

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/2

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-9198
Naslov projekta	Vpliv elektronske strukture materialov na magnetno kalorični pojav
Vodja projekta	15654 Matej Komelj
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.050
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	01.2007 - 12.2009
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	13. Splošni napredek znanja - RiR financiran iz drugih virov (ne iz splošnih univerzitetnih fondov - SUF)

2. Sofinancerji¹

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

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Dejavnosti v okviru raziskovalnega projekta se bile pretežno usmerjene v teoretično raziskavo magnetno-kaloričnih materialov, ki so predmet eksperimentalnih aktivnosti na Odseku za nanostrukturne materiale ter nekaterih drugih raziskovalnih enotah Instituta Jožef Stefan. Pri tem je šlo v glavnem za različne kompleksne kovinske zlitine (npr. dekagonalne aproksimante kvazikristalov), magnetne nanostrukture (npr. monatomske nanožice) ter kovinske okside (CoCr₂O₄, MnCr₂O₄).
Magnetno kalorični material, primeren za uporabo, odlikujejo predvsem čim

večja magnetizacija oz. magnetni momenti ter temperatura faznega prehoda v delovnem območju, ki se v večini primerov nahaja v bližini sobne temperature. Pojav opisujeta adiabatna sprememba temperature in izotermna sprememba entropije zaradi spremembe zunanega magnetnega polja. Ti dve količini sicer ni mogoče neposredno izračunati ab initio, vseeno pa sledita iz elektronske strukture ustreznega materiala. Ključni korak v proučevanju magnetno kaloričnega pojava je tako predstavljal izračun elektronske strukture ab initio v okviru teorije gostotnih funkcionalov. Neposredno iz elektronske strukture sledijo magnetni momenti in sklopitvene konstante med njimi, iz katerih s pomočjo približka povprečnega polja ali metode Monte Carlo določimo temperaturno odvisnost magnetizacije, temperaturo faznega prehoda, temperaturno odvisnost specifične toplote ter temperaturno odvisnost karakterističnih sprememb temperature in entropije. Teorija gostotnih funkcionalov je primerno orodje za izračun elektronske strukture, magnetnih momentov in sklopitvenih konstant obravnavanih materialov. Obravnavali smo tudi popravke zaradi močnih korelacij med elektroni, (v primeru oksidov) in ugotovili določen vpliv predvsem na magnetne sklopitvene konstante in tako posredno na magnetno kalorični pojav. Pri uporabi približka povprečnega polja oz. metode Monte Carlo za izračun temperaturno odvisnih količin, ki temeljita na opisu magnetne ureditve s pomočjo spinskih modelov (Heisenbergovega modela), smo predpostavili dobro lokalizirane magnetne momente. Čeprav je taka predpostavka vprašljiva za materiale s kovinskim značajem, kjer so nosilci magnetizma elektroni iz podlupine 3d pa se zdi, da je vendarle dovolj dobra vsaj za kvalitativni opis temperaturno odvisnih faznih prehodov.

Pri izračunih elektronske strukture, magnetnih momentov in sklopitvenih konstant v okviru teorije gostotnih funkcionalov smo uporabljali eksperimentalne podatke o kristalni strukturi, legi posameznih atomov in mrežnih parametrov, pomagali pa smo si tudi z upoštevanjem simetrijskih lastnosti. V primeru kristalografsko razmeroma enostavnega materiala ($\text{Al}_{13}\text{Co}_4$) smo upoštevali celo relaksacijo atomskih položajev in optimizirali mrežne parametre ter ugotovili sicer končno, a ne zelo bistveno spremembo rezultatov v primerjavi z nerelaksirano in neoptimizirano strukturo. Osnovna računsko metoda je bila metoda lineariziranih ravnih valov (full-potential linearised-augmented-plane-wave (FLAPW) metod). Pri uporabi le-te se osnovna celica razdeli na oble okoli posameznih atomov in vmesni prostor med njimi. Bazne funkcije so zlepljeni ravni valovi, ki jih sestavljajo ravni valovi v vmesnem območju ter linearne kombinacije atomskih valovnih funkcij in njihovih energijskih odvodov znotraj obel okoli posameznih atomov. Na meji med obema območjema so funkcije zvezne in zvezno odvedljive. Pri metodi FLAPW se ne uporablja nobenega približka za obliko potenciala. Znotraj posameznih obel je razvit po Besslovih funkcijah, v vmesnem območju pa po ravnih valovih. Elektroni sredice so obravnavani relativistično. Pri reševanju relativističnih valovnih Kohn-Shamovih enačb, ki opisujejo gibanje posameznih valenčnih elektronov v efektivnem potencialu, se uporablja skalarno-relativistični približek. V tem približku je sklopitev med spinsko in tirno vrtilno količino zanemarjena, kar omogoča ločeno obravnavo obeh spinov. Zanimal nas je tudi prispevek tirne vrtilne količine k magnetnim momentom, zato smo po potrebi upoštevali popravke zaradi sklopitve spin-tir. Pri metodi FLAPW je ta popravek obravnavan kot motnja v okviru t.i. druge variacijske metode pri kateri osnovnima diagonalizacijama Hamiltoniana za oba spina brez sklopitve spin-tir v bazi lineariziranih ravnih valov sledi še dodatna diagonalizacija Hamiltoniana z dodano sklopitvijo spin-

