

Oznaka poročila: ARRS\_ZV\_RPROG\_ZP\_2008/561

## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

<b>Šifra programa</b>	P2-0196	
<b>Naslov programa</b>	Raziskave v energetske, procesnem in okoljskem inženirstvu	
<b>Vodja programa</b>	6428	Leopold Škerget
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	28.050	
<b>Cenovni razred</b>	C	
<b>Trajanje programa</b>	01.2004 - 12.2008	
<b>Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)</b>	795	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
	797	Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

#### 2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa<sup>1</sup>

V okviru raziskovalnega programa smo razvili novo numerično metodo za simuliranje toka viskozne tekočine v treh dimenzijah. Metoda temelji na metodi robnih elementov, tehniki valčne transformacije in na metodi večih polov (fast multipole method). Metoda izkorišča visoko natančnost robnih elementov in zagotavlja časovno in spominsko učinkovitost z uporabo naprednih matematičnih algoritmov. Razvita je bila tudi hibridna aproksimacijska metoda, ki temelji na združeni uporabi Metod končnih elementov in Metode robnih elementov. Metoda je bila uporabljena za razvoj računalniškega programa za numerično simulacijo turbulentnega toka z Metodo velikih vrtljcev in sicer v hitrostno-vrtinčni formulaciji. Algoritmi so bili objavljeni v več člankih v reviji Engineering analysis with Boundary elements. Na tej osnovi je bil razvit tudi nov algoritem sledenja reprezentativnih tekočinskih delcev v Lagrangevem načinu, ki omogoča učinkovito vizualizacijo turbulentnega toka. Algoritem predstavlja osnovo za razvoj numeričnega algoritma sledenja delcev v razpršenem večfaznem toku, in je bil objavljen v reviji Computer methods in applied mechanics and engineering. Pri študiju modeliranja sedimentacije v biološki čistilni napravi so bile izvedene obsežne analize oblike kosmov, velikosti primarnih delcev ter kosmov, poroznosti ter prepustnosti in gostote kosmov. Izpeljane so bile nove korelacije za prepustnost kosmov in njihovo gostoto, ki so bile vključene v računalniško simulacijo dvofaznega toka tekočine pri usedanju kosmov. Eno fazo je predstavljala voda, opredeljena kot zvezna faza, drugo fazo so tvorili kosmi odpadne vode, opredeljeni kot razpršena faza. Numerično modeliranje gibanja kapljevite faze je temeljilo na Euler načinu na osnovi reševanja Navier-Stokesovih enačb, gibanje razpršene faze je bilo modelirano v Lagrange načinu. Primerjavo rezultatov numeričnih simulacij in meritev je dokazala pravilnost in natančnost izpeljanih modelov poroznosti, prepustnosti in gostote kosmov.

Na področju razvoja novih računskih algoritmov v Metodi robnih elementov je bila razvita numerična shema, ki je temeljila na tehniki podobmočij oz. makro elementov za izračun kinetike toka in tehniki segmentacije območja za izračun kinematike toka. Razvita shema je omogočila

natančen izračun tokov v kompleksnih geometrijah, in je bila objavljena v članku v reviji *Computer methods in applied mechanics and engineering*. Na področju modeliranja v okoljski tehniki je bil na osnovi raziskav v hidrodinamiki bioloških čistilnih naprav razvit nov model usedanja poroznih in prepustnih delcev. Izvedena je bila raziskava vplivov dvigovanja in razširjanja prahu v okolici industrijskega odlagališča odpadkov, pri kateri so bili razviti računski modeli transporta različnih frakcij delcev na osnovi Računalniške dinamike tekočin. Na področju procesne tehnike je bila razvita napredna računska metoda določanja čistilne učinkovitosti mokrih pralnikov sušilnih plinov, ki kombinira empirični in računalniški (CFD) pristop pri obravnavi zahtevnih večfaznih razpršenih tokov (voda-trdni delci-prah). Metoda je bila razvita na osnovi reševanja problema ciljnega uporabnika (Tanin d.d.) povečanja učinkovitosti industrijskega pralnika plinov.

Ramšak je leta 2004 doktoriral na področju modeliranja turbulence z dvoenačbenimi turbulentnimi modeli z metodo robnih elementov. Doktorat je dobil nominacijo ECCOMAS kot najboljši doktorat na področju računskih metod v uporabni znanosti in inženirstvu za leto 2004. Tema je ravninska simulacija termičnih turbulentnih tokov s tokovno - vrtnično formulacijo. Iz tega dela sledijo 3 članki pod A1 v obdobju 2004-2008. Delo smo nadaljevali tudi z simulacijo prostorskega toka. V novejšem članku Ramšak et al 2007 smo z razvito metodo izračunali potencialni tok okoli lovskega letala F117.

Na področju nadaljnega razvoja robno-območne integralske metode v smislu njene uporabnosti za reševanje prenosnih pojavov v porozni snovi smo obdelali tri sklope:

1. izpeljali, testirali in objavili smo rezultate vključevanja Forcheimerjevega člena, ki kot dodatek Darcy Brinkmanovi gibalni enačbi popisuje učinke vrtničenja zaradi povečane hitrosti tekočine pri toku skozi porozno snov.
2. izpeljali in testirali smo numerični model za opis konvektivnega toka stisljive tekočine v porozni snovi.
3. izpeljali, testirali in objavili smo rezultate vključevanja enačbe koncentracije v obstoječ numerični model za modeliranje transportnih pojavov v porozni snovi.

