

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/149

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-9362
Naslov projekta	Stimulacije dvofaznih termohidravličnih pojavov v jedrski tehniki z metodami računske dinamike tekočin
Vodja projekta	16435 Boštjan Končar
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	3.150
Cenovni razred	C
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

Izboljšali smo trirazsežni model konvektivnega vrenja. Za popis turbulence v dvofaznem toku smo uporabili model turbulentne strižne napetosti, ki natančneje opiše turbulentne vrtnice v mehurčkasti stenski mejni plasti. Analizirali smo vpliv medfaznih sil na razvoj mehurčkastega toka pri konvektivnem vrenju. Ugotovili smo, da model sile stene, ki je splošno uveljavljen v adiabatskih tokovih, v primeru visokotlačnega vrenja (30 in več bar) napove mnogo pre nizke vrednosti parne faze ob steni. Sila stene modelira prečni transport mehurčkov od stene proti jedru toka in kompenzira delovanje vzgonske sile, ki zaradi lokalnega gradienta hitrosti mehurčke potiska k

steni. Sila stene je največja tik ob steni, kjer je tudi največja koncentracija mehurčkov. Adiabatna formulacija sile stene predvideva, da je med mehurčkom in steno vedno vsaj minimalna plast kapljevine in ne dovoli, da bi se mehurčki povsem približali steni. V primeru vrenja na steni, je ta model lahko veljaven le za tiste mehurčke, ki so se že odlepili od stene, ne pa tudi za tiste, ki rastejo na steni zaradi uparjanja pregrete kapljevine. Mnogo boljše ujemanje z eksperimenti smo dosegli, če sile stene nismo upoštevali v naboru modelov. Model vrenja smo preverili z eksperimenti v enostavnih geometrijah (navpična cev krožnega in prstanastega prereza) in različnih delovnih tekočinah (voda, hladilo R-113). Robni pogoji eksperimentov in geometrije kanalov so bili podobni obratovalnim ali nezgodnim pogojem v jedrskih sredicah tlačnovodnih reaktorjev. Opravljeni izračuni in analize so potrdili primernost 3D modela vrenja za simulacije tlačnovodnih reaktorjev.

Natančnost simulacij lokalnih profilov hitrosti in deleža parne faze v dvofazni mehurčkasti mejni plasti smo še izboljšali s t.i. modelom dvofazne stenske funkcije. Posebej za konvektivno vrenje smo razvili ob-stenski model prenosa gibalne količine. Upoštevali smo vpliv nukleacije mehurčkov na razvoj hitrostnega profila kapljevine v mejni plasti. Uporabili smo predpostavko, da nukleacija mehurčkov vpliva na tok kapljevine podobno kot površinska hrapavost. Na ta način se v mehurčkasti mejni plasti poveča stensko trenje, ki posledično vpliva tudi na prenos toplote v mejni plasti. Vpliv povečanega dvofaznega stenskega trenja zaradi nukleacije mehurčkov smo tako upoštevali tudi v ob-stenskem modelu koeficienta prenosa toplote s stene na fluid in v modelu za izračun povprečnega premera mehurčka, ki se pri uparjanju odtrga od stene. Z modelom dvofazne stenske funkcije smo uspešno simulirali porazdelitve hitrosti faz, temperature in deleža parnih mehurčkov v mejni plasti za različne eksperimente konvektivnega vrenja. Za numerične simulacije smo uporabili CFD program ANSYS-CFX.

V naslednji fazi smo izboljšan model vrenja uporabili za trirazsežne simulacije dvofaznega toka v kanalu tlačnovodnega gorivnega elementa. Simulirali smo en kanal gorivnega elementa med štirimi gorivnimi palicami. Usmerjevalnik toka smo modelirali poenostavljeno, z vrtnicem hitrostnega polja na vstopu v kanal. Analizirali smo vpliv centrifugalne sile in vpliv medfaznih sil na porazdelitev dispergirane faze v takšni geometriji. Ugotovili smo, da centrifugalne sile na parne mehurčke v primeru močnih vstopnih vrtnicev prevladajo nad medfaznimi silami. Vstopni vrtnec sicer ugodno vpliva na enakomernejšo temperaturno obremenitev gorivnih palic. Tovrstne simulacije so omogočile prvi vpogled na razvoj strukture dvofaznega toka v kanalu gorivnega elementa in oceno toplotne obremenitve gorivnih palic.