tir v bazi skalarno relativističnih lastnih funkcij nemotenega Hamiltoniana. Tak postopek je bolj učinkovit, saj se izognemo časovno potratni diagonalizaciji Hamiltoniana v bazi lineariziranih ravnih valov za oba spina hkrati. Pričakujemo, da bo imela izbira izmenjalno-korelacijskega potenciala nezanemarljiv vpliv na izračunano elektronsko strukturo, magnetne momente in sklopitvene konstante. Nekatero računo smo zato opravili dvakrat, in sicer z uporabo približka lokalne spinske gostote (local-spin-density approximation LSDA) ter posplošenega gradientnega približka (generalized-gradient approximation, GGA), vedno pa to ni bilo mogoče zaradi časovne potratnosti izračunov. Oba približka temeljita na predpostavki, da so izmenjalno korelacijski vplivi v realnih materialih podobni tistim v homogenem plinu elektronov. Predvsem v oksidih (CoCr_2O_4 , MnCr_2O_4) vpliv močnih korelacij med elektroni ni zanemarljiv. Upoštevali smo jih z dodatnim Coulombskim odbojem za elektrone iz posameznih podlupin v okviru metode LDA+U. Rezultati so bili seveda v tem primeru odvisni od dodatnih parametrov Hubbardovih U in J. Izbira konvergenčnih parametrov, kot sta zgornja meja energije pri razvoju po ravnih valovih ter število vektorjev iz prve Brillouinove cone za izračun elektronske strukture, magnetnih momentov in sklopitvenih konstant ni kritična. Vseeno smo te parametre določili na osnovi konvergenčnih testov za obravnavane količine. Elektronske strukture smo izračunali za feromagnetna kot tudi nemagnetna stanja obravnavanih materialov. Spinski prispevek k posameznim magnetnim momentom je razlika vsot zasedenih elektronskih stanj za oba spina, tirni prispevek pa se izračuna kot ustrezni matrični element ob upoštevanju sklopitve spin-tir. Za izračun sklopitvenih konstant izmenjalne interakcije med posameznimi magnetnimi momentni smo napravili več izračunov elektronskih struktur za različne magnetne ureditve. Sklopitvene konstante smo določili kot ustrezne linearne kombinacije celotnih energij za posamezne magnetne ureditve, npr. kot razlika celotnih energij za feromagnetno in antiferomagnetno ureditev.

Pri optimizaciji kristalne strukture, smo teoretične ravnovesne mrežne parametre izračunali s spreminjanjem eksperimentalnih vrednosti mrežnih parametrov in za vsak nabor izračunali celotno energijo. S prilagajanjem analitičnih izrazov, tipično polinomov drugega ali tretjega reda, smo določili nabor, ki ustreza najmanjši energiji in tako predstavlja teoretično ravnovesno stanje. Metoda FLAPW je sicer zelo natančna, a razmeroma časovno potratna in zato ne najbolj primerna za obravnavo sistemov z velikim številom atomov v osnovni celici (npr. dekalonski aproksimant Y-AlCoNi). Poleg tega ni učinkovita za določanje ravnovesnih relaksacij posameznih atomov znotraj dane strukture, ki temelji na izračunu medatomske sile. Kot alternativo smo se zato poslužili metode Abinit, ki temelji na uporabi pseudopotencialov. Tudi v tem primeru je osnovna celica razdeljena na oble okoli posameznih atomov in vmesno območje, bazo valovnih funkcij valenčnih elektronov pa predstavljajo ravni valovi. Elektronov sredice se ne obravnava posebej, interakcijo valenčnih elektronov z njimi pa nadomešča t.i. pseudopotencial znotraj posameznih obel. Taka metoda je navadno zelo učinkovita, saj za razvoj valovnih funkcij valenčnih elektronov v vmesnem območju običajno zadošča že razmeroma majhno število ravnih valov. Zelo pomembna je izbira pseudopotencialov. Uporabili smo tip Troullier-Martins. Metoda je zelo primerna za izračun sil med atomi, zato smo jo uporabili za relaksacijo atomskih položajev s pomočjo metode Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS), ki temelji na iskanju ravnovesnega stanja sistema.

