

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/3

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-1067
Naslov projekta	Numerična in eksperimentalna analiza nestacionarnih pojavov v reverzibilnih črpalkah-turbinah
Vodja projekta	6428 Leopold Škerget
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.650
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	263 Turboinštitut - Inštitut za turbinske stroje
Družbeno-ekonomski cilj	

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	05.
Naziv	Energija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Turboinštitut d.d.
	Naslov	Rovšnikova 7, 1210 Ljubljana-Šentvid
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Tok tekočine v reverzibilni črpalki-turbini je turbulenten in nestacionaren. Popišemo ga z Navier-Stokesovimi enačbami in kontinuitetno enačbo. Enačbe toka nato rešujemo z eno od aproksimacijskih metod (metoda kontrolnih volumnov). Enačbe toka diskretiziramo, celotno območje turbine razdelimo na elemente. Dobimo sistem enačb. Ko ga rešimo v vsakem vozlu računske mreže dobimo vrednosti komponent hitrosti in tlaka. Ker je tok turbulenten, moramo uporabiti enega od turbulentnih modelov. Pravilna izbira ustreznega turbulentnega modela in gostote mreže sta ključna za natančnost numeričnih rezultatov. Izračuni se izvajajo z dvema programskima paketoma ANSYS CFX in Numeca.

Pri reverzibilni črpalki turbini smo najprej opravili stacionarne izračune toka v celotni turbini z različnimi turbulentnimi modeli. V prvi fazi smo uporabili predvsem dvoenačbeni model (k- ω) nato pa še model Reynoldsovih napetosti - RSM. Raziskali smo vpliv mreže in modela na rešitev. Na osnovi rezultatov smo določili najprimernejši turbulentni model in potrebno gostoto računske mreže. Izračunane rezultate smo preverili z rezultati meritev na merilnih postajah v Turboinštitutu. Pri dosedanjih izračunih smo zaradi premajhnih računalniških zmogljivosti poenostavili geometrijo pretočnega trakta. Novi računalnik nam omogoča izračun toka v turbini brez poenostavitev geometrije.

V nadaljevanju raziskovalnega projekta je bilo testiranih več različnih nestacionarnih turbulentnih modelov. Poleg dvoenačbenih turbulentnih modelov in modela Reynoldsovih napetosti je to še nestacionarni turbulentni model - Scale Adaptive Simulation – SAS. Od teh je najmanj računsko zahteven model s prilagodljivo skalo - SAS. Temelji na vpeljavi von Karmanove dolžinske skale v enačbo za turbulentno skalo. SAS-SST model je kombinacija modela s prilagodljivo skalo (SAS) in modela transporta strižnih napetosti (SST). Časovni korak pri SAS-SST modelu je pri naših izračunih ustrezal zavrtitvi gonilnika za 2 stopinji, nekateri izračuni pa so bili narejeni tudi z večjim časovnim korakom - 6 stopinj, a ni bilo večjega vpliva na rezultate. Pri RSM je bil pri izračunu brez kavitacije časovni korak enak zavrtitvi gonilnika za 2 stopinji, pri izračunu s kavitacijskim modelom pa smo morali zaradi težav s konvergenco časovni korak zmanjšati na eno stopinjo zavrtitve gonilnika.

Od zgoraj predstavljenih modelov sta bolj računsko zahtevna turbulentna modela, model velikih vrtincev (Large Eddy Simulation – LES) in model ločenih vrtincev (Detached Eddy Simulation – DES). Ta dva modela sta se do sedaj pri analizi toka v vodnih turbinah malo uporabljala, ker zahtevata zelo goste mreže, na katerih lahko dobimo rezultate v primernem času le z izredno zmogljivimi računalniki. S tema dvema modeloma smo v začetku analizirali le nekatere posamezne dele turbine, kjer je tok močno nestacionaren.