Na področju prenosnih pojavov v porozni snovi smo podrobno obdelali pojav naravne konvekcije zaradi dvojne difuzije, kjer se zaradi spremembe v gostoti, ki jo povzročajo razlike v temperaturi in koncentraciji, inducirajo vzgonske sile in povzročijo gibanje tekočine v porah porozne snovi. Numerično smo modelirali ta pojav v vertikalni kotanji, v horizontalnem sloju in v geometriji, kjer imamo opravka z dvema različno propustnima poroznima deloma. Tudi v tem sklopu smo dosegli odlično ujemanje z rezultati, dobljenimi z drugimi aproksimativnimi metodami, kar še utrjuje uporabnost robno območne integralske metode.

Razvili smo samostojni program za reševanje predoločenih sistemov linearnih enačb, ki jih dobimo ob uporabi metode robnih elementov pri diskretizaciji enačb Poissonovega tipa. Sistem enačb tvorimo in rešimo s klici knjižnice PETSc. Za reševanje predoločenega sistema smo uporabili iterativno metodo LSQR (Paige in Saunders). V prvem koraku smo spremljali učinkovitost sestavljanja matrike. V drugem koraku smo spremljali računске čase paralelnega izračuna in izračunali faktor učinkovitosti za različne velikosti računskih gruč.

Na področju numeričnega modeliranja toka nenevtonskih tekočin smo obravnavali:

1. laminarni tokovni režim - Na inštitutu razvit Kvadratni reološki model je bil uporabljen za numerično modeliranje toka nenevtonske tekočine (zmes pepela in vode) v cevnem kolenu z majhnimi polmeri ukrivljenosti. Numerični rezultati so koristili za oceno izgub vsled strižnega trenja, saj empirične korelacije (najdene v literaturi) ne veljajo za takšno obravnavano geometrijo. V letu 2007 smo začeli razvijati še en reološki model (Parabolični model), tokrat primeren za opis psevdoplastičnega viskoznega obnašanja krvi.
2. Turbulentni tokovni režim - Izvedli smo pravilno izpeljavo vodilnih enačb turbulentnega toka posplošenih newtonskih tekočin, ki se, glede na stanje v svetovni literaturi, ujema z izsledki tujih avtorjev. Testni primeri numeričnega modeliranja turbulentnega toka nenevtonskih tekočin (tok v kanalu in v kanalu s stopnico) z uporabo komercialnega numeričnega programa CFX-4.4 izkazujejo dobro kvalitativno ujemanje z eksperimentalnimi izsledki tujih avtorjev.

Na področju numeričnega modeliranja toka nenevtonskih tekočin smo obravnavali tudi laminaren tok pastaste tekočine ob poudarku na razvoju ustreznih reoloških modelov za modeliranje, pri čemer je upoštevano, da so snovske lastnosti obravnavanih snovi lahko tudi časovno odvisne. Obravnavani so generalizirani Newtonski reološki modeli (potenčni zakon, Siskov model, Carreau model), linearen viskoelastičen model (Maxwellov model) in nelinearna viskoelastična modela (spodnje in zgornje konvektivna Maxwellova modela). Izračuni so vršeni s programskim paketom, ki temelji na metodi končnih volumnov ob uporabi metode karakteristik.

V preteklem obdobju so dokončana dela nabave in namestitve osnovne laboratorijske opreme. Osrednji del laboratorijske aktivnosti je bil namenjen preizkušanju in testiranju eksperimentalne naprave za preučevanje bazenskega vrenja. Poleg vrelne posode smo v laboratoriju namestili in testirali oljno kopel za cirkulacijo grelnega olja ter hladilnik oljne kopeli. Vse naprave so povezane v celoto, ki omogoča uravnavanje delovnih parametrov med izvajanjem meritev.

V preteklem obdobju smo opravili zasnovno, konstruiranje, izdelavo ter namestitev eksperimentalne mešalne posode. Konstrukcija posode je prilagojena zahtevam PIV in LDA merilnih tehnik. Osrednji del mešalne naprave vsebuje izmenljivi stekleni posodi z nameščenimi stranskimi pregradami ter komplet različnih tipov mešalnih rotorjev, ki jih je možno namestiti v konzolno vpetje elektromotornega pogona. Z uporabo metode PIV smo opravili meritve tokovnega polja s pomočjo treh različnih tipov rotorjev pri različnih vrtiljajih v različnih ravninah mešalne posode. Rezultate meritev PIV merilne metode smo primerjali z meritvami s pomočjo LDA merilnega sistema in CFD izračuni.

V okviru okoljevarstvenega inženirstva smo bili v preteklem obdobju aktivni pri iskanju in raziskovanju različnih termičnih postopkov z izkoriščanjem toplote pri reševanju predelave in odstranjevanja industrijskih odpadkov in komunalnih odpadkov na regionalnem nivoju. Raziskave so bile izvedene v sklopu dolgoročne sodelave s podjetjem KIV Vransko d.d.. Pri tem smo izvajali praktične in teoretične raziskave na pilotni laboratorijski sežigalnici z uporabo računske dinamike tekočin. Uporaba eksperimentalnih podatkov je omogočila prilagoditev modelov zgorevanja za potrebe simulacije zgorevanja v sekundarni komori pilotne kurilne naprave. Proučevali smo tudi možnosti ločevanja težke in lahke frakcije preostanka odpadkov po ločenem zbiranju odpadkov. Izdelali smo model ravnanja z odpadki iz zdravstvene dejavnosti. Pri čiščenju odpadnih vod smo se ukvarjali predvsem z proučevanjem naprednih oksidacijskih postopkov. Analizirali smo vpliv onesnaženja zraka z emisijo delcev iz prometa.