V okviru raziskav kritičnega toplotnega toka smo napravili pregled obstoječega stanja na področju lokalnega modeliranja kritičnega toplotnega toka ter opredelili nekaj glavnih sprožitvenih mehanizmov krize vrenja (prehod iz mehurčkastega v plastno vrenje). V razmerah podhlajenega vrenja v tlačnovodnih reaktorjih so najverjetnejši sprožitveni mehanizmi krize vrenja združevanje mehurčkov na steni, izsušitev kapljevite podplasti na steni in pojav lokalnih vročih točk na steni, kjer je presežena lokalna temperatura, ki še dovoljuje omočenje grete površine. Sprožitveni mehanizmi so odvisni od obratovalnih pogojev in lastnosti fluida (tlak, masni pretok, vstopna temperatura fluida, površinska napetost), še bolj pa od mikro-skopskih razmer na greti površini (mikrometrске razpoke na površini – zametki parnih mehurčkov, mikro-lokacije vročih točk, kapljevita podplast med steno in mehurčkom) ali celo nano-razmer (kontaktni kot med mehurčkom in steno). Za simulacije kritičnega toplotnega toka smo uporabili francoski program NEPTUNE_CFD, kamor smo vključili poenostavljen model kritičnega toplotnega toka. Ta v osnovi temelji na mehanizmu združevanja mehurčkov na steni. Sprožitveni mehanizem prehoda v plastno vrenje modelirali z vrednostjo lokalnega volumnskega deleža parne faze, kjer pride do združevanja mehurčkov in nastanka parne plasti med steno in fluidom. Simulirali eksperimente vrenja pri visokih toplotnih tokovih, blizu območja kritičnega toplotnega toka. Z modelom smo kvalitativno napovedali lokalni skok temperature stene in deleža parne faze ob steni, ki sta značilna pojava kritičnega toplotnega toka.

Drugi del projekta je zajemal raziskave kondenzacije pare na medfazni površini. Ukvarjali smo se predvsem z modeliranjem kondenzacije vroče pare v vodoravno razslojenem toku. S programom za računalniško dinamiko tekočin ANSYS-CFX smo simulirali kondenzacijo v razslojenem toku hladne vode in vroče pare v realistični 3D vodoravni cevi. V program CFX smo vključili posplošen model toplotne prestopnosti pri kondenzaciji, ki je odvisen od turbulentne energije vrtnicev v okolici medfazne površine. Ugotovili smo, da kondenzacija v vodoravno razslojenem toku povzroči nestabilnost medfazne površine, ki lahko vodi v prehod iz razlojenega v čepast tok. Verodostojnost modelov smo preverili s simulacijo eksperimenta izvedenega v napravi PMK-2, na madžarskem Institutu KFKI, kjer horizontalno cev napolnjeno z vročo paro počasi poplavlja hladna voda. Vroča para kondenzira na površini hladne vode. Po določenem času se zaradi relativne

hitrosti med paro in hladno vodo v cevi lahko ustvari čep vode, ki za seboj ujame mehur pare. Mehur pare zelo hitro kondenzira in lahko povzroči vodni udar v cevi. Z numeričnimi simulacijami ter z razvojem novih modelov za kondenzacijo in prenos gibalne količine smo uspeli popisati ujetje mehurja pare. Naši rezultati so pokazali, da je kljub stohastični naravi prehoda iz razslojenega v čepasti tok, mogoče z današnjimi matematičnimi modeli in numeričnimi simulacijami opisati ta prehod z zadovoljivo natančnostjo.

V sklopu drugega dela projekta smo razvijali tudi model za zasledovanje in ostrenje medfazne površine. V ta namen smo v lastni dvo-dimenzionalni računalniški program za enofazni tok vključili model ostrenja stične površine, ki temelji na metodi nivojskih funkcij. Z novo metodo smo izboljšali natančnost rekonstrukcije medfazne površine in obenem pokazali na možne smeri nadaljnjih raziskav tovrstnih metod.

Del raziskav je bil opravljen v okviru mednarodnih projektov in v sodelovanju s partnerji iz tujine: projekt NURESIM (European Platform for Nuclear Reactor Simulations, 6. okvirni program EU), CEA – Grenoble, Francija (bilateralni projekt), Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (Nemčija), KFKI (Madžarska).