Trenutno se v svetu uporabljajo predstavljene metode in ni boljših nadomestnih rešitev. Vprašanje je lahko le, kateri modeli v različnih programskih paketih so optimalnejši za predstavljeno delo, kar pa bodo pokazali rezultati naše raziskave. Nadalje smo se ukvarjali predvsem z izračunom vrtinčne cevi v sesalni cevi reverzibilne turbine v turbinskem obratovanju. Vrtinčna cev se pojavlja pri delnih pretokih pri francisovih turbinah, reverzibilnih turbinah v turbinskem obratovanju in tudi pri enojno reguliranih aksialnih turbinah. Tlak v vrtinčni cevi je nizek, pogosto doseže uparjalni tlak vode. Pride do kavitacije, govorimo o kavitirajoči vrtinčni cevi. Opletanje vrtinčne cevi povzroča pulzacije tlaka na stenah sesalne cevi, nihanje moči stroja in v najhujših primerih, ko se frekvenca opletanja vrtinčne cevi ujame z lastnimi frekvencami agregata, lahko pride celo do poškodb

na elektrarni. Zato je napoved frekvenc in amplitud nihanja tlaka, ki so posledica opletanja vrtnične cevi v sesalni cevi, nujna, preden se začne izdelava stroja. Dodaten problem je, da eksperimentalnih rezultatov na modelu ne moremo v celoti prenesti na prototip. Zato je numerična analiza tega pojava še posebej pomembna.

Medtem ko izkoristek turbine in kavitacijo lahko napovemo na osnovi izračunov s preprostimi dvoenačbenimi turbulentnimi modeli, pa so za izračun vrtinca v sesalni cevi potrebni zahtevnejši turbulentni modeli. Naredili smo obsežno raziskavo, v kateri smo najprej izračunali vrtinec v sesalni cevi s SAS-SST turbulentnim modelom v štirih obratovalnih točkah. Ugotovili smo, da se frekvenca nihanj tlaka zelo dobro ujema z meritvami, izračunana amplituda pa je manjša od izmerjene, vendar se z zgoščanjem mreže približuje izmerjenim vrednostim. V tem primeru kavitacija ni bila vključena v izračun. V drugem primeru smo v eni obratovalni točki računali tok s tremi turbulentnimi modeli: SAS-SST, RSM in LES s kavitacijo in brez kavitacije. Pri izračunu brez kavitacije dobimo z vsemi tremi turbulentnimi modeli obliko vrtnične cevi, ki se dobro ujema z opazovanji na merilni postaji. Tudi ujemanje frekvenc nihanj tlaka in amplitud je podobno za vse tri modele, izračunane frekvence in amplitude so nekoliko nižje od izmerjenih. Ko smo računali s kavitacijo, pa so razlike med rezultati različnih turbulentnih modelov večje. Pri SAS-SST modelu in zlasti pri RSM dobimo nekoliko drugačno obliko vrtnične cevi kot brez kavitacije, nihanje tlaka pa tekom izračuna postaja vse bolj nepravilno, v primeru RSM celo tako zelo, da ne moremo več določiti frekvence nihanja. Med izračunom se očitno kopičijo numerične napake. Domnevamo, da bi rezultate lahko izboljšali z zgostitvijo računske mreže in z računanjem z dvojno natančnostjo. Računanje z LES s kavitacijo nam da najbolj realne rezultate, tako glede oblike vrtnične cevi kot tudi frekvence in amplitude nihanja tlaka. Je pa računanje zelo zamudno, saj mora biti računska mreža zelo gosta, časovni korak majhen, izračunati pa moramo vsaj 40 vrtljajev gonilnika, da dobimo dokončno obliko vrtnične cevi in dovolj točne vrednosti za frekvenco in amplitudo nihanja tlaka.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

V prvem letu je bilo na raziskovalnem projektu *Numerična in eksperimentalna analiza nestacionarnih pojavov v reverzibilnih črpalkah-turbinah* opravljenih veliko numeričnih analiz nestacionarnih pojavov v reverzibilnih črpalkah-turbinah. Predvsem je bil poudarek na analizi različnih turbulentnih modelov, ki omogočajo analizo nestacionarnih pojavov. V začetku je bilo uporabljenih več dvoenačbenih modelov, ki so najbolj ekonomični, glede računskih časov. Kasneje so bili uporabljeni tudi ostali turbulentni modeli, pri katerih so zahteve pri generaciji računskih mrež precej strožje, saj zahtevajo samo v mejni plasti več kot deset elementov, če gledamo pravokotno na stene tokovnega območja. Glede na turbulentne modele, so bile opravljene analize vpliva različnih računskih mrež. Zelo različna je hitrost konvergence pri različnih turbulentnih modelih. Pri dvoenačbenih modelih je konvergenca relativno dobra, v primerjavi z modeli Reynoldsovih napetosti, kjer je sistem parcialnih diferencialnih enačb večji. Velik poudarek pri nestacionarnih izračunih je tudi na določitvi optimalne dolžine časovnega koraka, ki vpliva na konvergenco in s tem posledično na čas računanja, hkrati pa je od časovnega koraka odvisna tudi natančnost izračunov.