Vpliv elektronske strukture na količine, od katerih je odvisen magnetno kalorični pojav smo neposredno proučevali s primerjavo med teoretičnimi napovedmi in obstoječimi rezultati magnetnih, električnih in termičnih meritev. Dober test

predstavlja nenavadna anizotropija v transportnih koeficientih kompleksnih kovinskih zlitin. Transportni koeficienti, podobno kot izotermna sprememba entropije in adiabatna sprememba temperature ob spremembi zunanega magnetnega polja, niso izračunljivi ab initio, saj pravtako temperaturno odvisni. Sledijo pa neposredno iz elektronske strukture in jih določimo s pomočjo semiklasične Boltzmanove teorije in približka relaksacijskega časa. Predpostavili smo, da je ta izotropen in temperaturno neodvisen. Pri samem izračunu je bilo kritično dovolj gosto vzorčenje po prvi Brillouinovi coni. Število potrebnih recipročnih vektorjev smo določili na osnovi konvergenčnih testov. Izračunana anizotropija v teoretičnih rezultatih se je kvalitativno povsem ujemala z eksperimentalnimi podatki, s čimer smo pokazali, da ustrezne magnetne in termične lastnosti neposredno izvirajo iz elektronske strukture. Sama anizotropija pa je posledica kompleksne oblike fermijeve površine, ki smo jo pravtako izračunali.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Cilj raziskovalnega projekta je bil izračun magnetno-kaloričnih količin s kombinacijo parametrov določenih ab initio in fenomenološkega modeliranja brez uporabe dodatnih parametrov za potencialno tehnološko zanimive materiale. Bistvenega pomena pri tem je bil izračun elektronske strukture in količin, ki sledijo neposredno iz nje v okviru teorije gostotnih funkcionalov. Kot je bilo predvideno v predlogu raziskovalnega projekta smo za osnovno orodje uporabljali metodo lineariziranih ravnih valov v polnem potencialu (FLAPW). Izmenjalno-korelacijski potencial, ki nastopa v učinkovitih Kohn-Shamovih enačbah je bil določen v približkih lokalne spinske gostote (LSDA) in posplošenem gradientnem približku (GGA), močne korelacije med elektroni (v primeru oksidov) pa smo obravnavali s pomočjo metod LDA+U (kjer sicer nastopajo dodatni parametri, a so rezultati predstavljeni kot funkcija le teh). Tirne prispevke k magnetnim momentom smo določili z upoštevanjem sklopitve spin-tir, izračunane z drugo variacijsko metodo. Po predvidevanjih je bila metoda FLAPW časovno preveč zahtevna za sisteme z velikim številom atomov (npr. dekagonalni aproksimant Y-AlCoNi), zato smo uporabili psevdopotencialno metodo Abinit z uporabo Troullier-Martinsovih psevdopotencialov. Isto metodo smo uporabili tudi za atomske relaksacije znotraj eksperimentalno določenih kristalnih struktur in ugotovili določen vpliv le teh na izračunane količine. Po zastavljenem programu količine izračunane ab initio (magnetne momente, sklopitvene konstante med njimi in predvsem lastne vrednosti elektronskih stanj v prvi Brillouinovi coni oz. Fermijevi površini) uporabili kot vstopne parametre za fenomenološke modele. Kot je bilo predvideno v predlogu raziskovalnega projekta smo uporabili približek povprečnega polja in metodo Monte Carlo za izračun karakterističnih izotermne spremembe entropije in adiabatne spremembe temperature ob spremembi zunanega magnetnega polja. Meritve teh količin na obravnavanih materialih v glavnem še niso bile opravljene, zato ustrezni rezultati za primerjavo s teoretičnimi napovedmi niso dostopni. Kot alternativo smo zaradi tega v okviru semiklasične Boltzmanove teorije izračunali temperaturno odvisne transportne koeficiente, ki pravtako združujejo magnetne in termične lastnosti. Skoraj popolno kvalitativno ujemanje z eksperimentalnimi podatki je potrdilo domnevo o ključnem pomenu elektronske strukture na obravnavane količine.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

