

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/53



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0162
Naslov programa	Tranzientni dvofazni tokovi Transient two-phase flows
Vodja programa	3544 Iztok Žun
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	27989
Cenovni razred	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.13 Procesno strojništvo
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.04 Kemijsko inženirstvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Izvirno gonilo tehničnega napredka prenosa toplote in snovi se nahaja v razvoju razumevanja fizike večfaznih tokov in, po osvojitvi tega vpogleda, v razvoju ustreznih matematičnih modelov za napovedovanje teh pojavov. Sledi vključitev modelov v ustrezni software (CMFD), ki je potrjeno

testiranju in validaciji z eksperimentalnimi podatki. Raziskave so se odvijale v predvidenih treh udarnih smereh, ki naslavljajo nekaj ključnih znanstvenih vprašanj z omenjenega področja. Ta so: principi kompleksne dinamike fluidov, fizični problemi povzročeni s tokovi in interakcija fluid-okoliška struktura. Raziskovalni naporji so bili usmerjeni na:

1. Principe kompleksne dinamike fluidov

1.1. Kompleksni fluidi.

- Vpliv vstopnih pogojev na prehod mehurčkastega v čepasti tok v mini kanalih:
- Mešanje termično razslojene plasti vode pri prostem dvigovanju opletajočega zračnega mehurčka:
- Poenoteno mehanistično kartografiranje dvofaznih tokovnih vzorcev v mikrokanalih:
- PLIC-VOF metoda prilagojena za adaptivne premikajoče se mreže

1.2 Kompleksna geometrija sistema in robni pogoji.

- Napovedovanje toplotne prevodnosti zemljine za predizolirane cevovode daljinskega ogrevanja v obratovanju
- Ocena parametrov kvalitete oblaganja na osnovi meritev padca tlaka v Wursterjevem razmejitvenem valju in modifikacije naprave za oblaganje v fluidiziranem sloju
- Čas pomešanja pri mešanju v posodi z modificiranim mešalom

2. Fizične probleme povzročene s tokovi

2.1. Kavitacija

- Strukture mehurčkastega toka pri kavitaciji v reži

2.2. Pretrganje kapljevinskega stebra

- Numerične in terenske raziskave vplivov vodnega udara na dravskih hidroelektrarnah s kaplanovimi turbinami in nov model peltonove turbine za analizo vodnega udara.

3. Interakcijo fluid-okoliška struktura

3.1. Mikrofluidika

- Razmejitev mini vs. mikro sistemov za tokovni režim dolgega mehurja s pomočjo CFD
- Neuravnotežena distribucija toka v razdelilniku mini dimenzij
- Učinkovitost in oblikovanje teksturirane površine za različne režime mazanja

3.2. Modeliranje in simulacije v medicini

- Računalniška FSI simulacija toka zraka v zgornji dihalni poti človeka

Rezultati teh naporov so razvidni iz vrste prispevkov k temeljni znanosti, v direktnih aplikacijah za industrijo in diseminaciji znanja. Naša programska skupina ima sedaj, na primer, originalne rezultate na večfluidnih računalniških simulacijah s citati v samem svetovnem vrhu 1% področja, in zelo obetavne numerične algoritme napovedovanja kontinuirnega faznega mešanja. Izvirnost in ustreznost aplikativnih raziskav je bila na primer med drugim izkazana tudi v načrtovanju sistemov v farmacevtski industriji (glej US Patent 8689725 (B2)). Tu sodelujemo s Fakulteto za farmacijo Univerze v Ljubljani. Ne nazadnje, v Lausanni smo skupaj z EPFL in Kobe University ustanovili Virtualni mednarodni raziskovalni inštitut za dvofazni tok prenos toplote (Vir2AL) z misijo za izboljšanje in spodbujanje mednarodnega sodelovanja med svetovno priznanimi laboratoriji za dvofazni tok in prenos toplote (glej <http://2phaseflow.org/>).

ANG

The primary drive in the technical advances of heat and mass transfer being sought is to develop a deeper understanding of the physics of multiphase flow, and having acquired that insight, to develop appropriate mathematical models to predict the phenomena involved. Next, models will need to be incorporated into appropriate software (CMFD) ready for testing and validation against experimental data. The research actions were organised in three thrust areas addressing some of the key scientific issues in the field of two-phase flow. These are: The principles of complex fluid dynamics, Flow-induced materials problems, and Fluid-structure interaction. Target research efforts:

1. Principles of complex fluid dynamics

1.1. Complex fluids

- Inlet conditions effect on bubble to slug flow transition in mini-channels:
- Mixing of thermally stratified water layer by a free rising wobbling air bubble:

- Unified mechanistic multiscale mapping of two-phase flow patterns in microchannels:
- A PLIC-VOF method suited for adaptive moving grids
- 1.2 Complex system geometry and boundary conditions.
- Soil thermal conductivity prediction for district heating pre-insulated pipeline in operation
- Estimating coating quality parameters on the basis of pressure drop measurements in a Wurster draft - tube and fluid-bed coater modifications on the coating process of pellets
- Mixing times in a stirred vessel with a modified turbine

- 2. Flow-induced materials problems
- 2.1. Cavitation
- Bubbly structures in a cavitating slot orifice
- 2.2. Column separation.
- Numerical and in-situ investigations of water hammer effects in Drava river Kaplan turbine hydropower plants and a novel pelton turbine model for water hammer analysis.

- 3. Fluid-structure interaction
- 3.1. Microfluidics
- CFD based mini- vs. micro-system delineation in elongated bubble flow regime
- Two-phase flow maldistribution in a mini-manifold system
- Effectiveness and design of surface texturing for different lubrication regimes
- 3.2. Medical Modelling and Simulation.
- Computational FSI simulation of the airflow in the human upper airway

The results of our efforts are shown in original results on basic science as well as on industrial applications and dissemination. For example, our program group has now original results on multifluid CFD with Top 1% citations, and very promising numerical algorithms on fundamentally-based predictions of continuous mixing characteristics of two phases. Originality and relevance of applied research has been proven, among others, in system design in pharmaceutical industry (see US Patent 8689725 (B2)). We are working here in collaboration with the Faculty of pharmacy, University of Ljubljana. Last but not least, in Lausanne we have established together with EPFL and Kobe University the Virtual International Research Institute of Two-Phase Flow and Heat Transfer (ViR2AL) with a mission to improve and foster international collaboration between world class two-phase flow and heat transfer laboratories (see <http://2phaseflow.org/>).

3.Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

Raziskave so se odvijale v predvidenih treh udarnih smereh, ki naslavlajo nekaj ključnih znanstvenih vprašanj s področja dvofaznih tokov. Ta so: principi kompleksne dinamike fluidov, fizični problemi povzročeni s tokovi in interakcija fluid-okoliška struktura. Osnovni cilj je v prispevkih k osnovni znanosti v okviru navedenih treh udarnih smeri in tudi k reševanju določenih industrijskih problemov, ki so že definirani v dolgoročnih pogodbah z industrijo. Izbor prispevkov:

1.Principi kompleksne dinamike fluidov

1.1.Kompleksni fluidi.

Vpliv vstopnih pogojev na prehod mehurčkastega v čepasti tok v mini kanalih:

Za popis vpliva vstopnih pogojev na krajevno-časovni razvoj tokovnih vzorcev je bila postavljena nova testna sekcija, ki omogoča vpetje steklenih mini cevok notranjega premera 0,4mm, 0,6mm, 0,8mm, 1mm in 1,2mm. Zamenljiv del konstrukcije omogoča testiranje vpliva različnih geometrijskih kombinacij mešanja plina in kapljevine pred vstopom v mini cevko. Uporabljena sta bila mešalnik s poroznim slojem in križni mešalnik. Razločeni so bili mehurčkasti, čepasti in kolobarjasti tokovni vzorec. Z numeričnim orodjem Ansys Fluent smo z metodo VOF uspeli

napovedovati omenjene tokovne vzorce. Predstavljen je bil nov pristop neprekinjenega mešanja, ki omogoča numerično napovedovanje različnih tokovnih vzorcev samo s spreminjanjem pretokov posamezne faze.