Znanstveno-raziskovalno delo na področju motorjev z notranjim zgorevanjem se nanaša na eksperimentalne in numerične raziskave možnosti povečanja zmogljivosti motorjev, zmanjšanja porabe goriva in zmanjšanja emisij nezaželenih produktov zgorevanja. Najpomembnejše dosežki, ki so bili tudi uspešno predstavljeni v priznanih mednarodnih revijah:

1. razvoj postopka optimalnega projektiranja sesalnega in izpušnega sistema štiriktaktnega bencinskega motorja in vbrizgalnega sistema dizelskega motorja,
2. numerična analiza dvofaznih tokov znotraj vbrizgalne šobe dizelskega motorja,
3. numerična analiza tvorbe in razpada curka goriva,
4. eksperimentalne in numerične raziskave vplivov uporabe biodizelskega goriva, proizvajalca Pinus, na karakteristike vbrizgavanja, curka goriva in na karakteristike avtobusnega motorja.

Poleg navedenega se znanstveno-raziskovalno delo na področju motorjev z notranjim zgorevanjem nanaša na eksperimentalne in numerične raziskave možnosti povečanja zmogljivosti motorjev, zmanjšanja porabe goriva in zmanjšanja emisij nezaželenih produktov zgorevanja. Najpomembnejše dosežki, ki so bili tudi uspešno predstavljeni v priznanih mednarodnih revijah:

- eksperimentalne in numerične raziskave vplivov uporabe biodizelskega goriva pri nizkih temperaturah, proizvajalca Biogoriva d.o.o, na karakteristike vbrizgavanja (določitev potrebnih modifikacij motorja v cilju zmanjšanja škodljivih emisij in ob sprejemljivi porabi goriva ter ostalih zmogljivostih motorja)
- razvoj postopka optimalnega projektiranja vbrizgalnega sistema dizelskega motorja pri uporabi biodizelskega goriva (lastno razvit simulator in optimizer, uporaba aproksimacijske metode matematičnega programiranja, določitev optimalnih vrednosti konstrukcijskih in krmilnih parametrov vbrizgalnega sistema glede na zelene karakteristike procesa vbrizgavanja in curka goriva).

Raziskovalno delo na področju toplotnih strojev in tehniških meritev je bilo posvečeno raziskavam pojavov in karakteristik delovanja toplotnih strojev in emisijam škodljivih snovi v okolje pri uporabi goriv iz obnovljivih virov. Področje raziskav je bil motor z notranjim zgorevanjem in uporaba različnih bio-goriv (odpadna rastlinska olja, biodizel in D2) S kombinacijo eksperimentalnega in računskega dela smo raziskali vpliv posameznih goriv in njihovih mešanic z D2 na proces zgorevanja in tvorbo škodljivih emisij ter analizirali različne postopke recirkulacije izpušnih plinov in njihov vpliv na znižanje emisij NOx in kvaliteto zgorevanja.

Problematika goriv se je nadeljevala tudi na področju odpadnih rastlinskih olj, ki predstavljajo po eni strani veliko obremenitev za okolje po drugi strani pa imajo velik energetski potencial. Njihovo energijsko izrabo ovira visoka viskoznost teh olj. Zato običajno poteka posredno s

predelavo v biodizel in le redko z neposrednim sežigom. Slednja pot je sicer energijsko učinkovitejša, vendar vprašljiva s stališča okoljskih vplivov. Zato smo analizirali delovne in emisijske karakteristike dizelskega motorja ob uporabi različnih mešanic D2 goriva z odpadnim rastlinskim oljem. Ugotovitve, ki smo jih pridobili na podlagi meritev in analize procesa zgorevanja kažejo, da uporaba mešanic z visoko vsebnostjo odpadnih rastlinskih olj ne vpliva pomembneje na delovne karakteristike motorja, močno pa poveča emisijo CO in HC. Vzrok za to je precej bolj nestabilno zgorevanje heterogene zmesi zraka in goriva, ki ga povzroča slabša atomizacija odpadnega rastlinskega olja. Posebno pozornost je zato pri direktni energijski izrabi odpadnih rastlinskih olj potrebno posvetiti pripravi nizko viskoznih mešanic z D2 gorivom, kar izboljša atomizacijo goriva, intenzivira procese mešanja z zrakom in tvorbe gorljive zmesi, ter stabilizira proces zgorevanja.