--

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	Vzrok za anizotropijo Hallovega koeficienta v periodičnem aproksimantu Y-Al-Ni-Co dekagonalne faze.
		Origin of the Hall-coefficient anisotropy in the Y-Al-Ni-Co periodic approximant to the decagonal phase
	Opis	S pomočjo elektronske strukture izračunane ab initio smo pokazali na povezavo med anizotropijo fermijeve površine in anizotropijo izmerjenih količin.
		On the basis of the ab-initio calculated electronic structure we demonstrated the relation between the anisotropy in the fermi surface and the anisotropy

			in the measured quantities.
	Objavljeno v		KOMELJ, Matej, IVKOV, J., SMONTARA, Ana, GILLE, P., JEGLIČ, Peter, DOLINŠEK, Janez. Origin of the Hall-coefficient anisotropy in the Y-Al-Ni-Co periodic approximant to the decagonal phase. Solid state commun.. [Print ed.], 2009, vol. 149, no. 13/14, str. 515-518.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		22432039
2.	Naslov	SLO	Anizotropne magnetne in transportne lastnosti ortorombskega Al ₁₃ Co ₄
		ANG	Anisotropic magnetic and transport properties of orthorhombic Al ₁₃ Co ₄
	Opis	SLO	Teoretična napoved in primerjava z eksperimentalnimi vrednostmi količin pomembnih za magnetno-kalorični pojav.
		ANG	A theoretical prediction and a comparison with the experimental data of the quantities important for the magneto-caloric effect.
	Objavljeno v		DOLINŠEK, Janez, KOMELJ, Matej, JEGLIČ, Peter, VRTNIK, Stanislav, STANIČ, Denis, POPČEVIČ, P., IVKOV, Jovica, SMONTARA, Ana, JAGLIČIČ, Zvonko, GILLE, Peter, GRIN, Yuri. Anisotropic magnetic and transport properties of orthorhombic Al ₁₃ Co ₄ . Phys. rev., B, Condens. matter mater. phys., 2009, vol. 79, no. 18, str. 184201-184201-12.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		22595879
3.	Naslov	SLO	Kompleksna magnetna faza železnih trakov na podlagi Pt(997)
		ANG	Complex magnetic phase in submonolayer Fe stripes on Pt(997)
	Opis	SLO	Interpretacija eksperimentalno opaženega nenavadnega magnetnega obnašanja v železovih nanostrukturah.
		ANG	An interpretation of the experimentally observed unusual magnetic behavior.
	Objavljeno v		HONOLKA, J., KOMELJ, Matej. Complex magnetic phase in submonolayer Fe stripes on Pt(997). Phys. rev., B, Condens. matter mater. phys., 2009, vol. 79, no. 10, str. 104430-1-104430-7.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		22526759
4.	Naslov	SLO	Anizotropne magnetne, električne in termične transportne lastnosti dekagonalnega aproksimanta Y-Al-Ni-Co
		ANG	Anisotropic magnetic, electrical, and thermal transport properties of the Y-Al-Ni-Co decagonal approximant
	Opis	SLO	Teoretična napoved in primerjava z eksperimentalnimi vrednostmi količin pomembnih za magnetno-kalorični pojav.
		ANG	A theoretical prediction and a comparison with the experimental data of the quantities important for the magneto-caloric effect.
	Objavljeno v		SMONTARA, Ana, SMILJANIČ, Igor, IVKOV, J., STANIČ, Denis, BARIŠIČ, Osor S., JAGLIČIČ, Zvonko, GILLE, P., KOMELJ, Matej, JEGLIČ, Peter, BOBNAR, Matej, DOLINŠEK, Janez. Anisotropic magnetic, electrical, and thermal transport properties of the Y-Al-Ni-Co decagonal approximant. Phys. rev., B, Condens. matter mater. phys., 2008, vol. 78, no. 10, str. 104204-1-104204-13.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		21987879
5.	Naslov	SLO	Magnetna sklopitev v CoCr ₂ O ₄ in MnCr ₂ O ₄ s pomočjo metode LSDA+U
		ANG	Magnetic coupling in CoCr ₂ O ₄ and MnCr ₂ O ₄ : an LSDA + U study
	Opis	SLO	Izračun magnetne sklopitve, pomembne za magnetno kalorični pojav, z upoštevanjem močnih korelacij med elektroni.
		ANG	Ab-initio calculation of the magnetic coupling, important for the magneto-caloric effect by taking into account strong correlations between the electrons.
	Objavljeno v		EDERER, Claude, KOMELJ, Matej. Magnetic coupling in CoCr ₂ O ₄ and MnCr ₂ O ₄ : an LSDA + U study. Phys. rev., B, Condens. matter mater. phys., 2007, vol. 76, no. 6, str. 064409-1-064409-9.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
			20938535