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Realizacijo ciljev raziskovalnega programa ocenjujemo kot uspešno, saj smo dosegli vse zastavljene cilje:

Izboljšava in validacija modela mehurčkastega vrenja z visokotlačnimi eksperimenti:

- Razvili smo model ob-stenskega prenosa gibalne količine in energije za primer mehurčkastega vrenja.
- Analizirali smo vpliv medfaznih sil na razvoj mehurčkastega toka pri pogojih visokotlačnega vrenja
- 3D model mehurčkastega vrenja smo primerjali z eksperimenti vrenja v navpičnih kanalih različnih geometrij in dosegli dobro ujemanje izračunov z eksperimenti.

3D Simulacija vrenja v kanalu gorivnega elementa:

- S programom ANSYS-CFX smo opravili simulacije vrenja v kanalu med 4 gorivnimi palicami.
- Raziskali smo vpliv usmerjevalnika toka na porazdelitev mehurčkov in pojav vročih točk na stenah palic.

Razvoj modela kritičnega toplotnega toka:

- Opravili smo pregled literature in opredelili glavne sprožitvene mehanizme krize vrenja.
- S poenostavljenim modelom kritičnega toplotnega toka smo izvedli 3D simulacije prehoda iz mehurčkastega v plastno vrenje. Z modelom smo uspeli simulirati skok temperature površine in porast parne faze, ki sta značilna pokazatelja kritičnega toplotnega toka.

Izboljšava modelov za simulacijo kondenzacije v razslojenem toku hladne vode in vroče pare

- V CFD program smo vključili posplošen model toplotne prestopnosti pri kondenzaciji, ki je odvisen od turbulence na stični površini.
- Uspešno smo izvedli 3D simulacijo kondenzacije razslojenega toka hladne vode in vroče pare za realni eksperiment

Razvoj modela za zasledovanje stične površine:

- V lastni dvo-dimenzionalni računalniški program za enofazni tok smo vključili model ostrenja stične površine, ki temelji na metodi nivojskih funkcij.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ni bistvenih sprememb glede na predlog programa.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Izboljšava modela konvektivnega vrenja
		<i>ANG</i> Improvement of flow boiling model
	Opis	<i>SLO</i> Natančnost trirazsežnih simulacij konvektivnega vrenja smo izboljšali na področju modeliranja turbulence in medfaznih sil. Uporabili smo t.i. model turbulentne strižne napetosti, ki natančneje opiše turbulenco v dvofazni mejni plasti. Na osnovi analize vpliva medfaznih sil, smo določili nabor modelov medfaznega transporta gibalne količine pri vrenju. Simulacije smo primerjali z eksperimenti vrenja hladila R-113 v navpičnih ceveh prstanastega preseka.
		<i>ANG</i> The accuracy of 3D simulations of flow boiling was improved on the field of turbulence and non-drag forces modelling. The shear-stress turbulence model was included to better describe the turbulence in the two-phase boundary layer. The set of models for interfacial transport of momentum was defined on the basis of the analysis of non-drag forces. Simulations were validated on the boiling flow experiments, performed in vertical annulus with the refrigerant R-113.
	Objavljeno v	KONČAR, Boštjan, KREPPER, Eckhard. CFD simulation of convective flow boiling of refrigerant in a vertical annulus. Nucl. Eng. Des.. [Print ed.], 2008, vol. 238, no. 3, str. 693-706.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		21322279
2.	Naslov	<i>SLO</i> Razvoj ob-stenskega modela prenosa gibalne količine pri konvektivnem vrenju
		<i>ANG</i> Development of near-wall model for momentum transfer at boiling flow
	Opis	<i>SLO</i> Razvili smo ob-stenski model prenosa gibalne količine pri konvektivnem vrenju. Upoštevali smo vpliv nukleacije mehurčkov na razvoj hitrostnega profila kapljevine v mejni plasti. Uporabili smo predpostavko, da nukleacija mehurčkov vpliva na tok kapljevine podobno kot površinska hrapavost. Z uporabo ob-stenskega modela smo uspešno simulirali porazdelitve hitrosti ob steni za različne eksperimente konvektivnega vrenja.
		<i>ANG</i> A general near-wall model model for momentum transfer at boiling flow was developed. The model takes into account the influence of nucleation on the evolution of velocity profile in the boundary layer. It is presumed that the bubble nucleation influences the liquid flow in the similar way as the surface roughness. By using the near-wall model, we have successfully simulate near-wall velocity distribution at various boiling flow experiments.
	Objavljeno v	KONČAR, Boštjan, TISELJ, Iztok. Influence of near-wall modelling on boiling flow simulation. Nucl. Eng. Des.. [Print ed.], 2010, vol. 240, no. 2, str. 275-283.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		22319911
3.	Naslov	<i>SLO</i> Simulacija konvektivnega vrenja v gorivnem elementu tlačno-vodnega reaktorja
		<i>ANG</i> Simulation of the flow boiling in the PWR fuel assembly
	Opis	<i>SLO</i> V sodelovanju z raziskovalnim centrom Forschungszentrum Dresden smo model vrenja uporabili za simulacijo razmer v kanalu gorivnega elementa tlačnovodnega reaktorja. Upoštevali tudi vpliv usmerjevalnikov toka. Med prvimi v svetu smo simulirali lokalne toplotne obremenitve gorivnih palic med vrenjem.
		<i>ANG</i> The research was carried out in cooperation with the research center Forschungszentrum Dresden. A convective boiling model was used for simulation of boiling flow in the hot channel of PWR fuel assembly. The influence of mixing vanes was analysed as well. The simulations of local thermal loading of fuel rods during boiling were performed among the first in world.
	KREPPER, Eckhard, KONČAR, Boštjan, EGOROV, Yury. CFD modelling of subcooled boiling - concept, validation and application to fuel assembly	