Na področju turbinskih strojev je bila izvedena študija kavitacijskih tokovnih razmer. Obravnavane so bile kavitacijske razmere pri obtekanju profila in kavitacijski obratovalni režimi na vstopu v centrifugalni rotor vodne črpalke. V tem okviru je bil razvit izboljšan matematično fizikalni homogeni kavitacijski tokovni model in izvedena verifikacija modela na rezultatih lastnih in dostopnih eksperimentov - meritev. Izsledki raziskave so bili objavljeni v Journal of Hydraulic Research. Izpeljan model je bil uporabljen za analizo vpliva mirujočih vodilnih osno vzporednih lopatic na kavitacijske strukture s poudarkom na tlačnih pulzacijah in integralnih obratovalnih karakteristikah sistema. Izvedena je bila tudi študija vpliva vstopne geometrije črpalnega sistema s poudarkom na numerični analizi vpliva poroznih rotirajočih lopatic na kavitacijske obratovalne karakteristike. Izsledki študije bodo tekom leta 2008 predvidoma objavljeni v reviji International Journal for Numerical Methods for Heat and Fluid Flow. V sodelovanju s podjetjem IBE d.d. je bila za Dravske elektrarne Maribor d.o.o. izvedena numerična analiza tokovnih razmer na pretočnih poljih verige hidroelektrarn na Dravi. Rezultati analize bodo uporabljeni v procesu obnove pretočnih polj na hidroelektrarnah Dravograd, Vuhred, Ožbolt in Mariborski otok.

Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru je v okviru programske skupine v letu 2008 vzpostavila dolgoročno sodelavo s podjetjem Cimos d.d. iz Kopra in Fakulteto za strojništvo univerze v Ljubljani na področju sodelave pri eksperimentalnem in numeričnem določevanju napetostnega, temperaturnega in tokovnega polja v zahtevnih komponentah proizvodov podjetja Cimos. V dosedanem delu smo obravnavali napetostne in temperaturne razmere v izpušnih kolektorjih. Rezultati eksperimentalnega in numeričnega dela potrjujejo primernost računalniške dinamike tekočin za uporabo v avtomobilski industriji.

Vzpostavili smo temelje za dolgoročno sodelovanje s podjetjem Hella Lux Slovenija na področju simuliranja termo hidravličnih razmer v avtomobilskih meglenkah. Simulacija je relativno zahtevna zaradi vezanega prenosa toplote - naravne konvekcije in sevanja, ki prevladuje in povečuje nelinearnost sistema vodilnih enačb. Primerjava numeričnih rezultatov z eksperimentalno dobljenimi rezultati dokazuje pravilnost fizikalnega in numeričnega modeliranja zahtevnega inženirskega problema.

Izbrani dosežki dokazujejo, da je mogoče z močno povezavo teoretičnega, eksperimentalnega in računskega (numeričnega) dela razviti zahtevna inženirska orodja, ki jih lahko uspešno uporabimo v praksi pri razvoju modernih inženirskih rešitev.

### 3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>2</sup>

V splošnem je skupina dosegla zadovoljivo stopnjo realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev, kolikor ni, je to posledica podfinanciranja oziroma financiranja v okrnjenem obsegu. Natančneje, na področju raziskovalnega dela na področju računalniškega modeliranja smo se ukvarjali z razvojem samostojnega programa za reševanje predločenih sistemov linearnih enačb, ki jih dobimo ob uporabi metode robnih elementov pri diskretizaciji enačb Poissonovega tipa. V večfaznih tokovih smo v glavnem izvedli vse zastavljene raziskovalne cilje, zlasti smo razvili nove korelacije za prepustnost kosmov in njihovo gostoto, ki so bile vključene v računalniško simulacijo dvofaznega toka tekočine pri usedanju kosmov. Pričeli smo tudi z aktivnostmi za vezano obravnavo prenosa toplote v trdnini in tekočini z aplikacijo v bio-tehnoloških aplikacijah. Glede modeliranja procesov zgorevanja smo izvedli eksperimentalne in numerične raziskave vplivov uporabe biodizelskega goriva pri nizkih temperaturah, pa tudi razvili postopek optimalnega projektiranja vbrizgalnega sistema dizelskega motorja pri uporabi biodizelskega goriva. Na področju turbinskih strojev smo izvedli numerično optimiranje tokovnih razmer na modelu in prototipu novega turbinskega polja, na področju newtonskih tekočin pa zlasti

obravnavali generalizirane Newtonske reološke modele (potenčni zakon, Siskov model, Carreau model), linearen viskoelastičen model (Maxwellov model) in nelinearna viskoelastična modela (spodnje in zgornje konvektivna Maxwellova modela). S stopnjo realizacije smo lahko zadovoljni.

#### 4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa<sup>3</sup>

Bistvenih odstopanj ni bilo, odstopanja so bila pogojena zlasti zaradi odstopanja med predvidenim in izvedenim financiranjem.