COBISS.SI-ID

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Transportne lastnosti ab initio?
		ANG	Transport properties ab initio?
	Opis	SLO	Pregledno predavanje o izračunih količin pomembnih za magnetno-kalorični pojav ab initio.
		ANG	A review lecture about the ab-initio calculations of the properties important for the magneto-caloric effect.
Šifra		B.04 Vabljeni predavanja	
Objavljeno v		KOMELJ, Matej. Transportne lastnosti ab initio? : vabljeni predavanja. Univerza v Ljubljani, FMF, Oddelek za fiziko: 07.04.2008, 2008.	
Tipologija		3.14 Predavanja na tuji univerzi	
COBISS.SI-ID		21611047	
2.	Naslov	SLO	Fizikalne lastnosti ortorombskega Al ₁₃ Co ₄
		ANG	Physical properties of orthorhombic Al ₁₃ Co ₄
	Opis	SLO	Predavanje o meritvah podprtih z izračunano elektronsko strukturo magnetnih in temperaturno odvisnih količin.
		ANG	A lecture on measurements supported by calculated electronic structure of magnetic and thermal quantities.
Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v		VRTNIK, Stanislav, KOMELJ, Matej, SMONTARA, Ana, JAGLIČIĆ, Zvonko, DOLINŠEK, Janez. Physical properties of orthorhombic Al ₁₃ Co ₄ . V: C-MAC-1, 1st International Conference on Complex Metallic Alloys and their Complexity, October 4-7, 2009, Nancy, France. Program and abstracts. [S. l.: s. n.], 2009, str. P5.	
Tipologija		1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
COBISS.SI-ID		22998823	
3.	Naslov	SLO	Izračun transportnih lastnosti v kompleksnih kovinskih zlitinah ab initio
		ANG	Ab-initio calculation of transport properties in CmAs
	Opis	SLO	Predavanje o izračunih količin pomembnih za magnetno kalorični pojav.
		ANG	A lecture about the calculation of the properties important for the magneto-caloric effect.
Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v		KOMELJ, Matej. Ab-initio calculation of transport properties in CmAs. V: C-MAC-1, 1st International Conference on Complex Metallic Alloys and their Complexity, October 4-7, 2009, Nancy, France. Program and abstracts. [S. l.: s. n.], 2009.	
Tipologija		1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
COBISS.SI-ID		22998567	
4.	Naslov	SLO	Hall effect in crystalline orthorhombic O-Al ₁₃ Co ₄ approximants to the decagonal quasicrystals.
		ANG	Hallovoj pojav v ortorombskem kristalnem O-Al ₁₃ Co ₄ aproksimantu dekagonalnega kvazikristala
	Opis	SLO	Pradavanja o meritvah in teoretični potrditvi Hallovega koeficienta v zlitini potencialno zanimivi za magnetno-kalorični pojav.
		ANG	A lecture on the measurements and theoretical confirmation of the Hall coefficient in an alloy potentially interesting for the magneto-caloric effect.
Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
		IVKOV, Jovica, KOMELJ, Matej, STANIĆ, Denis, POPČEVIĆ, P., GILLE, Peter, JAGLIČIĆ, Zvonko, DOLINŠEK, Janez. Hall effect in crystalline orthorhombic	