	Objavljeno v	design. Nucl. Eng. Des.. [Print ed.], 2007, vol. 237, no. 7, str.716-731.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	20594215
4.	Naslov	<i>SLO</i> Simulacija konvektivnega vrenja v področju kritičnega toplotnega toka
		<i>ANG</i> Flow boiling simulation close to critical heat flux conditions
	Opis	<i>SLO</i> Simulirali smo konvektivno vrenje pri zelo visokih gostotah toplotnih tokov. Uporabili in testirali smo poenostavljen model kritičnega toplotnega toka, ki temelji na mehanizmu združevanja mehurčkov na steni in nastanku parne plasti med steno in fluidom. Simulirali smo eksperimente vrenja pri visokih toplotnih tokovih, blizu območja kritičnega toplotnega toka. Model je uspešno napovedal lokalni skok temperature stene in deleža parne faze ob steni, ki sta značilna pojava kritičnega toplotnega toka.
		<i>ANG</i> Flow boiling at very high heat fluxes was simulated. A simplified model of critical heat flux was used and tested. The CHF model was based on the mechanism of bubble merging on the wall followed by formation of the vapor cloths between the wall and liquid. Boiling flow experiments at high heat fluxes close to critical heat flux were simulated. The model was able to predict the local wall temperature rise and the near-wall void fraction increase , which are characteristic phenomena of critical heat flux.
	Objavljeno v	KONČAR, Boštjan, MAVKO, Borut. Simulation of boiling flow experiments close to CHF with the Neptune_CFD code. Sci. Technol. Nucl. Install. (Print), 2008, vol. 2008, str. 732158-1-732158-8.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	22324519
5.	Naslov	<i>SLO</i> Modeliranje kondenzacije v razslojenem toku
		<i>ANG</i> Modeling of condensation in stratified flow
	Opis	<i>SLO</i> Simulirali smo kondenzacijo v razslojenem toku hladne vode in vroče pare v vodoravni cevi. Za toplotno prestopnost pri kondenzaciji smo uporabili model, ki je odvisen od turbulentne energije vrtincev v okolici medfazne površine. Pokazali smo, da kondenzacija v vodoravno razslojenem toku povzroči nestabilnost medfazne površine, ta pa posledično prehod iz razslojenega v čepast tok.
		<i>ANG</i> Condensation in stratified flow of cold water and hot steam in horizontal pipe was simulated. The heat transfer model based on the energy of small turbulent eddies in the vicinity of interfacial area was implemented to model the condensation heat transfer. It was shown that the condensation in the stratified flow induced instability of the interface, which eventually leads to the transition from stratified to slug flow.
	Objavljeno v	ŠTRUBELJ, Luka, ÉZSÖL, György, TISELJ, Iztok. Direct contact condensation induced transition from stratified to slug flow. Nucl. Eng. Des.. [Print ed.], 2010, vol. 240, no. 2, str. 266-274.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	22549543