Opravljene so bile tudi prve meritve na modelu in primerjava numeričnih in eksperimentalnih rezultatov.

Vse predvidene aktivnosti za prvo leto so bile izvedene, še posebej zaradi dejstva, da je v tem letu v Turboinštitutu začel delovati superračunalnik z 2048 procesorji, ki omogoča

zelo zahtevne numerične analize v relativno kratkem času.

V drugem letu smo izvedli zelo obsežno raziskavo zanesljivosti numerične napovedi vrtinca v sesalni cevi reverzibilne turbine pri delnih pretokih na modelu. Lahko rečemo, da so bili za to leto zastavljeni cilji v celoti doseženi.

V tretjem letu izvedbe raziskovalnega projekta smo podrobno preverili zanesljivost SAS-SST modela skupaj s kavitacijo na gostejši računski mreži z dvojno natančnostjo. SAS-SST je namreč od vseh treh uporabljenih turbulentnih modelov najbolj ekonomičen. Raziskavo napovedi vrtinca v sesalni cevi smo v zadnjem letu razširili še na izvedbeno velikost in obratovalne pogoje in primerjali numerične rezultate z meritvami.

Zastavljeni raziskovalni cilji so bili realizirani v celoti, predvsem zaradi možnosti uporabe zelo zmogljivega superračunalnika in množico modelnih meritev izvedenih na modelih različnih tipov hidravličnih strojev v laboratoriju Turboinštituta.

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

Ni bilo sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Numerična napoved amplitud pri pulzacijah tlaka v sesalnih ceveh Francisiovih turbin za različne obratovalne režime
		ANG	Numerical prediction of pressure pulsation amplitude for different operating regimens of Francis turbine draft tubes.
	Opis	SLO	Hidravlična nestabilnost povezana s pulzacijami tlaka je resen problem pri vodnih turbinah. Pulzacije tlaka so v večini primerov posledica močnega vrtinca, ki nastane v bližini izstopa iz gonilnika. Pri vseh radialnih turbinah in tudi pri enojno reguliranih aksialnih turbinah nastane vrtnec pri delnih pretokih. Amplitude pulzacij so različne pri posameznih obratovalnih režimih, zato je bil najpomembnejši del te raziskave namenjen analizi amplitud pulzacij tlaka pri različnih relativnih odprtjih vodilnih lopatic in primerjava z eksperimentalnimi rezultati, dobljenimi z modelnimi meritvami.
		ANG	Hydraulic instability associated with pressure fluctuations is a serious problem in hydraulic machinery. Pressure fluctuations are usually a result of a strong vortex created at the outlet of a runner. The amplitude of the pressure pulsation is different for each operating regime therefore the main goal of this research was to numerically predict pressure pulsation amplitude versus different guide vane openings and to compare the results with experimental ones.
	Objavljeno v		
	Proceedings of 24th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, October 27-31, 2008, Foz do Iguassu, Brazil, (International journal of fluid machinery and systems, vol. 2, no. 4, 2009). Seoul: Korean Fluid Machinery Association, 2009, 2009, vol. 2, no. 4, str. 375-382. http://www.turboinstitut.si/files/Articles/ENG/2009_IJFMS.pdf .		
Tipologija		1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)	
COBISS.SI-ID		24567079	
2.	Naslov	SLO	Primerjava različnih turbulentnih modelov pri simulaciji površinskih vrtincev
		ANG	Turbulence model comparison for a surface vortex simulation.
	Opis	SLO	Vtočni bazen črpalke ima lahko pomemben vpliv na delovanje črpalke zaradi prisotnosti močnih nestacionarnih vrtincev, lahko sesajo zrak z vodne površine. Izgradnja modela vtočnega bazena in eksperimentalno testiranje je drago, zato se pričakuje, da bodo v prihodnosti numerične simulacije pomagale pri eksperimentalnem testiranju, ali pa ga celo zamenjale. Za simulacijo so bile ocenjene simulacije z raznimi turbulentnimi modeli, kot tudi laminarna in Eulerjeva simulacija.