Mešanje termično razslojene plasti vode pri prostem dvigovanju opletajočega zračnega mehurčka: Izvedene so bile temeljne raziskave motnje v razslojeni termični plasti, povzročene s suspendiranjem zračnega mehurčka z ekvivalentnim premerom krogle 6 mm v vodo ($E_0=1.2$). Za reprodukcijo gibanja mehurčka kot tudi vleka kapljevine v brazdi smo uporabili digitalni video sistem in termokromatske tekoče kristale. Kot numerično orodje je bila uporabljena tridimenzijska simulacija s sledenjem stične površine v sodelovanju s Kobe univerzo. Rezultati so pokazali dolgo območje odprte brazde, ki se formira vzdolž fluktuirajoče poti mehurčka. Amplituda brazde mehurčka je veliko večja od amplitude poti. Poleg vzdolžnega mešanja prečno gibanje vrtincev povzroča močno stransko mešanje. Detajli numerične simulacije so pokazali na brazdo, ki oblikuje verigo vrtinčnih obrobov v obliki črke omega. Ti "obroči" so med seboj spojeni v območju ob brazdi. Na osnovi prečnega širjenja vnešene hladne vode je bilo ocenjeno, da je z mehurčkom povzročena difuzija okrog 170-krat večja od difuzije gibalne količine

Poenoteno mehanistično kartografiranje dvofaznih tokovnih vzorcev v mikrokanalih:

Za boljše razumevanje osnovnih dvofaznih pojavov in s tem boljše napovedovanje prehodov med različnimi vzorci stičnih struktur dvofaznega pretoka, je treba posodobiti naš način razmišljanja od enonamenskih vzorčnih kartogramov z omejeno uporabnostjo na splošni pristop, ki temelji na prvih principih, mehanistični analizi in karakterizaciji zapletenih tokov na več skalah hkrati. Medtem ko je ta potreba za velike - makro kanale in cevi običajno obravnavana s kartogrami empirično določenih tokovnih režimov, še nimamo enotnega pristopa pri dvofaznem toku v mikrokanalih in miniaturnih ceveh. Ta študija predstavlja vrsto priporočil za razvoj novega celovitega tipa kartograma tokovnih vzorcev, ki ne zajema samo adiabatskih tokov, tokov z izhlapevanjem in kondenzacijskih tokov v enem samem nesmiselnem tokovnem vzorcu, ampak vključuje tudi informacije o toku na večih skalah in vsebuje metode z vdelanim mehanizmom za osnovne dvofazne pojave namenjene razvijanju enotnih modelov za tlačni gradient, prenos toplote, fazni delež, kritični toplotni tok, itd, vse v usklajeni globalni metodi.

PLIC-VOF metoda prilagojena za adaptivne premikajoče se mreže

Implementacija algoritma za izračun advektivnega prenosa indikatorske funkcije C , definirane v modelu VOF na splošni, premikajoči se računski mreži. Algoritem temelji na konstrukciji odsekoma linearnega medfaznega roba (PLIC). Pri konstrukciji območij, ki vsebujejo tekočino, ki v danem časovnem koraku steče skozi ustrezne stranice celic je upoštevana relativna hitrost tekočine v premikajočih se ogljiščih celic. Natančnost predstavljenega algoritma je primerljiva z natančnostjo podobnih algoritmov, hkrati pa zaradi uporabnosti na r-adaptivnih mrežah omogoča znatno zmanjšanje uporabljenih celic.

1.2 Kompleksna geometrija sistema in robni pogoji.

Napovedovanje toplotne prevodnosti zemljine za predizolirane cevovode daljinskega ogrevanja v obratovanju

Ocena parametrov kvalitete oblaganja na osnovi meritev padca tlaka v Wursterjevem razmejitvenem valju

Karakteristike toka pelet v razmejitvenem valju Wursterjeve naprave za oblaganje z uporabo piezoelektrične sonde

Modifikacije naprave za oblaganje v fluidiziranem sloju in študija njihovega vpliva na

proces oblaganja pelet

Čas pomešanja pri mešanju v posodi z modificiranim mešalom

Temperaturni odziv kot čas pomešanja pri raziskavi v mešalni posodi

Presoja izvedbe mešanja v nevtralizacijskem reaktorju z vodilno cevjo.

2. Fizični problemi povzročeni s tokovi

2.1. Kavitacija

Strukture mehurčkastega toka pri kavitaciji v reži

2.2. Pretrganje kapljevinskega stebra

Numerične in terenske raziskave vplivov vodnega udara na dravskih hidroelektrarnah s kaplanovimi turbinami

Praznjenje cevovoda velikih izmer s pomočjo komprimiranega zraka

Vodni udar povzročen z zapiranjem kroglastega zasuna turbine

Nov model peltonove turbine za analizo vodnega udara.

3. Interakcija fluid-okoliška struktura

3.1. Mikrofluidika

Razmejitev mini vs. mikro sistemov za tokovni režim dolgega mehurja s pomočjo CFD

Neuravnotežena distribucija toka v razdelilniku mini dimenzij

Učinkovitost in oblikovanje teksturirane površine za različne režime mazanja

3.2. Modeliranje in simulacije v medicini

Računalniška FSI simulacija toka zraka v zgornji dihalni poti človeka

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Raziskovalna dejavnost je bila organizirana v tri tematike ki zajemajo nekaj ključnih znanstvenih izhodišč, relevantnih v procesni industriji na področju kompleksnih fluidov. Vsi cilji programa so bili izpolnjeni v skladu s planom, tako da je stopnja realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev ocenjena na 100%.

Menimo, da smo bili pri izpolnjevanju teh ciljev uspešni, kar je razvidno iz naslednjih kvantitativnih podatkov:

-Najodmevnejša članka programske skupine LFDT sodita v svetovni vrh 1% najbolj citiranih člankov področja:

REVELLIN, Rémi, DUPONT, Vincent, URSENBACHER, Thierry, THOME, John R., ŽUN, Iztok. Characterization of diabatic two-phase flows in microchannels : flow parameter results for R-134a in a 0.5mm channel. International journal of multiphase flow, ISSN 0301-9322. [Print ed.], 2006, letn. 32, št. 7, str. 755-774. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2006.02.016>. [COBISS.SI-ID 9522203], [JCR, SNIP, WoS do 10. 2. 2015: št. citatov (TC): 73, čistih citatov (CI): 71, čistih citatov na avtorja (CIAu): 14.20, normirano št. čistih citatov (NC): 65, Scopus do 10. 2. 2015: št. citatov (TC): 108, čistih citatov (CI): 106, čistih citatov na avtorja (CIAu): 21.20, normirano št. čistih citatov (NC): 97] kategorija: 1A1 (Z, A', A1/2); uvrstitev: SCI, Scopus, MBP; tipologijo je verificiral OSICN

BERGANT, Anton, SIMPSON, Angus Ross, VÍTOVSKÝ, John. Developments in unsteady pipe flow friction modelling = Développements dans la modélisation de frottement en écoulement non permanenten conduite. Journal of hydraulic research, ISSN 0022-1686, 2001, vol. 39, no. 3, str. 249-258. [COBISS.SI-ID 1358436], [JCR, SNIP, WoS do 15. 1. 2015: št. citatov (TC): 82, čistih citatov (CI): 76, čistih citatov na avtorja (CIAu): 25.33, normirano št. čistih citatov (NC): 215, Scopus do 15. 2. 2015: št. citatov (TC): 119, čistih citatov (CI): 110, čistih citatov na avtorja (CIAu): 36.67, normirano št. čistih citatov (NC): 312] kategorija: 1A2 (Z, A1/2); uvrstitev: SCI, Scopus, MBP; tipologijo je verificiral OSICT

-Produktivnost: v času od 2009 do 2014 je programska skupina P2-0162 registrirala 314 zadetkov v COBISS-u. Ti zadetki vključujejo 99 znanstvenih publikacij v revijah in zbornikih konferenc, 75 poročil za industrijo in 3 patente.