	Objavljeno v	O-Al13Co4 approximants to the decagonal quasicrystals. V: KOVAČ, Janez (ur.), MOZETIČ, Miran (ur.). 16th International Scientific Meeting on Vacuum Science and Technique, Bohinj, 4-5th June 2009. Book of abstracts. Ljubljana: Slovenian Society for Vacuum Technique, 2009, str. 40.
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
	COBISS.SI-ID	22700839
5.	Naslov	SLO Magnetna ureditev v vzporednih monatomskih nanožicah
		ANG Magnetic ordering in parallel monatomic nanowires
	Opis	SLO Predavanje o izračunu magnetne ureditve v nanostrukturnih objektih.
		ANG A lecture on the ab-initio calculation of the magnetic ordering in nanostructured objects.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	KOMELJ, Matej, SINGER, R., FÄHNLE, Manfred. Magnetic ordering in parallel monatomic nanowires. V: MIHAILOVIĆ, Dragan (ur.), KOBE, Spomenka (ur.), REMŠKAR, Maja (ur.), JAMNIK, Janko (ur.), ČOPIČ, Martin (ur.), DROBNE, Damjana (ur.). Hot nano topics 2008 : incorporating SLOANO 2008, 3 overlapping workshops on current hot subjects in nanoscience, 23-30 May, Portorož, Slovenia : abstract book. Ljubljana: [s. n.], 2008, str. 108. [COBISS.SI-ID 21757479]
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
	COBISS.SI-ID	21757479

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Vodenje vaj iz Fizike I na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Raziskave alternativnih načinov hlajenja so pomembne iz ekološkega in ekonomskega vidika, poleg tega pa bogatijo zakladnico znanja na področjih fizike, kemije, vede o materialih, energetike in drugih. Tehnološko zelo obetaven in zanimiv je magnetno-kalorični pojav. Ta tehnologija ne temelji na uporabi zdravju in okolju škodljivih plinov, ne vsebuje zapletenih mehanskih naprav ter je energijsko učinkovito.

Temelji na kombinaciji magnetnega in strukturnega faznega prehoda, zato združuje magnetne in termične lastnosti in je iz tega stališča zelo pomembna za razvoj ustreznih znanstvenih področij. Ključnega pomena je uporaba učinkovitega materiala, ki ga odlikuje velika adiabatna temperaturna sprememba ob spremembi zunanega magnetnega polja. Idealnega materiala, ki bi imel tovrstno zadovoljivo lastnost pri sobni temperaturi (oz. delovni temperaturi hladilnika) še ne poznamo, zato je potrebno vložiti vse napore v njegov razvoj.

Razvoj novih materialov ali izboljšave že obstoječih načeloma temeljijo bodisi na odkrivanju povsem novih zlitin v smislu kemijske sestave in kristalne zgradbe oz. majnih spremembah le teh, ali pa gre za izboljšavo fazne sestave, morfologije, mikrostrukture, čistosti in podobnih lastnosti, ki niso neposredno povezane z samo elektronsko strukturo in so v veliki meri odvisne od postopka in pogojev priprave.

V okviru projekta "Vpliv elektronske strukture materialov na magnetno-kalorični pojav" smo predvsem modelirali lastnosti materialov na katere neposredno vpliva elektronska struktura, ostali dejavniki pa so bili privzeti bolj ali manj idealizirani (enofazna sestava, popolna kemijska in kristalna zgradba itd.) Rezultati so nedvoumno pokazali, da ima obnašanje merljivih makroskopskih količin vsaj delni vzrok v zapleteni elektronski strukturi, kar smo najbolj nazorno pokazali z izračuni kompleksne fermijeve površine in primerjavo z eksperimentalnimi rezultati. V večini primerov smo dosegli popolno kvalitativno ujemanje med teoretičnimi in eksperimentalnimi rezultati, medtem ko so razlogi za določeno kvantitavno neujemanje predvsem neupoštevanje kemičnega nereda, prisotnosti nečistoč, morfologije, mikrostrukture itd. Za prihodnje raziskave na tem področju to pomeni, da se je smiselno osredotociti na iskanje materialov z ustreznimi "intrinzičnimi" lastnostmi ter spreminjanju le teh neposredno preko elektronske strukture npr. s pomočju uvajanja intersticijskih elementov kot so vodik, dušik in morebiti tudi ogljik, ki ohranjajo kristalno zgradbo in morfologijo izhodiščnih zlitin. Zelo

obetavne so kompleksne kovinske zlitine s svojimi nenavadnimi lastnostmi, zato bodo prihodnje raziskave lahko potekale v tej smeri.