#### 5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine<sup>4</sup>

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Metoda robnih elementov za termične tokove s k-epsilon turbulentnimi modeli
		<i>ANG</i> Boundary element method for thermal flows using k-[epsilon] turbulence models
Opis	<i>SLO</i>	Namen. V prispevku je razvita večobmočna metoda robnih elementov za modeliranje 2D kompleksnih turbulentnih tokov z low Reynolds dvoenačbnimi turbulentnimi modeli. Ugotovitve. Simulacija turbulentnega toka čez stopnico je v izvrstnem ujemanju z rezultati metode končnih volumnov in enakega turbulentnega modela. Mreža z 100.000 elementi je rešena v velikostnem razredu nekaj minut na enem računalniku P4 z 3.0 GHz in 1 GB RAM kar nakazuje na dobro učinkovitost.
	<i>ANG</i>	Purpose. This paper aims to develop a multidomain boundary element method (BEM) for modeling 2D complex turbulent thermal flow using low Reynolds two-equation turbulence models. Findings. The simulation of a turbulent flow over a backward step is in excellent agreement with the finite volume method using the same turbulent model. A grid consisting of over 100,000 elements could be solved in the order of a few minutes using a 3.0 GHz P4 and 1 GB memory indicating good efficiency.
Objavljeno v		International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow Year: 2008 Volume: 18 Issue: 3/4 Page: 514 - 532
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		12301846
2.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv biodizelskega goriva na emisije avtobusnega dizelskega motorja
		<i>ANG</i> Effects of biodiesel on emissions of a bus diesel engine
Opis	<i>SLO</i>	V članku je obravnavan vpliv biodizelskega goriva na karakteristike vbrizgavanja, curka goriva in motorja v cilju zmanjšanja škodljive emisije. Testiran motor je avtobusni dizelski motor z M sistemom vbrizgavanja. Karakteristike procesa vbrizgavanja, curka goriva in motorja, dobljene z biodizlom, so primerjane s karakteristikami, dobljenimi z mineralnim dizelskim gorivom pod različnimi delovnimi pogoji. Obravnavano gorivo je čisti biodizel iz oljne ogrščice. Dobljeni rezultati so uporabljeni za analizo najpomembnejših karakteristik vbrizgavanja, curka in motorja.
	<i>ANG</i>	This paper discusses the influence of biodiesel on the injection, spray, and engine characteristics with the aim to reduce harmful emissions. The considered engine is a bus diesel engine with injection M system. The injection, fuel spray, and engine characteristics, obtained with biodiesel, are compared to those obtained with mineral diesel under various operating regimes. The considered fuel is neat biodiesel from rapeseed oil. The obtained results are used to analyze the most important injection, fuel spray, and engine characteristics.
Objavljeno v		Bioresource Technology, 2008, 99/4, 863-873,
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		11164694
3.	Naslov	<i>SLO</i> Dinamika tekočin viskoznega stisljivega toka
		<i>ANG</i> Viscous compressible fluid dynamics

	Opis	SLO	Razvoj metode robnih elementov MRE za simulacijo toka tekočin se pretežno ukvarja z nestisljivim tokom. Predpostavka nestisljivega toka je dobra za široko paleto inženirskih aplikacij, a da bi dosegli boljšo fizikalno predstavo pojava moramo upoštevati tudi stisljivost tekočine. Cilj prispevka je podati poglobljeno razlago transformacije stisljivih Navier-Stokesovih enačb v hitrostno vrtnični zapis. Dodatno je podana tudi tlačna enačba. V integralni transformaciji je uporabljena parabolično difuzivna osnovna rešitev.
		ANG	The development of boundary element method BEM for computation of fluid flow is predominantly focused on the flow of incompressible fluid. This assumption provides a good approximation for a wide variety of engineering applications, but to achieve a better representation of physical phenomena, a compressible fluid flow must be taken into account. The goal of the contribution is to give an in depth explanation for the transformation of Navier-Stokes equations for compressible fluid into its velocity-vorticity formulation equivalent. In addition, the pressure equation for the velocity-vorticity f
	Objavljeno v		Domain decomposition techniques for boundary elements : application to fluid flow, (Advances in boundary elements, Vol. 21). Southampton: Wit Press, cop. 2007, str. 33-67.
	Tipologija		1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
	COBISS.SI-ID		11420694
4.	Naslov	SLO	Dvo dimenzionalne vrtnično-hitrostne enačbe simulacije velikih vrtincev za rešitev naravne konvekcije različno grete votline z valčno analizo
		ANG	Two-dimensional velocity-vorticity based LES for the solution of natural convection in a differentially heated enclosure by wavelet transform based BE
	Opis	SLO	Znanstveno delo obravnava prvi primer uspešnega razvoja metode robnih elementov za numerično simulacijo turbulentnega toka tekočine na osnovi metode velikih vrtljev (Large eddy simulation - LES). V delu je izpeljana hitrostno-vrtnična formulacija filtriranih Navier-Stokes enačb, ki so osnova LES računskega algoritma. Računski algoritem temelji na inovativni kombinaciji metode robnih elementov, uporabljane za izračun kinematike toka in robnih vrtničnosti, in metode končnih elementov, uporabljane za izračun kinetike toka. Razvit numerični algoritem je primeren tudi za razširitev na področje
		ANG	The scientific work deals with first successful attempt of development of Boundary Element Method for numerical simulation of turbulent fluid flow by means of the Large Eddy Simulation (LES). Velocity-vorticity formulation is developed of the filtered Navier-Stokes equations, presenting the basis for the LES computational algorithm. The computational algorithm is based on an innovative combination of boundary element method, used in computing flow kinematics, and finite element method, used in computing flow kinetics. The derived numerical algorithm can be extended to three-dimensional flows,
	Objavljeno v		Eng. anal. bound. elem.. [Print ed.], August 2006, vol. 30, iss. 8, str. 671-686. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.enganabound.2006.02.008">http://dx.doi.org/10.1016/j.enganabound.2006.02.008</a> .
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		10549782	
5.	Naslov	SLO	Tok nenewtonske tekočine skozi ravninsko simetrično razširitev: dilatantne tekočine
		ANG	Non-Newtonian fluid flow through a plannar symmetric expansion: Shear-thickening fluids
	Opis	SLO	Numerično smo obravnavali tok nestisljive nenewtonske tekočine v kanalu z nenadno simetrično razširitvijo z namenom določitve kritične vrednosti Reynoldsovega števila. Splošno znan Potenčni zakon in na inštitutu razvit Kvadratni model sta bila uporabljena za opis dilatantnega viskozne obnašanja. Numerični rezultati kažejo, da dilatantno viskozno obnašanje tekočine zniža točko prehoda simetričnega tokovnega režime v nesimetrični tokovni režim in da pomakne nastanek tretjega vrtinca k manjšim vrednostim generaliziranega Reynoldsovega števila. Članek je bil največkrat pridobljen z internetne s
			The incompressible non-Newtonian fluid flow through a symmetric sudden expansion has been studied numerically in order to obtain the critical value