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1.	Naslov	<i>SLO</i> B. Končar: Vodenje bilateralnega projekta CEA-MVZT
		<i>ANG</i> B. Končar: Leading of the bilateral project CEA-MVZT
	Opis	<i>SLO</i> 2007-2008: Vodenje bilateralnega slovensko-francoskega projekta "Use of CFD Approach for Safety Analysis of Nuclear Reactor Systems" (MVZT-CEA-Grenoble). V okviru projekta je potekal razvoj in testiranje zapiralnih modelov za računalniški programa Neptune_CFD, ki je namenjen varnostnim analizam v sistemih jedrskih elektrarn.
		<i>ANG</i> 2007-2008: Leading of bilateral Slovenian-French project "Use of CFD Approach for Safety Analysis of Nuclear Reactor Systems" (MVZT-CEA-Grenoble). Within the project, the development and testing of closure models for the computer program Neptune_CFD was carried out, which is primarily

		used for safety analysis of the nuclear power plants systems.
Šifra		D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
Objavljeno v		MRAMOR, Katarina, KONČAR, Boštjan, TISELJ, Iztok. Validacija programa NEPTUNE_CFD V.1.06, (IJS delovno poročilo, 9753). 2007.
Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija
COBISS.SI-ID		21295143
2.	Naslov	SLO Vključitev modela dvofazne stenske funkcije v računalniški program NEPTUNE_CFD
		ANG Inclusion of two-phase wall function model in the computational program NEPTUNE_CFD
	Opis	SLO V okviru EU projekta NURESIM (6. OP) je potekal razvoj integralne evropske platforme za računalniško simulacijo termohidravličnih pojavov in nevtronike v jedrskih reaktorjih. Del te platforme je tudi računalniški program za simulacijo dvo-faznih tokov NEPTUNE_CFD. V ta program je bil vključen model dvofazne stenske funkcije, ki smo ga razvili v naši skupini.
		ANG A development of a common integral platform for simulation of thermal-hydraulics and neutronics in nuclear reactors was carried out within the EU project NURESIM (6. FP EU). Computational program for simulation of two-phase flows NEPTUNE_CFD is an important part of this european platform. A two-phase wall function model developed in our group was included in the NEPTUNE_CFD.
	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	KONČAR, Boštjan. NURESIM project deliverable D2.2.13.1b, Development of physical models for boiling flow and implementation in the NURESIM_CFD code : development of a two-phase wall function for boiling flows and implementation into the NEPTUNE V.1.0.6 code, (IJS delovno poročilo, 9758). 2007.
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija
	COBISS.SI-ID	21319207
3.	Naslov	SLO I. Tiselj: gostujoči urednik posebne izdaje mednarodne revije Science and Technology of Nuclear Installations
		ANG I. Tiselj: guest-associated editor of the special issue of the international journal Science and Technology of Nuclear Installations
	Opis	SLO Raziskovalec projektne skupine je bil gostujoči urednik posebne izdaje mednarodne revije Science and Technology of Nuclear Installations, ki je bila posvečena numeričnim simulacijam dvo-fluidnih tokov.
		ANG Researcher of the project group was invited as a guest-associated editor of the special issue of the international journal Science and Technology of Nuclear Installations, which was devoted to computational fluid dynamics of gas-liquid flows.
	Šifra	C.03 Vabljeni urednik revije (guest-associated editor)
	Objavljeno v	Science and Technology of Nuclear Installations (Print). Tiselj, Iztok (gostujoči urednik 2009-2009). Cairo: Hindawi Publishing Corporation. ISSN 1687-6075.
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID	21837863
4.	Naslov	SLO B. Končar: Urednik zbornika mednarodne konference Nuclear Energy for New Europe 2009
		ANG B. Končar: Editor of the Proceeding of the international conference Nuclear Energy for New Europe 2009
	Opis	SLO Zbornik mednarodne konference Nuclear Energy for New Europe 2009, ki je potekala v septembru 2009 na Bledu, vsebuje 131 recenziranih člankov iz različnih področij jedrske energetike in tehnologije. Zbornik je bil izdan v decembru 2009.
		ANG The proceedings of the International Conference Nuclear Energy for New Europe 2009, which was held from 14th to 17th September 2009 in Bled, contains 131 peer-reviewed papers from different fields of nuclear energy and technology. The Proceedings were issued in december 2009.
	Šifra	C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige

