> It is shown that a charge carrier in a Mott insulator, driven by constant electric field, reaches final velocity via a continuous emission of magnon excitations
	Objavljeno v	American Physical Society.; Physical review letters; 2011; Vol. 106, no. 19; str. 196401-1-196401-4; Impact Factor: 7.370; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.404; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Mierzejewski Marcin, Vidmar Lev, Bonča Janez, Prelovšek Peter
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

5.	COBISS ID	2521956	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Spinska hidrodinamika v $S=1/2$ anizotropni Heisenbergovi verigi	
	ANG	Spin hydrodynamics in the $S=1/2$ anisotropic Heisenberg chain	
Opis	SLO	Integrabilni Heisenbergov model pri končnih temperaturah pokaže anomalni spinski transport pri majhnih valovnih vektorjih, pri čemer je obnašanje podobno prostim fermionom.	
	ANG	It was shown that the integrable Heisenberg model at finite temperatures exhibits spin anomalous dynamics at small wavevectors, analogous to noninteracting fermions	
Objavljeno v	The American Institute of Physics; Physical review; 2012; Vol. 86, iss. 11; str. 115106-1-115106-9; Impact Factor: 3.691; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.579; A': 1; WoS: UK; Avtorji / Authors: Herbrych Jacek, Steinigeweg R., Prelovšek Peter		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine²

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	2210148	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Transport v čistih in neurejenih spinskih verigah	
	ANG	Transport in clean and disordered spin chains	
Opis	SLO	P. Prelovšek: Vabljeni predavanja na 2nd Colloquium of Research Group 912, Vaals, 13-15. 11. 2009	
	ANG	P. Prelovšek: Invited talk at 2nd Colloquium of Research Group 912, Vaals, 13-15. 11. 2009	
Šifra	B.04 Vabljeni predavanja		
Objavljeno v	2009; Avtorji / Authors: Prelovšek Peter		
Tipologija	3.16 Vabljeni predavanja na konferenci brez natisa		
2.	COBISS ID	2295908	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Transport v čistih in neurejenih spinskih verigah	
	ANG	Transport in clean and disordered spin chains	
Opis	SLO	P. Prelovšek: Vabljeni predavanja, Correlations and Coherence at Different Scales, XXXIV Int. Conference of Theoretical Physics, 3.-8.9.2010, Ustron, Poljska.	
	ANG	P. Prelovšek: Invited talk Correlations and Coherence at Different Scales, XXXIV Int. Conference of Theoretical Physics, 3.-8.9.2010, Ustron, Poland.	
Šifra	B.04 Vabljeni predavanja		
Objavljeno v	2010; Avtorji / Authors: Prelovšek Peter		
Tipologija	3.16 Vabljeni predavanja na konferenci brez natisa		
3.	COBISS ID	2409060	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Transport v čistih in neurejenih spinskih verigah	
	ANG	Transport in clean and disordered spin chains	
Opis	SLO	Vabljeni predavanja in predstavitve rezultatov o transportu v spinskih verigah na mednarodni konferenci o koreliranih elektronih v Trogirju	
	ANG	Invited talk and presentation of results on transport in spin chains on Int.	

		Conference in Trogir	
	Šifra	B.04 Vabljeni predavanja	
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Prelovšek Peter	
	Tipologija	3.16 Vabljeni predavanja na konferenci brez natisa	
4.	COBISS ID	26608423	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Transport v čistih in neurejenih spinskih verigah
		ANG	Transport in pure and disordered spin chains
	Opis	SLO	Vabljeni predavanja in predstavitve rezultatov o transportu v spinskih verigah na mednarodni konferenci o koreliranih elektronih v Bad Honnefu.
		ANG	Invited talk and presentation of results on transport in spin chains on Int. Conference in Bad Honnef.
	Šifra	B.04 Vabljeni predavanja	
	Objavljeno v	16-18 April 2012, Bad Honnef, Germany	
	Tipologija	3.16 Vabljeni predavanja na konferenci brez natisa	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

EU projekt LOTHERM: Nizko dimenzionalni kvantni magneti za termični management

Na osnovi dobrega sodelovanja s skupinami teoretikov in eksperimentalnih fizikov na Kreti, v Dresdnu, Parizu, Braunschweigu, Groningenu in Zuerichu smo pridobili v letu 2009 nov EU projekt, predvsem namenjen sodelovanju in izobraževanju novih doktorjev na področju fizike novih magnetnih materialov. Namen projekta je bila sinteza in razumevanje snovi - električnih izolatorjev, kjer poteka zelo anizotropni toplotni transport preko spinskih verig. Nove snovi imajo potencialno možnost za uporabo pri hlajenju mikroelektronskih naprav. Projekt je še v izvajanju in v okviru projekta je financirano delo doktoranda Jaceka Herbrycha na IJS.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Teoretično razumevanje in obvladovanje transporta v kvantnih sistemih fermionov z interakcijo je eno izmed osnovnih vprašanj in problemov v fiziki trdne snovi. Napredek teorije je očiten pri razvoju visoko zmogljivih numerično računskih tehnik in tudi pri uporabi primernih fenomenoloških in analitičnih pristopov. Je tudi že dovolj vidno, da imajo naše raziskave na tem področju z novimi idejami in metodami velik vpliv s publikacijami, z vabljenimi predavanji na znanstvenih sestankih, kot tudi preko evropskih projektov ter formalnega in neformalnega sodelovanja z znanstveniki v tujini.

ANG

Theoretical understanding and mastering of transport in quantum systems of interacting fermions is one of the challenging fundamental problems in the solid state physics. An advance is evident using and developing of numerical high-performance computing techniques as well as in the application of proper phenomenology. Our research in this field with proper novel ideas and methods is expected to result in high impact through publications, dissemination of results in scientific meeting and collaborations within the scientific community.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Uspešne raziskave na tem živahnem področju fizike trdne snovi in znanosti materialov odpirajo

velike možnosti za izmenjavo znanstvenikov, še posebej mlajših, znotraj EU in tudi širom sveta s prestižnimi znanstvenimi inštitucijami in posamezniki. Poleg tega predstavlja velik potencial za predložitev in odobritev evropskih projektov. Novi rezultati z visokim faktorjem vpliva na tem področju bodo privedli tudi do večje razpoznavnosti fizike in znanosti v Sloveniji, ki bo tako postala bolj privlačna za študente in raziskovalce iz tujine.

ANG

Successful research in this active field of solid state physics and material science opens great opportunities for the exchange of scientists, in particular younger ones, into EU and world-wide collaborations with prestigious scientific institutions and individuals. It also gives great potential for application for EU projects and their approval. Novel results with high impact in this research area will result in higher visibility of physics and science in Slovenia, becoming more attractive place for foreign students and researchers.

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

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

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

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

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

Komentar

--

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

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

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

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

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

	5.	
Komentar		
Ocena		

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

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

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Institut "Jožef Stefan"

Peter Prelovšek

ŽIG

Kraj in datum:

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/272

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

⁹ 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](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

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

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

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00
C9-3C-EC-A5-0F-0A-75-CF-BF-FA-DA-1A-44-1A-CD-78-37-7F-C7-30