-Razvoj in izdelava prototipa podprtega z domačim in tujimi patenti (Brinox)

-Razvoj novega izdelka, ki je na produkcijski liniji Gorenja.

-Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso: Litostroj Power, Energetika Ljubljana

-Vključenost v univerzitetni pedagoški proces: 5 predmetov, 3 doktorati in 13 diplom

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Ni bilo sprememb

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	12406555	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Napovedovanje toplotne prevodnosti zemljine za predizolirane cevovode daljinskega ogrevanja v obratovanju
		ANG	Soil thermal conductivity prediction for district heating pre-insulated pipeline in operation
	Opis	SLO	Raziskava se nanaša na sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani, ki vključuje 245 km zelo razvejanega cevovoda. Namen študije je bil ugotoviti vpliv toplotne prevodnosti zemljine (λ_s) na toplotne izgube s predizoliranih cevi med obratovanjem. Upoštevana je bila geometrija cevovoda, lastnosti materialov (predvsem toplotna prevodnost izolacije in zemljine) in časovno odvisni podatki dovoda, povratka in okolice. Na izbranih lokacijah predizoliranega cevovoda so bile izvedene meritve temperatur, vlažnosti in toplotne prevodnosti zemljine ter toplotnega toka skozi zemljino. Dodatno so bile na vzorcih zemljine opravljene laboratorijske meritve z namenom, da se ugotovi gostota, specifična toplota in termična difuzivnost zemljine. Za iz vrednotenje toplotnih izgub so bile opravljene tranzientne in stacionarne numerične simulacije temperaturnih polj v zemljini. Poleg vpliva okoliške temperature sta bili pri tranzientnih simulacijah upoštevani še temperatura dovoda in povratka. Predstavljena je metoda za napoved λ_s med obratovanjem cevovoda. Algoritem bazira na primerjavi izmerjenih (Θ_{exp}) in simuliranih (Θ_{sim}) temperatur v izbrani časovni periodi pri istih robnih pogojih.
			The research refers to the district heating (DH) system in Ljubljana, which includes 245 km of highly diversified pipelines. The purpose of this study was to determine the effect of the soil thermal conductivity coefficient (λ_s) on the heat loss from pre-insulated pipes during operation. Pipeline geometry, material properties (particularly insulation and soil thermal conductivity) and time-dependent data on supply, return and environs

		temperature were considered. Measurements of temperature, moisture, thermal conductivity of soil and heat flux through the soil were carried out at the chosen locations on the pre-insulated pipeline. In addition, laboratory measurements were conducted on the soil samples from this site in order to determine the soil density, specific heat and thermal diffusivity. For the evaluation of heat loss, transient and steady-state numerical simulations of the soil temperature field were performed. In transient simulations, in addition to the impact of environment temperature, the influence of supply and return temperatures was taken into account. A method for λ_s prediction during pipeline operation is presented. The algorithm is based on a comparison of the measured (Θ_{exp}) and simulated (Θ_{sim}) temperatures in the selected period of time with the same boundary conditions.
	ANG	
Objavljeno v		Pergamon Press; Energy; 2012; Vol. 44; str. 197-210; Impact Factor: 3.651; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.451; A'': 1; A': 1; WoS: DT, ID; Avtorji / Authors: Perpar Matjaž, Rek Zlatko, Bajrić Suvad, Žun Iztok
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	13081371 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Vpliv vstopnih pogojev na prehod mehurčkastega v čepasti tok v mini kanalih.
	ANG	Inlet conditions effect on bubble to slug flow transition in mini-channels
Opis	SLO	Delo se nanaša na vpliv vstopnih pogojev na prehod mehurčkastega v čepasti tok v mini sistemih. Za popis vpliva vstopnih pogojev na krajevno-časovni razvoj tokovnih vzorcev je bila postavljena nova testna sekcija s stekleno mini cevko (D=1,2 mm notranji premer). Zamenljiv del konstrukcije omogoča testiranje vpliva različnih geometrijskih kombinacij mešanja plina in kapljevine pred vstopom v mini cevko. Uporabljen sta bila mešalnik s poroznim slojem in križni mešalnik. Posnetki s hitro tekočim video sistemom so bili opravljeni pri vsaki od 70 kombinacij pretokov plina in kapljevine, kar ustreza povprečni hitrosti plina v razponu od 0,2 m/s do 11 m/s in povprečni hitrosti kapljevine v razponu od 0,25 m/s do 3 m/s. Razloženi so bili mehurčkasti, čepasti in kolobarjasti tokovni vzorec. Na podlagi primerjave tokovnih kartografov ni bilo mogoče opaziti pomembnejših vplivov posameznega mešalnika. Digitalna obdelava hitro tekočih video posnetkov je bila uporabljena za določitev ekvivalentnega premera vsake plinaste strukture. Primerjave porazdelitev ekvivalentnega premera mehurčkov so pokazale močan vpliv vstopnih pogojev na velikost mehurčkov in njihovo porazdelitev vzdolž mini cevke in posledično na prehod med mehurčkastim in čepastim tokom. Numerično orodje Ansys Fluent z metodo VOF je bilo uporabljeno za napovedovanje tokovnih vzorcev v mini cevki z notranjim premerom 1,2 mm. Predstavljen je nov pristop neprekinjenega mešanja, ki omogoča napovedovanje različnih tokovnih vzorcev samo s spreminjanjem pretokov posamezne faze. Na ta način smo napovedali tokovne strukture, ki so primerljive eksperimentalnim opažanjem v primeru obeh mešalnikov. Razmeroma dobro ujemanje je bilo dobljeno tudi pri kvantitativni analizi prehoda med mehurčkastim in čepastim tokom.
		The paper deals with the impact of inlet conditions on bubble to slug flow transition in mini systems. A new experimental test loop with a glass mini-tube (D=1.2 mm ID) has been constructed to assess the effects of inlet conditions on the two-phase flow pattern development in the spatial and temporal domains. The interchangeable inlet part of the test section allowed different geometrical combinations for the mixing of gas and liquid prior to it entering the mini-tube. Porous media mixer and cross-junction mixer were considered. High speed video recordings were taken of 70