		ANG	A pump intake can have an important impact on a pump operation due to production of strong unsteady vortices which may cause air intake problems. Constructing a pump sump model and experimental testing is expensive, therefore numerical simulations are expected to help or even replace the experimental testing in the future. For a small chamber vortex simulation, various turbulence model simulations as well as laminar and Euler simulations were evaluated. The results indicate that the SAS-CC turbulence model might be a good choice for a simulation of a pump intake.
	Objavljeno v		25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 20-24 September 2010 'Politehnica' University of Timișoara, Timișoara, Romania, (IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 12, iss. 1, 2010). Bristol: IOP Science, 2010, 012034-1-012034-9, doi: 10.1088/1755-1315/12/1/012034.
	Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID		14620950
3.	Naslov	SLO	Napoved izkoristka Peltonove turbine z numerično analizo toka
		ANG	Numerical prediction of Pelton turbine efficiency
	Opis	SLO	V članku je predstavljena numerična analiza toka v dvošobni Peltonovi turbini z vodoravno osjo. Numerične rezultate smo primerjali z rezultati meritev modela. Uporabili smo turbulentni model k-omega SST. Proste površine smo modelirali z dvofaznim homogenim modelom. Iz porazdelitve tlaka po lopaticah gonilnika smo izračunali navor na gred turbine. Časovno povprečene vrednosti navora so manjše od izmerjenih, zato je tudi izračunani izkoristek turbine manjši od izmerjenih vrednosti, razlika je okoli 4%. Oblika diagrama izkoristka pa se dobro ujema z meritvami.
		ANG	This paper presents a numerical analysis of flow in a 2 jet Pelton turbine with horizontal axis. The results were compared to the results of a test of the model. A k- ω SST turbulent model was used. Free surface flow was modelled by two-phase homogeneous model. Torque on the shaft was then calculated from pressure distribution data. Averaged torque values are smaller than measured ones. Consequently, calculated turbine efficiency is also smaller than the measured values, the difference is about 4 %. The shape of the efficiency diagram conforms well to the measurements.
	Objavljeno v		Proceedings of the 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 20-24 September 2010, Timișoara, Romania, (IOP Conference Series, vol. 12, 2010). London: Institute of Physics, 2010, 2010, vol. 12, str. 012080-1-012080-8.
	Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID		24543271
4.	Naslov	SLO	Numerična napoved izkoristka, kavitacije in nestacionarnih pojavov v vodnih turbinah.
		ANG	Numerical prediction of efficiency, cavitation and unsteady phenomena in waterturbines.
	Opis	SLO	V članku je predstavljena numerična analiza toka v vseh tipih vodnih turbin. Predstavljena je podrobna analiza toka v celotni aksialni in radialni turbini. Na osnovi numeričnih rezultatov smo napovedali izkoristek in kavitacijo. Numerične rezultate smo primerjali z rezultati meritev modela na merilni postaji v Turboinštitutu. V članku je predstavljena tudi numerična analiza toka v dvošobni Peltonovi turbini. Izračunan izkoristek smo primerjali z izmerjenim.
		ANG	The paper presents numerical analysis of the flow in all types of water turbines. A detailed analysis of complete radial and axial turbine is presented. On the basis of numerical results efficiency and cavitation are predicted and compared to the measured results obtained on test rigs in Turboinstitut. The paper presents also numerical analysis of the flow in a two jet Pelton turbine. The predicted efficiency is compared to the measured values.
	Objavljeno v		9th Biennial ASME Engineering Systems Design and Analysis Conference, July 7-9, 2008, Haifa, Israel. Proceedings. New York: The American Society of Mechanical Engineers, 2008, 10 str.