	ANG	of Reynolds number. Well known Power law and at the institute developed Quadratic model were employed to describe the shear thickening viscous behaviour. Numerical results show that the shear thickening viscous behaviour of a fluid lowers the threshold of the transition from flow symmetry to its asymmetry and shifts the occurrence of the third vortex towards lower value of generalized Reynolds number. The paper was the most downloaded paper from t
Objavljeno v	Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics 135, 136 148	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	10390294	

## 6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine<sup>5</sup>

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO Mednarodna revija dinamike tekočin
		ANG International journal of dynamics of fluids
Opis	SLO	International Journal of Dynamics of Fluids, katere glavni urednik je red. prof. dr. Leopold Škerget in pomožna urednika red. prof. dr. Matjaž Hriberšek in izr. prof. dr. Jure Marn. Z uredništvom te revije je slovenskim raziskovalcem dana možnost neposrednega sooblikovanja na področju mehanike tekočin in prenosa toplote, ter neposredni dostop do mednarodnih recenzentov. Vidni, čeprav le ozkemu krogu programske skupine, so mehanizmi recenzije ter tiste komparativne prednosti člankov, ki jih v posameznih okoljih posebej cenijo. Poleg priznanja uredniku je tako priložnost urejevati znanstveno rev
	ANG	In 2005 the first issue was published. In years 2006, 2007 and 2008 two issues per year were published. This international Journal titled International Journal of Dynamics of Fluids gives opportunity to Slovenian researchers to be part of scientific process of attracting, reviewing and publishing current state of fluid mechanics and heat transfer world class research. The Editor in Chief is red. prof. dr. Leopold Škerget while red. prof. dr. Matjaž Hriberšek and izr. prof. dr. Jure Marn are Associate Editors. Even though the full process is only accessible to narrow circle of researchers within
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v	Delhi: Research India Publications, 2005-. <a href="http://www.ripublication.com/ijdf.html">http://www.ripublication.com/ijdf.html</a>
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID	9875734
2.	Naslov	SLO ECOMASS nagrada za najboljši doktorat leta 2004 na področju računskih metod v uporabnih znanostih in inženirstvu
		ANG COMASS Ph.D. Award to the best Ph.D. Thesis of 2004 on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering
Opis	SLO	Doktorska naloga z naslovom večobmočna metoda robnih elementov za dvoenačbne turbulentne modele avtorja Matjaža Ramšaka je bila nominirana s strani CEACM kot finalist v izboru za ECOMASS nagrado za najboljši doktorat leta 2004 na področju računskih metod v uporabnih znanostih in inženirstvu. Doktorska naloga obravnava metodo robnih elementov (BEM) za rešitev splošne difuzivno - konvektivne prenosne enačbe z spremenljivo difuzivnostjo. BEM je relativno mlada aproksimativna metoda iz poznih sedemdesetih let. Kmalu se je BEM uveljavila za reševanje laminarnih tokov. Praktično vsi inženirski pro
	ANG	The PhD thesis titled Multidomain boundary element method for two equation turbulence models by Matjaž Ramšak Has been nominated by CEACM as finalist in the selection process to the ECOMASS Ph.D. Award to the best Ph.D. Thesis of 2004 on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering. The doctoral thesis presents a multidomain boundary element method (further 'BEM') for solving a general diffusion convective transport problem using variable diffusivity. The BEM is relatively young approximation method originated from late seventies. Soon BEM becomes a widely accepted for laminar