	Objavljeno v		International Conference Nuclear Energy for New Europe 2009, Bled, Slovenia, September 14-17, CIZELJ, Leon (ur.), KONČAR, Boštjan (ur.), LESKOVAR, Matjaž (ur.). Proceedings. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2009. 1 optični disk (CD-ROM), barve. ISBN 978-961-6207-30-0.
	Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID		248489216
5.	Naslov	SLO	B. Končar: Predsednik organizacijskega odbora znanstvene konference Nuclear Energy for New Europe 2009, Bled, Slovenia, 14.-17. 9. 2009
		ANG	B. Končar: President of the Organising Committee of the scientific conference Nuclear Energy for New Europe 2009, Bled, Slovenia, 14.-17.9. 2009
	Opis	SLO	Vodilna tema mednarodne konference na Bledu, ki se je je udeležilo 212 udeležencev iz 27 držav je bila »Raziskave in izobraževanje za trajnostno jedrsko energijo«. Na konferenci je bilo predstavljenih 6 vabljenih predavanj uglednih znanstvenikov in strokovnjakov in 146 navadnih prispevkov (od tega 38 predavanj in 108 posterjev), ki so povzeli zadnje dosežke iz različnih področij jedrske energetike in tehnologije. Po konferenci je bil izdan elektronski zbornik prispevkov s 131 recenziranimi članki.
		ANG	The leading theme of the international conference in Bled, attended by 212 participants from 27 countries, was "Research and Education for Sustainable Nuclear Power". At the conference, 6 invited lectures and 146 papers (38 as oral and 108 as poster presentations) were presented, summarizing latest achievements in various fields of nuclear energy and technology. An electronic proceedings with 131 peer-reviewed papers was issued after the conference.
	Šifra		B.01 Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v		International Conference Nuclear Energy for New Europe 2009, Bled, Slovenia, September 14-17, CIZELJ, Leon (ur.), KONČAR, Boštjan (ur.), LESKOVAR, Matjaž (ur.). Proceedings. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2009. 1 optični disk (CD-ROM), barve. ISBN 978-961-6207-30-0.
	Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID		248489216

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Opravljenе raziskave so prispevale k razvoju znanosti na naslednjih področjih:

- doprinos k razumevanju kompleksnih dvofaznih procesov v jedrski tehniki,
- novi trirazsežni modeli konvektivnega vrenja
- doprinos k razumevanju krize vrenja in modeliranju kritičnega toplotnega toka v tlačnovodnih reaktorjih
- nova znanja o medfazni izmenjave veličin pri kondenzaciji vroče pare v razslojenem toku
- razvoj in izboljšava modelov za zasledovanje medfazne površine

ANG

The research carried out has contributed to the development of science in the following areas:

- Contribute to the understanding of complex two-phase processes in nuclear technology,
- New three-dimensional models of convective boiling
- Contribute to the understanding of the boiling crisis and modeling of critical heat flux in the PWR
- New knowledge about the process of mass and momentum exchange at condensation of steam in a horizontally stratified flow
- Development and improvement of the surface tracking models

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

--

Rezultati projekta spadajo med temeljne raziskave na področju termo-hidravličnih varnostnih analiz in posredno prispevajo k varnemu in zanesljivemu obratovanju jedrske elektrarne Krško. V širšem smislu bodo opravljene raziskave prispevale k trajnostnemu zagotavljanju stabilne dobave električne energije, ter varovanju okolja in prebivalcev.

Predvsem raziskave kritičnega toplotnega toka predstavljajo tudi del slovenskega prispevka k projektu 7. okvirnega programa EU NURISP, ki se je začel 1.1.2009. Preko projekta NURISP poteka izmenjava ter vzgoja kadrov med Slovenijo in večino ostalih evropskih držav.

ANG

The results of the project are among the basic research in the field of thermal-hydraulic safety analysis and can indirectly contribute to the safe and reliable operation of nuclear power plant Krško. In a broader sense, this research project contributes to the sustainable and stable supply of electricity, and protecting the environment and inhabitants.

In particular, studies of critical heat flux are also part of the Slovenian contribution to the project of the 7th EU Framework Program NURISP, which started 1.1.2009. Through the NURISP project, education and the exchange of researchers between Slovenia and most other European countries is enabled.

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	
	Uporaba rezultatov	
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
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	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
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	
	Uporaba rezultatov	
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
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 upravljaljskih 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/varovanju 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. 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:

Boštjan Končar	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

16.4.2010

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/149

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., 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](#)

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

F6-E5-99-2B-75-9C-29-93-FE-57-34-4B-5E-35-53-73-D3-FA-34-AD