	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	14940761	
5.	Naslov	SLO	Simulacija površinskega vrtinca za izbrane temperature vode
		ANG	Surface vortex simulation at selected water temperatures
	Opis	SLO	Sistem obtočne hladilne vode in sistem oskrbovalne vode v raznih elektrarnah uporabljata vertikalne črpalke. V trenutni študiji potrjujemo, da je SAS turbulentni model s korekcijo krivine primeren za napovedovanje takšnih tekočinskih tokov. Z uporabo metodologije za določanje dolžine zračnega jedra površinskega vrtinca smo rezultate SAS-CC turbulentnega modela primerjali z eksperimentalnimi podatki pri dveh temperaturnih nivojih. Rezultati prikazujejo boljše ujemanje kot laminarna simulacija v smislu boljšega ujemanja časovno povprečenih srednjih vrednosti in manjšega raztrosa.
		ANG	Circulating water systems and safety water systems in various power plants use vertical pumps. In the current paper we confirm that Scale Adaptive Simulation (SAS) turbulence model with the curvature correction (CC) factor applied is well suited for such flows. By using a methodology for determining the vortex air core length, the SAS-CC turbulence model results were compared to the experimental data for two selected temperatures. The results show better agreement than the laminar simulations in terms of higher mean value accuracy and lower scattering.
	Objavljeno v		Proceedings of the ASME/JSME 2011 8th Thermal Engineering Joint Conference, AJTEC2011, March 13-17, 2011, Honolulu, Hawaii, USA
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	14878742	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO	Napoved vrtinčne cevi v sesalni cevi z numerično analizo toka
		ANG	Numerical Prediction of the Vortex Rope in the Draft Tube
	Opis	SLO	V članku je predstavljena napoved pojava vrtinčne cevi v sesalni cevi Francisove turbine na osnovi numeričnega izračuna toka. Glavni namen raziskave je bil z numeričnim izračunom napovedati amplitude in frekvence pulzacij tlaka za različna odprtja vodilnika in primerjava numeričnih rezultatov z eksperimentalnimi. Uporabili smo tri turbulentne modele: SAS-SST, ω -RSM and LES. Preverili smo tudi vpliv območja računanja, gostote mreže in časovnega koraka na rezultate. Najprej je bil numerični izračun narejen brez kavitacije, nato pa smo tok v eni obratovalni točki izračunali tudi s kavitacijo.
		ANG	Paper presents a prediction of vortex rope in a draft tube obtained by numerical flow analysis. The main goal of the research was to numerically predict pressure pulsation amplitude versus different guide vanes openings and to compare the results with experimental ones. Three turbulent models (SAS-SST, -RSM and LES) were used. Also the effect of different domain configurations, grid density and size of time step on results was examined. At first analysis was done without cavitation, later at one operating point the cavitation model was included.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v		3rd IAHR International Meeting of the Workgroup on Cavitation and Dynamic Problems in Hydraulic Machinery and Systems, Brno, October 14-16, 2009. Brno: University of Technology, 2009, str. 75-85
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	24543527	
2.	Naslov	SLO	Numerična analiza nestacionarnih pojavov v hidravličnih strojih
		ANG	Numerical Analysis of unsteady phenomena in hydraulic machines
			Najpomembnejši rezultati raziskovanja so v dejstvu, da lahko sedaj opravimo večino analiz nestacionarnih pojavov z uporabo računalniške dinamike

	Opis	SLO	tekočin, kar pomeni, da se zmanjšuje število modelnih preizkusov. Večino karakteristik hidravličnih strojev se lahko napove predno je fizično izdelan model ali dejanski prototip. S tem se skrajša čas razvoja novega izdelka, dosežejo se boljše karakteristike in privarčuje se pri energiji. S stališča ekologije so rezultati pomembni iz dveh vidikov, zaradi bolj učinkovitega izkoriščanja obnovljivih virov energije in varčevanja energije v fazi razvoja.
		ANG	The most important result of the research work is to make unsteady numerical analysis using CFD and reduce the number of model tests. The most characteristics of the turbines can be predicted before the real model is produced. This is the main reason how the development time is reduced and obtained better characteristics. Also from environmental point of view the results are important, because of more efficient usage of renewable energy sources.
	Šifra	F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	Interno poročilo - Turboinštitut	
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
	COBISS.SI-ID	0	
3.	Naslov	SLO	Član izvršilnega odbora IAHR - sekcija Hydraulic Machinery and Systems
		ANG	Member of the executive committee of IAHR - Hydraulic Machinery and Systems
	Opis	SLO	dr. Andrej Lipej je član mednarodne organizacije IAHR – International Association For Hydro-Environmental Engineering and Research, sekcije - Hydraulic Machinery and Systems in od leta 2008 tudi član izvršilnega odbora zgoraj omenjene organizacije
		ANG	Andrej Lipej is the member of executive committee of IAHR International Association For Hydro-Environmental Engineering and Research - Hydraulic Machinery and Systems since 2008.
	Šifra	D.03 Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih	
	Objavljeno v	IAHR	
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
4.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
5.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	Opis	SLO	
		ANG	
	Šifra		
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		
	COBISS.SI-ID		