ANG

Investigations of alternative ways of cooling are important from the ecological and technological aspects, as well as they contribute new achievements in physics, chemistry, materials science, energetics, and others. Technologically promising and interesting is the magneto-caloric effect. This technology is not based on the application of the health and environment damaging gases, it does not contain complicated mechanical devices, and it is energetically efficient. It combines magnetic and structural phase transitions, hence it is related to magnetic and thermal properties, which makes it important for the development of the corresponding scientific fields. Of the key importance is the application of an efficient material, distinguished by a huge adiabatic temperature difference due to the change in the external magnetic field. An ideal material, which would exhibit a significant effect at the room temperature (or at the desired working temperature of the cooling device), does not exist yet, therefore an effort should be put in its development.

A development of any new material or an improvement of existing materials is based either on finding completely new alloys in terms of chemical composition and crystal structure and on slight modifications

of them, or it is about improving the phase composition, morphology, microstructure, purity, and other properties that are not directly related to the electronic structure but rather to the processing conditions and techniques. Within the projects: "Influence of the electronic structure of materials on the magneto-caloric effect" we mainly modeled material properties directly influenced by the electronic structure, whereas other aspects were mainly taken as ideal (single-phase composition, perfect chemical and crystal structure etc.). The results definitely demonstrated that some measured macroscopic properties at least to some extent originated from the complicated electronic structure, which most clearly followed from the calculated complex fermi surfaces, and from the comparisons between the theoretical and available experimental results. A complete qualitative agreement between theory and experiment was achieved in most cases, whereas a partial quantitative disagreement could be ascribed to the chemical disorder, the presence of impurities, morphology, microstructure, and other properties which were neglected. The future investigations should be therefore focused on searching for the materials with the appropriate intrinsic properties, and on the small modifications of them via the electronic structure, for example, by introducing light interstitial elements, like hydrogen, nitrogen or even carbon, which all retain the parent crystal structure and morphology. Very promising are the complex-metallic alloys with their unusual properties, therefore the upcoming investigations may be in this direction.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Rezultati raziskovalnega projekta "Vpliv elektronske strukture materialov na magnetno-kalorični pojav" so za razvoj Slovenije pomembni iz stališča njene prepoznavnosti v raziskovalni srenji, saj se pod ustreznimi znanstvenimi objavami in na mednarodnih konferencah pojavljajo imena slovenskih raziskovalnih ustanov in raziskovalcev. Predmet projekta je bil magnetno kalorični pojav, ki je sam po sebi zelo zanimiv iz ekološkega in ekonomskega vidika, saj obeta zamenjavo stare tehnologije z novo. Slovenska industrija ima tradicijo s hladilnimi sistemi in je pred časom pokazala zanimanje za magnetno hlajenje, vsekakor pa je na njej, da se pri tem opre na domače znanje.

ANG

The results of the research project: "Influence of the electronic structure of materials on the magnetocaloric effect" are important for the reputation of Slovenia in scientific community because the names of Slovene institutions and authors appear on relevant scientific publications and talks on international conferences.

Besides, the topic of the project was the magnetocaloric effect, which is interesting from the point of view of ecology and economy, because its application may lead to the replacement of the old cooling technique by a new one. The Slovene industry, with a long tradition in refrigerator manufacturing, in the past expressed interest in magnetic cooling, and it is hoped that it will rely upon the domestic knowledge.

10. 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

F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

11. Samo za aplikativne projekte!

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	<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="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="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

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki¹¹

1.	Sofinancer		
	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			
2.	Sofinancer		
	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			
3.	Sofinancer		
	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			

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
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

Matej Komelj	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

15.4.2010

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/2

¹ Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

² 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](#)

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

⁴ 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](#)

⁵ 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](#)

⁶ 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](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

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

¹¹ Rubrike izpolnite/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-RPROJ-ZP/2010 v1.00a

5C-20-58-EB-CA-98-18-3E-0D-B8-2C-CA-BF-91-B4-FD-26-E7-49-C1