		ANG	<p>combinations of flow rates, corresponding to superficial velocities ranging from 0.2 to 11 m/s and 0.25 to 3 m/s for air and water, respectively. The following discernible flow patterns are considered: bubbly, slug and semi-annular flow. No significant differences were found when comparing flow pattern maps for each mixer. Digital image post processing of high speed video recordings was used to estimate the equivalent diameter for every gas structure. A comparison of the distribution of bubbles with equivalent diameter revealed the inlet mixer's strong impact on bubble size and bubble distribution along the mini-tube and thus, the bubble to slug flow transition. The VOF method, implemented in ANSYS Fluent was used as the numerical tool to predict the flow patterns in a mini-tube of 1.2 mm ID. A novel approach to mimic continuous mixing is presented. By changing only the prescribed flow rates, different flow patterns can be simulated. Similar interfacial structures were obtained by numerical simulation and experiment for both mixers. Reasonable quantitative agreement was also achieved when analyzing bubble to slug flow transition.</p>
	Objavljeno v		Pergamon Press; Chemical Engineering Science; 2013; Vol. 102; str. 106-120; Impact Factor: 2.613; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.798; A': 1; WoS: II; Avtorji / Authors: Gregorc Jurij, Žun Iztok
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	12220187	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Mešanje termično razslojene plasti vode pri prostem dvigovanju opletajočega zračnega mehurčka
		ANG	Mixing of thermally stratified water layer by a free rising wobbling air bubble
	Opis	SLO	<p>Namen te študije je bil omogočiti nadaljne razumevanje z mehurčkom povzročene mešanje grete kapljevine. Izvedene so bile temeljne raziskave motnje v razslojeni termični plasti, povzročene s suspendiranjem zračnega mehurčka z ekvivalentnim premerom krogle 6mm v vodo ($E_o=1.2$). Za reprodukcijo gibanja mehurčka kot tudi vleka kapljevine v brazdi smo uporabili digitalni video sistem in termokromatske tekoče kristale. Kot numerično orodje je bila uporabljena tridimenzijska simulacija s sledenjem stične površine. Rezultati so pokazali dolgo območje odprte brazde, ki se formira vzdolž fluktuirajoče poti mehurčka. Amplituda brazde mehurčka je veliko večja od amplitude poti. Poleg vzdolžnega mešanja prečno gibanje vrtincev povzroča močno stransko mešanje. Detajli numerične simulacije so pokazali na brazdo, ki oblikuje verigo vrtničnih obročev v obliki črke omega. Ti "obroči" so med seboj spojeni v območju ob brazdi. V oddaljeni brazdi vzdolž toka koherentni efekti vodijo do bolj kompleksnih vrtničnih vzorcev. Zaradi deformabilnosti površine mehurčka je dezintegracija koherentne verige vrtincev zelo kompleksna in na tej stopnji še nerazjasnjena. Primerjava s temperaturnim odzivom tekočih kristalov je pokazala, da je časovna skala mešanja veliko daljša od zadrževanja dvigajočega mehurčka, približno 8s kot je bilo ugotovljeno z več eksperimentalnimi nizi. Na osnovi prečnega širjenja vnešene hladne vode je bilo ocenjeno, da je z mehurčkom povzročena difuzija okrog 170-krat večja od difuzije gibalne količine. Mešanja kapljevine ni mogoče pravilno modelirati brez upoštevanja strukture brazde, ki je odvisna od velikosti mehurčka.</p>
			The purpose of this research was to provide further insights on bubble-induced agitation of heated bulk liquid. Fundamental studies on the bubble disturbance of a stratified thermal layer were carried out for a 6mm sphere-volume equivalent diameter air bubble suspended in water ($E_o=1.2$). A video digital image system and thermochromic liquid crystals were used to reproduce the bubble movement as well as the wake drift of

		<p>the liquid. A three-dimensional interface tracking simulation was used as a numerical tool. The results have revealed a long open wake region that is formed along the fluctuating bubble path. The amplitude of the bubble wake is much larger than that of the bubble path. In addition to longitudinal mixing, strong lateral mixing is also caused by the movement of vortices in the transverse direction. Details of numerical simulations have revealed a wake that tends to form a chain of Omega shaped vortex rings. These "rings" are connected to each other in the near wake region. The coherent effects further downstream lead to more complex vortex patterns in the far wake. The disintegration of the coherent chain of vortices due to bubble surface deformability is highly complex and not clear at this stage. A comparison with liquid crystal temperature response has revealed that the time scale of the mixing is much longer than the ascending bubble residence, approximately 8s as obtained by several experimental runs. A transverse propagation of entrained cold water has given an estimate of the bubble-induced diffusion to be about 170 times larger than the diffusivity of momentum. The bulk liquid agitation cannot be correctly modeled without taking into account the bubble size dependent wake structure.</p>	
	ANG		
	Objavljeno v	Pergamon Press; Chemical Engineering Science; 2012; Vol. 72, iss. [4]; str. 155-171; Impact Factor: 2.386; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.598; A': 1; WoS: II; Avtorji / Authors: Žun Iztok, Perpar Matjaž, Gregorc Jurij, Hayashi Kosuke, Tomiyama Akio	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	13258779	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razmejitev mini vs. mikro sistemov za tokovni režim dolgega mehurja s pomočjo CFD
		ANG	CFD based mini- vs. micro-system delineation in elongated bubble flow regime
	Opis	SLO	Razmejitev med mini in mikro kanali pri dvofaznem toku je tema številnih raziskovalnih člankov. Med raziskovalci ni konsenza kdaj majhne kanale opredelimo kot mini kanale oz. mikro kanale. V tem prispevku kot razmejitvene kriterije predlagamo uporabo normaliziranega radija nosu mehurja, razmerje med debelino spodnjega in zgornjega kapljevinskega filma ter oblike mehurja pri čepastem toku skozi kanal za adiabatne razmere. Vhodna parametra sta radij nosu mehurja in hitrost vrha nosu kot karakteristični dolžinski in hitrostni skali. Potrebni podatki so bili pridobljeni s 3D numerično simulacijo s programskim paketom ANSYS FLUENT. V duhu dobre prakse CFD je bila narejena raziskava odvisnosti rezultatov od gostote računske mreže in validacija numeričnega modela z objavljenimi eksperimentalnimi podatki. Analiza rezultatov numerične simulacije kaže, da lahko kanale premera $D < 100\mu\text{m}$ opredelimo kot mikro sistem, medtem ko kanali z $D > 400\mu\text{m}$ pripadajo mini sistemom. Območje $200\mu\text{m} < D < 300\mu\text{m}$ predstavlja prehod od mikro skale do mini skale.
		ANG	Delineation of mini and micro scale channels with respect to two-phase flow has been the subject of many research papers. There is no consensus on when the small channel can be characterized as a mini channel or micro channel. The idea proposed by this paper is to use the normalized bubble nose radius, liquid film thickness top over bottom ratio, and bubble shape contour, which are found under normal gravity conditions in slug flow through a horizontal adiabatic channel, as the delineation criteria. The input parameters are bubble nose radius and bubble nose velocity as the characteristic length scale and characteristic velocity scale respectively. 3D numerical simulation with ANSYS FLUENT was used to obtain the necessary data. Following CFD good practice, a mesh independence study and a numerical model validation against published experimental data were both

		conducted. Analysis of the numerical simulation results showed that channels with D 100 um can be characterized as a micro system, while channels with D 400 um belong to mini systems. The region 200 um D 300 um represents a transition from the micro scale to mini scale.
	Objavljeno v	Pergamon; International journal of multiphase flow; 2014; Vol. 59; str. 73-83; Impact Factor: 1.943; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.377; A': 1; WoS: PU; Avtorji / Authors: Rek Zlatko, Žun Iztok
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	12534811 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Poenoteno mehanistično kartografiranje dvofaznih tokovnih vzorcev v mikrokanalih
		<i>ANG</i> Unified mechanistic multiscale mapping of two-phase flow patterns in microchannels
	Opis	<i>SLO</i> Za boljše razumevanje osnovnih dvofaznih pojavov in s tem boljše napovedovanje prehodov med različnimi vzorci stičnih struktur dvofaznega pretoka, je treba posodobiti naš način razmišljanja od enonamenskih vzorčnih kartogramov z omejeno uporabnostjo na splošni pristop, ki temelji na prvih principih, mehanistični analizi in karakterizaciji zapletenih tokov na več skalah hkrati. Medtem ko je ta potreba za velike - makro kanale in cevi običajno obravnavana s kartogrami empirično določenih tokovnih režimov, še nimamo soglasja za dvofazni tok v mikrokanalih in miniaturnih ceveh. Ta študija predstavlja vrsto priporočil za razvoj novega celovitega tipa kartograma tokovnih vzorcev, ki ne zajema samo adiabatnih tokov, tokov z izhlapevanjem in kondenzacijskih tokov v enem samem nesmiselnem tokovnem vzorcu, ampak vključuje tudi informacije o toku na večih skalah in vsebuje metode z vdelanim mehanizmom za osnovne dvofazne pojave namenjene razvijanju enotnih modelov za tlačni gradient, prenos toplote, fazni delež, kritični toplotni tok, itd, vse v usklajeni globalni metodi.
		<i>ANG</i> To better understand the underlying two-phase phenomena and thus better predict transitions between the various two-phase flow patterns, it is necessary to update our way of thinking from one-of-a-kind flow pattern maps of limited applicability to a generalized approach based on first principles, mechanistic analysis and multi-scale characterization and representation of the important features of these complex flows. While in macro-sized channels and pipes this need is typically addressed by the use of empirically validated flow regime maps, there is - as yet - no consensus on two-phase flow regime maps for microchannels and miniature pipes. This study presents a set of recommendations for the development of a new comprehensive type of flow pattern map that not only covers adiabatic, evaporating and condensing flows in one seamless flow pattern identification tool, but also includes multiscale information about the flow itself, and furthermore contains embedded mechanistic methods for the principal two-phase phenomena for use in developing unified models for pressure gradients, heat transfer, void fraction, CHF, etc., all in one coherent global method.
	Objavljeno v	Elsevier; Experimental thermal and fluid science; 2013; Vol. 44; str. 1-22; Impact Factor: 2.080; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; A': 1; WoS: DT, IU, UF; Avtorji / Authors: Thome John R., Bar-Cohen A., Revellin Rémi, Žun Iztok
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