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Pridobljeno znanje in izkušnje pri raziskavah na predstavljenem projektu je raziskovalna skupina uspešno uporabila pri konkretnih industrijskih projektih razvoja radialnih vodnih turbin. Pri različnih obratovalnih režimih imamo lahko različno intenziteto in količino nestacionarnih

pojavov, ki jih je potrebno numerično analizirati. To so pojavi pulzacij tlaka in posledično vibracij, ki vplivajo na kakovost obratovanja stroja in na življensko dobo, prav tako pa tudi na energetske karakteristike. Svetovno konkurenčen stroj mora obratovati brez škodljivih vibracij in vedno z visokim izkoristkom. Pri razvoju lahko omenjeno dosežemo, če znamo z uporabo numeričnih metod natančno napovedati vse možne nestacionarne pojave in jih v čim večji meri odpraviti ali vsaj zmanjšati na minimum. Rezultati projekta nam omogočajo, da je veliko naštetih pojavov mogoče ob uporabi primerne programske in strojne opreme dovolj natančno napovedati.

Končni rezultati projektne skupine omogočajo izvedbo bistveno bolj zahtevnih numeričnih simulacij večfaznih nestacionarnih tokov v hidravličnih strojih, kot je bilo to pred začetkom raziskovalnega projekta.

Z uporabo novih znanj, pridobljenih na projektu, je bilo že opravljenih nekaj zahtevnih raziskav na področju nestacionarnih pojavov v hidroenergetskih sistemih za tuje naročnike iz Rusije, Češke in Tajvana.

Prav tako pomemben rezultat raziskovalnega dela na projektu je pridobljeno znanje na področju uporabe superračunalniških kapacitet, v smislu optimalne uporabe velikega števila procesorjev za posamezne analize, kar nam omogoča razmeroma kratke računske čase, kar je pri idustrijskih razvojno raziskovalnih projektih bistvenega pomena.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Raziskave na področju numerične analize nestacionarnih pojavov zahtevajo študijo zelo različnih prostorskih in časovnih velikostnih redov. To pomeni, da moramo imeti zelo goste računske mreže in zelo majhne časovne korake. Vse to vodi do zelo dolgih računskih časov. Ob uporabi večprocesorskih superračunalnikov je možno računske čase skrajšati, vendar v določenih primerih posamezen izračun potrebuje tudi več tednov ali celo mesecev za doseg dobrega rezultata. V industriji je čas razvoja bistvenega pomena, zato je potrebno razviti učinkovite metode, ki nam skrajšajo celoten numerični postopek. Za doseg omenjenih ciljev je bilo potrebno raziskati tudi optimiranje paralelnega računanja na velikem številu procesorjev, kar nam superračunalnik z 2048 procesorji instaliran v Turboinštitutu omogoča.

Za razvoj znanosti je zelo pomembna tudi študija različnih turbulentnih modelov pri numerični simulaciji nestacionarnih pojavov, še posebej v črpalnem režimu, kjer zaradi difuzorskega efekta nastane zelo veliko vrtincev, odleplanj toka in povratnih tokov. Analizirali smo rezultate dobljene z različnimi dvoenačbenimi modeli z uporabo stenskih funkcij in tudi tako imenovane low Reynolds modele. Pri določenih primerih smo uporabili tudi Large Eddy Symualtion (LES) turbulentni model, ki se je izkazal za zelo natančnega, vendar je trenutno še preveč časovno zahteven za vsakdanje delo na industrijskih projektih.

Nazadnje smo podrobno analizirali nestacionarne pojave z uporabo SAS-SST (Scale Adaptive Simulation - Shear Stress Model), kjer je bilo ugotovljeno, da turbulentni model ni tako časovno zahteven, kot recimo LES model, rezultati pa se dobro ujemajo z rezultati modelnih meritev. Prav tako je bila opravljena podrobna analiza računskih modelov brez in z upoštevanjem kavitacije, kjer v določenih področjih tlak pade do vrednosti parnega tlaka in se začne voda uparjati. Ker je za pojav kavitacije potrebno analizirati dvofazne nestacionarne tokove, to prav tako vpliva na podaljšanje računskih časov.