	Šifra	E.02	Mednarodne nagrade
	Objavljeno v	<a href="http://www.cimne.com/eccomas/html/docs/2004.doc">http://www.cimne.com/eccomas/html/docs/2004.doc</a>	
	Tipologija	3.25	Druga izvedena dela
	COBISS.SI-ID	0	
3.	Naslov	SLO	Alternative Fuels 2008, mednarodna konferenca
		ANG	International conference Alternative fuels 2008
	Opis	SLO	Mednarodna konferenca "Alternative fuels 2008" je potekala od 10-11. januarja 2008 v hotelu Piramida v Mariboru v okviru organizacije Laboratorija za motorje z notranjim zgorevanjem Fakultete za strojništvo. Konference se je udeležilo več kot 60 raziskovalcev in ekspertov iz industrije in raziskovalnih organizacij iz Velike Britanije, Španije, Italije, Bosne in Hercegovine, Srbije in Slovenije. Cilj konference je bil povezati ljudi iz različnih disciplin v cilju promocije modernih tehnologij, s katerimi lahko prispevamo k čistejšemu okolju in zanesljivejšemu razvoju naše družbe. Glavni namen j
		ANG	The international conference "Alternative fuels 2008" was held on January 10-11, 2008 at the hotel Piramida in Maribor under the patronage of the Engine Research Laboratory of the Faculty of Mechanical Engineering. The conference was attended by more then 60 researchers and experts from industry and research institutions from England, Spain, Italy, Bosnia and Herzegovina, Serbia, and Slovenia. The goal of the conference was to bring together people from a variety of disciplines in order to promote modern technology, necessary to support the environment-friendly and sustainable development of o
	Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	<a href="http://fs-server.uni-mb.si/si/conf/MobilisIC/">http://fs-server.uni-mb.si/si/conf/MobilisIC/</a>	
	Tipologija	2.31	Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
COBISS.SI-ID	59971585		
4.	Naslov	SLO	Program celovitega ravnanja z odpadki : za območje: Štajerska
		ANG	Program of integral waste management: for Štajerska territory
	Opis	SLO	Za Štajersko regijo se je izdelal program celovitega ravnanja z odpadki. Program zajema vse faze ločenega zbiranja, logistike, predelavo v centrih za obdelavo in mehanske, biološke ter termične procese, ki so vključeni v zaokrožen, vseobsegajoč in regijsko zaključen sistem ravnanja z odpadki. Za vse snovne tokove in celotno količino odpadkov so predvideni postopki zbiranja, prevozov, obdelave in odstranjevanja
		ANG	For the region of Styria the integrated waste management program was prepared. The program is composed of phases of separate collection, logistics, processing in treatment centers and mechanical, biological and thermal processes that are included in rounded up, integral and regionally concluded waste treatment system. The processes of collection, transportation, treatment and disposal are foreseen for all waste streams and the complete amount of waste.
	Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	Maribor: Fakulteta z strojništvo, 2008. 25 str., ilustr.	
	Tipologija	2.13	Elaborat, predštudija, študija
COBISS.SI-ID	12196630		
5.	Naslov	SLO	Končno poročilo o razvoju sistema za neporušitveno kontrolo tesnjenja spoja uparjalnikov
		ANG	Final report on development of non-destructive system for testing of steam generator joint sealing
	Opis	SLO	V sodelovanju s podjetjem Gorenje Indop smo razvili novo računalniško podprto merilno metodo za neporušitveno kontrolo tesnjenja notranjega spoja hladilniških uparjalnikov v proizvodnji hladilniških komponent podjetja Gorenje Mekom iz Rogatca. Novi kontrolni sistem uspešno zamenjuje postopek testiranja s porušitvijo vzorca in omogoča 100 % kontrolo.



	ANG	A new computer aided measurement system for inward leakage detection of plate evaporator has been developed in colaboration with Gorenje Indop. The system has been integrated into the refrigerator components production line in Gorenje Mekom, Rogatec, and it has sucessfully replaced the old destruction-based control method. 100 % control is, therefore, possible.
Šifra	F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Objavljeno v	Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2004. 33 f., ilustr.	
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
COBISS.SI-ID	9635350	

## 7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine<sup>6</sup>

### 7.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>Z</sup>

SLO

Za razvoj znanosti je ključnega pomena, da je skupina sposobna povezati sodobna inženirska orodja s teoretičnimi problemi. To nam je uspelo zlasti na naslednjih področjih:

(a) prvi primer uspešnega razvoja metode robnih elementov za numerično simulacijo turbulentnega toka tekočine na osnovi metode velikih vrtljev (Large eddy simulation - LES). V delu je izpeljana hitrostno-vrtinčna formulacija filtriranih Navier-Stokes enačb, ki so osnova LES računskega algoritma. Računski algoritem temelji na inovativni kombinaciji metode robnih elementov, uporabljane za izračun kinematike toka in robnih vrtinčnosti, in metode končnih elementov, uporabljene za izračun kinetike toka. Razvit numerični algoritem je primeren tudi za razširitev na področje prostorskega toka, kakor tudi za razširitev na področje večfaznih tokov.

(b) gibanje kosmov v suspenziji, ki je delovna zmes na biološki čistilni napravi, pri čemer je največja pozornost namenjena geometrijskim in sedimentacijskim lastnosti kosmov, ki so ključni parametri pri razvoju numeričnega postopka za simulacijo gibanja kosmov ter analizam oblik kosmov, velikosti primarnih delcev ter kosmov, poroznosti ter prepustnosti kosmov in gostote kosmov.

(c) vpliv biodizelskega goriva na karakteristike vbrizgavanja, curka goriva in motorja v cilju zmanjšanja škodljive emisije s testom na avtobusnem dizelskem motorju z M sistemom vbrizgavanja. Karakteristike procesa vbrizgavanje, curka goriva in motorja, dobljene z biodizlom, so primerjane s karakteristikami, dobljenimi z mineralnim dizelskim gorivom pod različnimi delovnimi pogoji. Obravnavano gorivo je čisti biodizel iz oljne ogrščice. Dobljeni rezultati so uporabljeni za analizo najpomembnejših karakteristik vbrizgavanja, curka in motorja. Rezultati kažejo, da je pri uporabi biodizla možno zmanjšati škodljivo emisijo (NOx, CO, saje in HC) z ustrezno nastavitvijo statičnega kota vbrizga.