--	--

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	12184091	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Procesna naprava za oblaganje delcev
		ANG	Process device for coating particles
	Opis	SLO	Predmet izuma je procesna naprava za oblaganje delcev, ki sodi v področje kemijske in farmacevtske tehnologije. Predstavlja izboljšanje procesne opreme za oblaganje delcev z razprševanjem od spodaj in deluje na principu fluidizacije trdnih delcev. Izboljšava aparata je bila doseženo z novim oblikovanjem generatorja vrtničnega toka. Poleg tega je bila izvedena izboljšava konvencionalnega Wursterjevega oblagalnika z vgradnjo rež za dodatni vpih zraka v komoro. Glede na konvencionalno Wursterjevo komoro obe konstrukcijski izboljšavi omogočata boljšo uniformnost filmske obloge in robustnost procesa oblaganja.
		ANG	The subject of the invention is a process device for coating particles that falls within the field of chemical and pharmaceutical technology. It represents an improvement on the process equipment for coating particles by bottom spraying and works on the principle of solid particles fluidization. The improvement was achieved with the new swirl flow generator design. Besides, the improvement of the conventional Wurster coater was attained by installing slots for additional air inflow in the chamber. Compared to the conventional Wurster coater, both construction improvements enable better coating film uniformity and coating process robustness.
	Šifra	F.08	Razvoj in izdelava prototipa
	Objavljeno v	United States Patent and Trademark Office - USPTO; 2014; [16] f.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Perpar Matjaž, Savič Stanislav, Gregorka Matija, Dreu Rok, Srčič Stanko, Šibanc Rok, Luštrik Matevž, Žun Iztok	
	Tipologija	2.24 Patent	
2.	COBISS ID	3453553	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ocena parametrov kvalitete oblaganja na osnovi meritev padca tlaka v Wursterjevem razmejitvenem valju
		ANG	Estimating coating quality parameters on the basis of pressure drop measurements in a Wurster draft tube
	Opis	SLO	Članek predstavlja eksperimentano delo v napravi za oblaganje tipa Wurster. Izmerjen je bil padec tlaka v razmejitvenem valju med procesom oblaganja. Namen te študije je bil raziskati možnost uporabe analize tlačnih fluktuacij za oceno parametrov kvalitete oblaganja kot so enakomernost debeline obloge, izkoristek oblaganja in stopnja aglomeracije. S kombinacijo različnih geometrij Wursterjeve komore, pretokov vnešenega zraka in višin razmejitvenega valja je bilo izvedenih 20 eksperimentov oblaganja. Na osnovi analize hitrih Fourierjevih transformacij izmerjenih signalov padca tlaka so bili identificirani štiri tokovni režimi. Karakteristična območja frekvenc so bila: 2–5 Hz (režim A), 13 –16 Hz (režim B), periodika nizkih frekvenc (režim C) in dve izstopajoči karakteristični območji, 2–5 Hz in 13–16 Hz (režim D). Pri posameznem eksperimentu oblaganja sta relativna standardna deviacija (RSD) signala padca tlaka in identificirani tokovni režim zagotavljala dovolj informacij za zanesljivo oceno parametrov kvalitete oblaganja. Fluktuacije padca tlaka se med procesom oblaganja niso bistveno spreminjale, kar zagotavlja sprejemljivo oceno omenjenih parametrov celo na začetku oblaganja.

			<p>thickness uniformity, coating yield and degree of agglomeration. Combining different Wurster chamber geometries, intake airflow rates and draft tube heights, 20 coating experiments were performed. Based on Fast Fourier Transform analysis of raw pressure drop signals, four flow regimes were identified. The characteristic frequency bands were: 2-5 Hz (regime A), 13-16 Hz (regime B), periodicity of low frequencies (regime C) and exhibiting of two characteristic bands, 2-5 Hz and 13-16 Hz (regime D). In a particular coating experiment, the relative standard deviation (RSD) of the pressure drop signal and the identified flow regime provided sufficient information for a reliable estimate of coating quality parameters. Pressure drop fluctuations did not change significantly during the coating process, which provides an acceptable assessment of the aforementioned parameters even at the beginning of coating.</p>
	Šifra	F.08	Razvoj in izdelava prototipa
	Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Powder technology; 2013; Vol. 246; str. 41-50; Impact Factor: 2.269; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.798; A': 1; WoS: II; Avtorji / Authors: Perpar Matjaž, Luštrik Matevž, Dreu Rok, Srčič Stanko, Žun Iztok	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	12216347	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj pečice nove generacije s pomočjo CFD simulacije
		ANG	Application of CFD simulation in the development of a new generation heating oven
	Opis	SLO	V prispevku je prikazana uporaba računalniške dinamike tekočin (CFD) pri razvoju pečice nove generacije v podjetju GORENJE. Prenos toplote v pečici poteka s prevodom, konvekcijo in sevanjem. Pri razvoju nove pečice smo skušali zagotoviti optimalne razmere za vse tri načine ogrevanja. CFD simulacije skupaj z eksperimentom omogočajo znatno skrajšanje časa od idejnega osnutka preko prototipa do končnega izdelka. Numerična simulacija je potekala v več korakih. Rešitev transportnih enačb je omogočala analizo tlačnega, hitrostnega in temperaturnega polja. Sledila je validacija modela, kjer smo preverili ujemanje rezultatov izračuna z meritvami na prototipu. Po validaciji smo iskali optimalno porazdelitev temperature v pečniškem prostoru s spremembo geometrije (oblika grelcev, oblika pokrova ventilatorja) in robnih pogojev (temperatura grelcev, pretok na ventilatorskem sistemu). Po uspešno prestanih standardnih testih je izdelava pečice prešla v serijsko proizvodnjo GORENJA
		ANG	This paper deals with the application of Computational Fluid Dynamics simulation in the development of a new generation cooking appliance in Gorenje concern. As the oven is multifunctional, radiation, conduction, natural and forced convection mechanisms of heat transfer are used. The Discrete Ordinate (DO) model is used for radiation. The density of air is described by incompressible ideal gas equation in a natural convection model. The intention was to create the best possible baking conditions for different heating systems. Several discrete models were created. The influence of geometry change and boundary conditions variations to the velocity and temperature field distribution in the oven cavity was analyzed. The results of numerical simulations are validated with measurements taken from an oven prototype. The agreement was good. After successfully passing the standard tests, the oven came into serial production and was launched on the market.
	Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2012; Vol. 58, no. 2; str. 134-144, SI 24; Impact Factor:	