ANG

Research work in the area of numerical analysis of non-stationary phenomena require very different spatial and temporal orders of magnitude. This means that we have a very fine computational grids and very small time steps. All this leads to very long computational times. Using multiprocessor supercomputers, computational times can be reduced, but in some cases, a single calculation requires several weeks or even months to achieve a good result. For the industry, time of development is crucial. It is necessary to develop effective methods to reduce the overall numerical procedure. To achieve these goals the optimization of parallel computation on a large number of processors has been investigated, allowing us to using the supercomputer with 2048 processors installed in Turboinstitute.

For the development of the science is a very important study of different turbulence models for numerical simulation of non-stationary phenomena, especially in the pumping regime, where the effect occurs difuzorskega very much turbulence, flow and return odleplanj flows. We analyzed the results obtained with different dvoenačbenimi models using wall functions and the so-called low Reynolds models. In certain cases Large Eddy Symualtion (LES) turbulence model has been used, which has proved to be very accurate, but is currently too time consuming for

routine work on industrial projects.

In the last part of the project unsteady phenomena using SAS-SST (Scale Adaptive Simulation - Shear Stress Model) was analysed and we found out that the turbulence model is not so time consuming like LES model, but enable very good results in comparison with model test. Also the detailed analysis using cavitation model was performed, where the local pressure is near vapour pressure. Because the cavitation is in fact two phase flow and usually ansteady, the CPU time for such cases is also very long.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

V industriji se v fazi razvoja novih proizvodov vedno več uporabljajo numerične metode in modeliranje različnih procesov z uporabo računalnikov. S tem se zmanjšuje obseg dragih, zamudnih in energetsko potratnih meritev z uvedbo različnih numeričnih modeliranj. Na nekaterih področjih je možno definirati karakteristike novega izdelka še predno je katerikoli del novega proizvoda fizično izdelan.

Pomemben družbeni segment, ki pri razvoju novih proizvodov uporablja predstavljene metode je energetika, še posebej obnovljivi viri energije - hidroenergija. V naslednjih desetletjih bo v omenjeno področje vloženo več sto milijard evrov kapitala in ob upoštevanju dosedanje tradicije, lahko slovenska industrija uspešno sodeluje pri teh projektih. Uspeh je odvisen od kvalitete proizvoda, ki ga razvijamo. Z uporabo najsodobnejše programske opreme, ki jo razvijamo in testiramo v okviru raziskovalnega programa in sodobne strojne opreme, lahko rezultati raziskav pomagajo slovenski industriji, da konkurenčno nastopa na svetovnem trgu. Turboinštitut d.d. razpolaga z najzmogljivejšim računalniškim sistemom v Sloveniji in regiji (JV Evropa). Superračunalnik je sestavljen z IBM BladeCenter H gradniki. Vsako BladeCenter ohišje vsebuje 14 strežniških rezin, LAN in InfiniBand stikala. Strežniška rezina je opremljena s po dvema štiri jedrnima Intel Xeon procesorjema L5520 2.26GHz 8MB L2 1066MHz/60W ter 16GB PC2-5300 CL5 ECC DDR2 RAMa.

Rezultati raziskav projektne skupine so pomembni za nadaljnji razvoj znanja na področju razvoja in proizvodnje hidravličnih strojev, kot konkurenčnega proizvoda, ki ga slovenska industrija lahko enakovredno s celotno svetovno konkurenco trži v svetovnem merilu.

Hidravlični stroji so eden izmed redkih proizvodov, kjer slovenska industrija popolnoma obvladuje tehnologijo in le malo držav je na svetu, ki lahko konkurirajo Sloveniji na področju hidravličnih strojev. To za prihodnost pomeni tudi možnost povečevanje števila novih delovnih mest.

ANG

In industry a lot of numerical analysis and computer modelling are used in the development process. Virtual prototyping can reduce expensive, time consuming and energetic wasteful experimental methods. In some areas the complete characteristics can be predicted before any part of the product is produced.

Important area where CFD is used in the development process is energetic, especially renewable energy sources. In the following decades in this area will be invested several hundred billions of EUR and Slovene industry can participate in some percentage of this business. The success depends on the quality of the new developed products. Using up to date hardware and software our industry can be competitive in the global market. It means also opportunity to increase employment.