		0.883;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.171; WoS: IU; Avtorji / Authors: Rek Zlatko, Rudolf Mitja, Žun Iztok
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	13013787 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Računalniška FSI simulacija toka zraka v zgornji dihalni poti človeka
		<i>ANG</i> Computational FSI simulation of the airflow in the human upper airway
	Opis	<i>SLO</i> Sindrom obstruktivne apneje/hipopneje v spanju (OSAS) je motnja dihanja v spanju na razvoj katere vplivajo anatomske karakteristike zgornje dihalne poti ter živčno-mišična aktivnost. S FSI analizo poskušamo pojasniti mehanizem kolapsa oziroma zapore zgornje dihalne poti, kot tudi smrčanja, ki je eden izmed simptomov OSAS. Osredotočimo se na območje velopharynxa, kjer je podajnost zgornje dihalne poti največja. Ugotovimo, da se pri vdihu zaradi povišanega negativnega tlaka v tem območju dihalna pot dodatno zoži, kar pomeni začetek kolapsa. Prav tako se pokažejo vibracije mehkega tkiva, ki so posledica tokovnih karakteristik. Te vibracije lahko povzročijo tudi smrčanje.
		<i>ANG</i> Obstructive sleep apnea/hypopnea syndrome (OSAS) is sleep-related breathing disorder developed as a consequence of the upper airway anatomical characteristics and neuromuscular activity. To clarify upper airway collapsing mechanism and snoring, as one of the OSAS symptoms, FSI analysis is used. We focus on the velopharynx region where the upper airway collapsibility is largest. At the inspiration phase we find out that additional airway narrowing occurs because of the high negative pressure. Also, vibrations of soft tissue appear as a consequence of the flow characteristics. These vibrations may be the main attribute of snoring.
	Šifra	E.01 Domače nagrade
	Objavljeno v	[J. Pirnar]; 2013; XIII, 82 str.; Avtorji / Authors: Pirnar Jernej
	Tipologija	2.11 Diplomsko delo
5.	COBISS ID	12486939 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Numerične in terenske raziskave vplivov vodnega udara na dravskih hidroelektrarnah s kaplanovimi turbinami
		<i>ANG</i> Numerical and in-situ investigations of water hammer effects in Drava river Kaplan turbine hydropower plants
	Opis	<i>SLO</i> Prispevek obravnava kritične pretočne pogoje, ki lahko vzudijo ekstremni vodni udar v hidroelektrarnah s kaplanovimi turbinami. Analiza vodnega udara mora biti izdelana za normalne, hitre in okvarne prehodne obratovalne pogoje. Hidroelektrarne s kaplanovimi turbinami so tradicionalno sistemi z relativno kratkimi vstopnimi in izstopnimi pretočnimi gradniki. Za ta primer lahko uporabimo model togega vodnega udara. V hidroelektrarnah z dolgimi cevovodi uporabimo teorijo elastičnega vodnega udara. Nekatere kaplanove turbine so vgrajene v sisteme z dolgimi odprtimi kanali. V tem primeru moramo podrobno raziskati valovanje proste gladine vode v kanalih. V prispevku primerjamo rezultate izračuna in meritev na obnovljenih sedmih hidroelektrarnah na slovenskem delu reke Drave. Vodni udar v šestih hidroelektrarnah blažimo s kontroliranim zapiranjem in odpiranjem vodilnih in gonilnih lopat. HE Zlatoličje je vgrajeno v dolga vtočna in iztočna kanala. V tem primeru blažimo nedopustno visoke tlake v pretočnem sistemu agregatov in neustaljen tok v odprtih kanalih z izvirnim litostrojskim lopatičnim razbremenilnikom. Primerjamo rezultate izračuna in meritev za normalne prehodne pojave pri obeh načinih blaženja udara. Rezultati izračuna s pomočjo postavljenih modelov in meritev se dobro ujemajo.
		This paper deals with critical flow regimes that may induce unacceptable

	ANG	water hammer in Kaplan turbine hydropower plants. Water hammer analysis should be performed for normal, emergency and catastrophic operating conditions. Hydropower plants with Kaplan turbines are usually comprised of relatively short inlet and outlet conduits. The rigid water hammer theory can be used for this case. For hydropower plants with long penstocks the elastic water hammer should be used. Some Kaplan turbine units are installed in systems with long open channels. In this case, water level oscillations in the channels should be carefully investigated. Computational results are compared with results of measurements in recently rehabilitated seven Drava river hydroelectric power plants in Slovenia. Water hammer in the six power plants is controlled by appropriate adjustment of the wicket gates and runner blades closing/opening manoeuvres. Due to very long inflow and outflow open channels in Zlatoličje HPP a special vaned pressure regulating device attenuates extreme pressures in Kaplan turbine flow-passage system and controls unsteady flow in both open channels. Comparisons of results include normal operating regimes. The agreement between computed and measured results is reasonable.
Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
Objavljeno v	Tsinghua University; 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, August 19-23, 2012, Tsinghua University, Beijing, China; 2012; Str. [1-8]; Avtorji / Authors: Bergant Anton, Gregorc Boštjan, Gale Janez	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

V Lausanni smo skupaj z EPFL in Kobe University v letu 2014 ustanovili Virtualni mednarodni raziskovalni inštitut za dvofazni tok prenos toplote (ViR2AL) z misijo za izboljšanje in spodbujanje mednarodnega sodelovanja med svetovno priznanimi laboratoriji za dvofazni tok in prenos toplote (glej <http://2phaseflow.org/>). Cilji tega inštituta so: souporaba in ohranjanje eksperimentalnih podatkov na dvofaznem toku in prenosu toplote ter souporaba nizov podatkov iz numeričnih simulacij. Prof. Žun, vodja sedanjega in predlaganega programa Tranzientni dvofazni tok ima v ViR2AL položaj podpredsednika

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Raziskovalna dejavnost je bila organizirana v treh udarnih smereh, ki zajemajo nekaj ključnih znanstvenih vprašanj, relevantnih v procesni industriji. Ta so: principi kompleksne dinamike fluidov, fizični problemi povzročeni s tokovi in interakcija fluid-okoliška struktura.

Binarne zmesi, kjer sobivata dve fazi (dve agregatni stanji) imenujemo kompleksni fluidi. Ti kažejo nenavadne mehanske odzive pri obremenitvah oz. napetostih, ki jih povzročata sobivanje faz vsled geometrijskih omejitev. Mehanski odziv vključuje prehode med trdninskim in fluidnim obnašanjem, kot tudi fluktuacije. Mehanske lastnosti se izražajo v karakteristikah kot so visoka stopnja neurejenosti, omejevanje in grupiranje na večih krajevnih skalah. Smatramo, da je bistvo vseh tokov pri kombinaciji fluid-fluid v koncentraciji stične površine in povezavah osnovnih procesov razpada stika in koalescence. To velja še posebej za koalescenco, kjer je pomembna prisotnost stika in potrebujemo informacijo o dejanski distribuciji fazne koncentracije (volumski delež) in o krajevnih skalah. To je osnovni problem vseh tokovnih režimov, ki se uporabljajo kot nadgradnja klasičnih kartogramov tokovnih struktur že več kot tri desetletja z omejenim uspehom. Medtem ko različne praktične situacije do sedaj niso bile upoštevane, smatramo, da je dovolj indikacij za bolj splošen (generičen) in daljnosežnih pristop

[COBISS.SI-ID 12534811]. Ta presoja temelji na naslednjem: (a) razpoložljivosti računalniških virov, vključno z računalniško zmogljivostjo, naprednih algoritmih CFD, zlasti možnosti sledenja faznega stika, (b) digitalne tehnologije so nedavno omogočile prefinjene eksperimentalne in nevsiljive diagnostične tehnike

Naša programska skupina ima ob zaključku tega programskega obdobja originalne rezultate na večfluidnih računalniških simulacijah (Eulerjeve in Lagrangeove, s citati v samem svetovnem vrhu 1% področja, [COBISS.SI-ID 5085723], in zelo obetavne, popolnoma nove, rezultate z osnovnimi napovedmi karakteristik mešanja na vhodu v mini razdelilnik. Uporabljena sta bila mešalnika s poroznim slojem in križni mešalnik. V našem programu smo v obdobju 2009-2014 uspeli razviti numerični algoritem vstopnih pogojev z neprekinjenim pretokom obeh faz, ki proizvajajo strukturne vzorce stičnih površin primerljive z eksperimentalno opaženimi primeri [Chem. Eng. Science, 2013, vol. 102, str. 106-120; COBISS.SI-ID 13081371]. Podobno obetavni začetni rezultati so bili pridobljeni za mešanje toplotno stratificirane vodne plasti z vzgonskim dviganjem močno deformabilnega zračnega mehurčka. [Eng Chem. Eng. Science, 2012, vol. 72, pp. 155-171, COBISS.SI-ID 12220187].

ANG

Research actions were organised in three thrust areas addressing some of the key scientific issues of relevance in the process industry. These are: The principles of complex fluid dynamics, Flow-induced materials problems, and Fluid-structure interaction.

Binary mixtures that have a coexistence between the two phases are regarded as complex fluids. They exhibit unusual mechanical responses to applied stress or strain due to the geometrical constraints that the phase coexistence imposes. Their mechanical properties can be attributed to characteristics such as high disorder, caging, and clustering on multiple length scales. The interfacial area concentrations are considered in our view as the essence of all fluid-fluid flows in connection to the underlying processes of interfacial breakup and coalescence. Especially for coalescence, the proximity of interfaces is important, and thus we need the actual distributions of phase concentrations (volume fractions) and length scales. This is the essence of the notion of Flow Regimes, as extended from the classical pipeline "maps" that are being used for more than three decades with a limited success. While the various practical situations outlined have hitherto been approached largely in isolated, more-or-less ad hoc, approaches, there is sufficient indication and promise that a more generic, far reaching approach is appropriate at this time [COBISS.SI-ID 12534811]. This judgement is based on the following consideration: (a) Availability of computational resources, including computing power, advanced CFD algorithms, especially in interface tracking; (b) Sophisticated experimental and non-intrusive diagnostic techniques made possible recently by digital technologies)

Our program group has now original results on multifluid CFD (Eulerian and Lagrangian with Top 1% citations, see COBISS.SI-ID 5085723), and very promising recent results on fundamentally-based predictions of mixing characteristics at the inlet of a mini manifold. Two mixers were used as a benchmark test: a porous media mixer and cross-junction mixer. In our 2009 to 2014 program, we have succeeded in developing a numerical algorithm of inlet conditions with continuous flow rates of both phases that produce interfacial flow patterns comparable with experimentally observed cases [Chem. Eng. Science, 2013, vol. 102, pp. 106-120; COBISS.SI-ID 13081371]. Similarly promising initial results have been obtained for mixing of thermally stratified water layer by a free rising wobbling air bubble [Chem. Eng. Science, 2012, vol. 72, pp. 155-171, COBISS.SI-ID 12220187].

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Neposreden pomen za podjetja in družbene dejavnosti:
Sistemi z večfaznimi tokovi so odločujoči v večini sektorjev procesne industrije, kot so kemijski, biokemijski, prehrabeni, farmacevtski, v papirništvu in v proizvodnji ogljikovodikov. Vse naštetje so tradicionalno močne industrijske panoge v EU in prispevajo h glavnemu deležu ustvarjenega BP. Na primer, kemijska industrija v Evropi predstavlja eno najbolj mednarodno povezanih, kompetitivnih in uspešnih industrij, ki je priključena na obširno polje procesnih in izdelovalnih tehnologij. Produkti kemijske industrije vseh 28 članic Evropske unije pokrivajo

širok spekter kemijskih produktov in predstavljajo 20% svetovne proizvodnje (po zadnjih statističnih podatkih iz l. 2013 <http://www.cefic.org/Facts-and-Figures/>).

Pomen za razvoj raziskovanja v podhranjenih segmentih:

Podobni trendi obstajajo tudi v farmacevtski in kemijski industriji v Sloveniji. Da bi zagotovili konkurenčnost ali celo tehnološko prednost je Slovenija prisiljena razvijati nove proizvodne metode in inovativne materiale v smislu trajnostnega razvoja. Nobenega dvoma ni, da bo najpomembnejša naloga v prihodnosti miniaturizacija tehnične opreme. Redukcije materiala in energijske porabe, vključujoč redukcijo okoljskega onesnaževanja, so samo nekatere prednosti manjših komponent. Takšen razvoj je možen le na osnovi teoretično in izkustveno močnih analitičnih orodjih, ki nesporno vključujejo tudi napovedovanje lastnosti prehodnih stanj v večfaznih procesih.

Potencialni vplivi oziroma učinki rezultatov:

Raziskovalna skupina je bila dobro vpeta v industrijske aplikacije z direktnimi kontakti (pogodbami) s sledečimi firmami: Rhodia (Solvay), Francija (nestabilnosti stične površine plin-kapljevina), Lek (Sandoz grupa), Slovenija (vsiljeno mešanje plin-kapljevina), Gorenje, Slovenija (varčna poraba energije kuhinjskih aparatov), Energetiko Ljubljana, Slovenija (toplotne izgube v mokrem poroznem sloju, izolacije), Litostroj Power (neustaljeno stensko trenja v hidravličnih cevni sistemih), Univerzitetni klinični center Ljubljana (OSAS), Fakulteta za farmacijo, Univerza v Ljubljani in Brinox (peletizacija).

Primer dobre prakse:

Izvirnost in ustreznost naših raziskav je bila poleg drugih uporabnikov kot n.pr. Gorenja in Energetike Ljubljana, izkazana tudi v načrtovanju sistemov v farmacevtski industriji. Tu sodelujemo s Fakulteto za farmacijo Univerze v Ljubljani na tehnologiji, ki temelji na tehniki fluidizacije za oplaščenje trdnih delcev. Učinkovito oplaščenje delcev s postopkom nanašanja kapljevine je možno le, če delci vstopajo v sotoku s plinom. To omogoča odlaganje kapljic premaza na površino delcev in odstranjevanje topila v fazi uparjanja s pomočjo ogrevanega zraka. Skupaj s podjetjem BRINOX smo uspeli patentirati novo procesno napravo za oplaščenje, ki spada v področje kemijske in farmacevtske tehnologije. [US Patent 8689725 (B2), 2014-04-08, COBISS.SI-ID 12184091].

Primeri efektne diseminacije:

- Predavanja na Fakulteti za strojništvo, Univerza v Ljubljani, druga in tretja stopnja Bolonjskega programa.
- V Lausanni smo skupaj z EPFL in Kobe University pravkar ustanovili Virtualni mednarodni raziskovalni inštitut za dvofazni tok prenos toplote (ViR2AL) z misijo za izboljšanje in spodbujanje mednarodnega sodelovanja med svetovno priznanimi laboratoriji za dvofazni tok in prenos toplote (glej <http://2phaseflow.org/>). Cilji tega inštituta so: souporaba in ohranjanje eksperimentalnih podatkov na dvofaznem toku in prenosu toplote ter souporaba nizov podatkov iz numeričnih simulacij.

ANG

Direct significance for businesses and publicly-provided services:

Multiphase flow systems are crucial in most sectors of the process industry, such as chemical, biochemical, food, pharmaceutical, paper, and hydrocarbon production. All these are traditionally strong industries in the EU and account for a major part of economic turnover. For example, the EU chemical industry is one of the European Union's most international, competitive and successful industries, connected to a wide field of processing and manufacturing activities. The output of the chemical industry, which includes all 28 EU member states covers a wide range of chemical products, supplies virtually all sectors of the economy and provides 20% of the world production (the latest statistics date from 2013, <http://www.cefic.org/Facts-and-Figures/>).

Significance for development of research (sub)segments in short supply:

Similar trends can be shown for pharmaceutical and chemical industry in Slovenia. To ensure the competitiveness or even technological advantage, Slovenia is forced to develop new production methods and innovative materials in a sustainable manner. There is no doubt, that in the future the miniaturization of technical equipment will be the most important task in

engineering science. The reductions of the material and energy consumption, including the reduction in environmental pollution, are only some benefits of smaller components. Such a development is possible only when based on sound theoretical and empirical analytical tools which by no doubt includes also the prediction of transient characteristics of multiphase processes.