Turboinštitut d.d. has the most powerful supercomputer in Slovenia and in the region (SE Europe). Cluster building block is IBM BladeCenter H. Each BladeCenter contains fourteen server blades, LAN and InfiniBand switches. Each blade is equipped with two quad-core Intel Xeon processors L5520 2.26GHz 8MB L2 1066MHz/60W and 16GB PC2-5300 CL5 ECC DDR2 RAM.

The results of the project group are important for the further development of the knowledge in the area of development and production of hydraulic machines. Slovenian industry can offer hydraulic machines world-wide and with this product can compete with the companies around the world. This is one of the area where Slovene industry can offer high level final product and just a few countries in the world have such technology on the same level. This means also opportunity to increase employment in this industry.

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	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE

	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	

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

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

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	☐	☐	☒	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	

G.02	Gospodarski razvoj				
G.02.01.	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu				
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov				
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje				
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije				
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti				
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost				
G.02.07.	Večji delež izvoza				
G.02.08.	Povečanje dobička				
G.02.09.	Nova delovna mesta				
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih				
G.02.11.	Nov investicijski zagon				
G.02.12.	Drugo:				
G.03	Tehnološki razvoj				
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti				
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti				
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij				
G.03.04.	Drugo:				
G.04	Družbeni razvoj				
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja				
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja				
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave				
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti				
G.04.05.	Razvoj civilne družbe				
G.04.06.	Drugo:				
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete				
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj				
G.07	Razvoj družbene infrastrukture				
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura				
G.07.02.	Prometna infrastruktura				
G.07.03.	Energetska infrastruktura				
G.07.04.	Drugo:				
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva				
G.09.	Drugo:				

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki [12](#)

1.	Sofinancer		Turboinštitut d.d.	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		55.000,00	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		35,00	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
		1.	Najpomembnejši rezultati za sofinancerja so, da lahko sedaj opravi večino analiz nestacionarnih pojavov z uporabo računalniške dinamike tekočin in, da se zmanjšuje število modelnih preizkusov.	F.10
		2.	Numerična napoved amplitud pri pulzacijah tlaka v sesalnih ceveh Francisiovih turbin za različne obratovalne režime - objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanje)	B.04
		3.	Z znanjem pridobljivim na projektu je bilo opravljeno nekaj projektov za tuje naročnike, kjer smo izboljšali obstoječi izdelek. Projekt razvoja nove turbine za HE Chaparral za naročnika iz Rusije.	F.07
		4.		
		5.		
		Komentar	Sofinancer zelo podpira sodelovanje med univerzami in industrijo. Takšno sodelovanje je zelo uspešno samo v primeru, če je obojestransko, kar pomeni, da so aktivni udeleženci vsi partnerji na projektu. Industrija mora imeti dovolj znanja, da lahko definira primerne raziskovalne teme ter, da lahko sledi svtovnim trendom. Univerze pa morajo zadovoljevati vse potrebe po novem znanju, kjer industriji zmanjka kadrovskega potenciala in raziskovalne opreme. V zaključenem projektu je bilo sodelovanje med industrijo in fakulteto zelo dobro, kar se kaže tudi v konkretnih rezultatih, dobljenih na projektu. Pomemben rezultat projekta, ki ni posebej poudarjen je vsekakor pridobljeno novo znanje v industriji, ki se mora v prihodnosti realizirati v izboljšanih in bolj konkurenčnih produktih, katere je možno prodajati po vsem svetu.	
	Ocena	Za sofinancerja je ocena zaključenega projekta zelo dobra, predvsem zaradi hitre uporabe novih pridobljenih znanj v praksi.		
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:

Leopold Škerget	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Maribor,

14.4.2011

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/3

¹ Zaradi spremembe klasifikacije družbeno ekonomskih ciljev je potrebno v poročilu opredeliti družbeno ekonomski cilj po novi klasifikaciji. [Nazaj](#)

² Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

³ 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](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti 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 (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ 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., PREMŽL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates $\beta 2$ - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. Exp. Cell Res., 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

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

⁷ 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](#)

⁸ 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](#)

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/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/2011-1 v1.01

E0-5B-FA-32-6F-16-A8-03-92-B4-73-82-F3-44-FD-BD-53-F8-4B-40