Potential impacts and effects of results:

The research group has been well involved in industrial applications, having direct contracts with the following companies: Rhodia (Solvay), France (gas-liquid interface instability), Lek (Sandoz Group), Slovenija (gas-liquid forced mixing), Gorenje, Slovenija (rational energy use in kitchen appliances), Energetiko Ljubljana, Slovenija (heat losses in wet porous insulation), Litostroj Power (unsteady skin friction modelling in hydraulic piping systems), University Medical Center Ljubljana (OSAS), Faculty of Pharmacy, University of Ljubljana and Brinox (peletization).

An example of good practise:

Besides sound applications in Gorenje and Energetika Ljubljana, the originality and relevance of our research has been proven so far also in system design in pharmaceutical industry. We are working here in collaboration with the Faculty of pharmacy, University of Ljubljana, on technology based fluidization technique for solid particle coating purpose. Effective particle coating is possible only if particles entering the coating process are suspended in the upflowing fluidization gas. This enables the droplets of coating liquid to be deposited onto the particle surface and in the evaporate stage the solvent to be removed due to heated fluidization air. We have succeeded in patenting a new process coating device that falls within the field of chemical and pharmaceutical technology. [see US Patent 8689725 (B2), 2014-04-08, COBISS.SI-ID 12184091].

Examples of effective dissemination:

- Lectures at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana, second and third Bologna cycle
- In Lausanne, we have established together with EPFL and Kobe University the Virtual International Research Institute of Two-Phase Flow and Heat Transfer (ViR2AL) with a mission to improve and foster international collaboration between world class two-phase flow and heat transfer laboratories (see <http://2phaseflow.org/>). The goals of the Virtual Institute are to: share and preserve experimental data sets on two-phase flow and heat transfer and to share and preserve numerical two-phase simulation data sets.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	1
bolonjski program - II. stopnja	
univerzitetni (stari) program	13

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
24248	Tine Ogorevc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
32071	Jurij Gregorc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
33	EDVARD HOFLEK	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

- Mag.** - Znanstveni magisterij
Dr. - Doktorat znanosti
MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
32071	Jurij Gregorc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
B - gospodarstvo
C - javna uprava
D - družbene dejavnosti
E - tujina
F - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
3923	Anton Bergant	A - raziskovalec/strokovnjak	72	
31564	Matevž Luštrik	A - raziskovalec/strokovnjak	36	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
B - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
C - študent – doktorand iz tujine
D - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

Eureka projekt COMOS: Nadzor turbine na daljavo (2010-2012), vodilna organizacija Litostroj Power, Anton Bergant sodelavec

EU Leonardo projekt Simulacija hidroelektrarne 2012-1-SI1-LEO05-03954 (2012-2014). Koordinator: Anton Bergant.

Bilateralni raziskovalni projekt BI-ME/12-13-014: Raziskave fizike vodnega udara v eksperimentalni postaji (2012-2013), Nosilec projekta v Sloveniji: Anton Bergant.

Multilateralni raziskovalni projekt HyIII-Delft-5: Neustaljeno stensko trenje v ceveh in vodih (2007-2010), odgovorni nosilec raziskovalne skupine za oscilirajoč tok: Anton Bergant.

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

Pogodba AVL AST

Pogodba BRINOX

Pogodba GORENJE

Pogodba Kompetenčni center SURE

Pogodba Energetika Ljubljana

Pogodba LEK

Pogodba Rhodia (Solvay)

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

F.06 Razvoj novega izdelka

Pečica nove generacije (Simplicity, Gorenje)

Hladilnik s šibkim sreženjem (Gorenje)

F.08 Razvoj in izdelava prototipa

Procesna naprava za oblaganje delcev; patent (Brinox)

F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso

Raziskave vplivov vodnega udara na dravskih hidroelektrarnah s kaplanovimi turbinami (Litostroj Power)

Prispevek programa je razviden pri razvoju energijsko varčnih hladilnih aparatov aparatov družbe GORENJE v okviru kompetenčnega centra SURE

Implementacija pri sanaciji energijskih izgub toplovodnega sistema Ljubljana je specifičirana s pogodbo o sodelovanju z ENERGETIKO Ljubljana [COBISS.SI-ID 13281307]

Z vidika tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi se trenutno izvajajo aktivnosti v okviru analize delovanja fermentorja pri različnih obratovalnih pogojih / modelnih tekočinah tako na industrijski med samo proizvodnjo v Leku kot tudi na modelni mešalni napravi v LFDT, [COBISS.SI-ID 12828443], [COBISS.SI-ID 12889627]

Anton Bergant iz Litostroj Power sodeluje v razvoju sistemov varnega krmiljenja vodnih turbin vseh tipov z vidika prehodnih pojavov [COBISS.SI-ID 13180955], [COBISS.SI-ID 13183003]. Turbina je tehnološko zrela za proizvodnjo, ko so razviti in preizkušeni vsi gradniki. V letu 2013 se je nadaljevalo z nadaljno industrijsko implementacijo novorazvitih vertikalnih cevih turbin [COBISS.SIID 13178139], [COBISS.SI-ID 13184283].

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ⁴⁸	

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Najodmevnejše delo programske skupine LFDT v zadnjih 10 letih še vedno sodi v svetovni vrh 1% najbolj citiranih člankov področja:

REVELLIN, Rémi, DUPONT, Vincent, URSENBACHER, Thierry, THOME, John R., ŽUN, Iztok. Characterization of diabatic two-phase flows in microchannels : flow parameter results for R-134a in a 0.5mm channel. International journal of multiphase flow, ISSN 0301-9322. [Print ed.], 2006, letn. 32, št. 7, str. 755-774. [COBISS.SI-ID 9522203], [JCR, SNIP, WoS do 25. 2. 2014: št. čistih citatov (CI): 73, normirano št. čistih citatov (NC): 71

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Izvirnost in ustreznost naših raziskav je bila doslej izkazana v vrsti aplikacij za industrijo, od razvoj novega izdelka (Gorenje), razvoja in izdelave prototipa (Brinox), do prenosa obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso (Litostroj Power).

Tokrat izpostavljamo izgradnjo vrhunske raziskovalne mreže v svetu na področju dvofaznih tokov, kjer ima raziskovalna skupina LFDT vidno vlogo. V Lausanni smo skupaj z EPFL in Kobe University v l. 2014 ustanovili Virtualni mednarodni raziskovalni inštitut za dvofazni tok prenos toplote (ViR2AL) z misijo za izboljšanje in spodbujanje mednarodnega sodelovanja med svetovno priznanimi laboratoriji za dvofazni tok in prenos toplote (glej priponko oz. <http://2phaseflow.org/>). Cilji tega inštituta so: souporaba in ohranjanje eksperimentalnih podatkov na dvofaznem toku in prenosu toplote ter souporaba nizov podatkov iz numeričnih simulacij. Prof. Žun, vodja programa Tranzientni dvofazni tok ima v ViR2AL položaj podpredsednika.

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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
matične RO (JRO in/ali RO s
koncesijo):*

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
strojništvo

Iztok Žun

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	25.2.2015
-----------	-----------

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/53

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, navedite: "Ni bilo sprememb.". Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

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

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

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa 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 (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne

niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot prilonko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00a

A0-81-E4-3E-12-82-8E-3B-E2-22-CF-17-AF-12-B0-22-BE-5B-20-0E

Priloga 1

cal data sets:

teristics.

er characteristics.

dow

v and

op for members
ms.

S

the flow and heat

ns to offer a

form through

shared and **new**

Sma

Another major ob

development of

pattern map, a **sm**



A Smart Flow Pat

flow pattern map

- Has a **common** facilitate inter-l
- Provides a sing
- **adiabatic, evap**
- Has **embedde**