(d) reševanje problema naravne konvekcije zaradi dvojne difuzije v porozni snovi z uporabo Robno Območne Integralske Metode. Ohranitvene enačbe so ustrezno transformirane ter rešene z uporabo programskega paketa BEEAS, Boundary Element Engineering Analysing System, ki je ustrezno dopolnjen za reševanje toka tekočine po porozni snovi. Izpeljan numerični algoritem je testiran na primeru naravne konvekcije zaradi dvojne difuzije za številne geometrije ter robne pogoje.

Seveda se je skupina ukvarjala še z drugimi pomembnimi znanstvenimi aspekti, zapisani so le najpomembnejši rezultati

ANG

It is tantamount for success of scientific development that modern tools can be utilized efficiently in order to connect theory with research practice. We claim to have succeeded with the following emphasis:

(a) First example of successful development of boundary element methods for numerical simulation of turbulent flow based on large eddy simulation. In this part the velocity-vorticity formulation of filtered Navier-Stokes equations was carried out (base for LES computational algorithm). The computational algorithm is based around innovative combination of boundary element method used for calculation of flow kinematics and boundary vorticity, and finite element method used for flow kinetics. The developed computational method is also suitable for extension in the area of 3D low as well as extension into multiphase flows.

(b) Movement of flocs in suspensions, as they appear in biological wastewater treatment plants was studied. A special attention in experimental research is given to the geometrical and sedimentation characteristics of solid flocs, key parameters for developing a fast numerical procedure for simulating flocs' movements. An extensive analysis regarding the floc shape, size distribution of primary particles and flocs, porosity of flocs and permeability, and density of flocs is presented.

(c) Study of influence of biodiesel on the injection, spray, and engine characteristics with the aim to reduce harmful emissions. The considered engine is a bus diesel engine with injection M system. The injection, fuel spray, and engine characteristics, obtained with biodiesel, are compared to those obtained with mineral diesel under various operating regimes. The considered fuel is neat biodiesel from rapeseed oil. The obtained results are used to analyze the most important injection, fuel spray, and engine characteristics. The results indicate that, by using biodiesel, harmful emissions (NO<sub>x</sub>, CO, smoke, and HC) can be reduced to some extent by adjusting the injection pump timing properly.

(d) problem of double diffusive natural convection with Boundary Domain Integral Method is considered. The governing equations are properly transformed and solved with use of programme package BEEAS, Boundary Element Engineering Analysing System, where the existing code is completed for the case of porous media. The derived numerical algorithm is tested for the case of double diffusive natural convection for several different geometries and boundary conditions.

Of course other scientific work was as important, the above referenced works were only highlights of the results.

## 7.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>8</sup>

SLO

Razvoj slovenske industrije, znanosti in tudi aplikacij na področju prenosnih pojavov ni vezan izključno na inženirske probleme, pomembna je tudi diseminacija rezultatov. V letu 2005 izšla prva številka, in nato vsako leto po dve številki mednarodne znanstvene revije International Journal of Dynamics of Fluids, katere glavni urednik je red. prof. dr. Leopold Škerget in pomožna urednika red. prof. dr. Matjaž Hriberšek in izr. prof. dr. Jure Marn. Z uredništvom te revije je slovenskim raziskovalcem dana možnost neposrednega sooblikovanja na področju mehanike tekočin in prenosa toplote, ter neposredni dostop do mednarodnih recenzentov. Poleg tega smo organizirali mednarodno konferenco "Alternative fuels 2008" je potekala od 10-11. januarja 2008 v hotelu Piramida v Mariboru. Konferenca se je udeležilo več kot 60 raziskovalcev in ekspertov iz industrije in raziskovalnih organizacij iz Velike Britanije, Španije, Italije, Bosne in Hercegovine, Srbije in Slovenije. Cilj konference je bil povezati ljudi iz različnih disciplin v cilju promocije modernih tehnologij, s katerimi lahko prispevamo k čistejšemu okolju in zanesljivejšemu razvoju naše družbe. Glavni namen je bil vzpodbuditi sodelovanje med raziskovalci in prenos znanja med raziskovalnimi inštitucijami in industrijo. Še več, skupina se v preteklih letih pričela ukvarjati tudi z bio-tehničnimi aplikacijami kot naravna nadgraditev svojih dosedanjih izsledkov.

ANG

The development of Slovenian industry, science as well as application in the area of transfer phenomena is not connected exclusively to the engineering problems, dissemination of the results may be equally important. To that goal the group partook in publication in International Journal of Dynamics of Fluids with prof.dr. Leopold Škerget as Editor-in-Chief and associate editors prof.dr. Matjaž Hriberšek and Associate professor dr. Jure Marn. Having opportunity to edit this Journal Slovenian research gained possibility to shape to some extent research direction in fluid mechanics and heat transfer, and have direct access to accomplished reviewers in the field. In addition, the international conference "Alternative fuels 2008" was held on January 10-11, 2008 at the hotel Piramida in Maribor. The conference was attended by more than 60 researchers and experts from industry and research institutions from England, Spain, Italy, Bosnia and Herzegovina, Serbia, and Slovenia. The goal of the conference was to bring together people from a variety of disciplines in order to promote modern technology, necessary to support the environment-friendly and sustainable development of our society. The main focus was to enhance research collaboration and knowledge transfer between research institutions and industry. Further, the group started to transfer the knowledge into bio-technological field as natural upgrade of scientific and engineering results.

## 8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov<sup>9</sup>

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	11	
- doktorati	12	10
- specializacije	2	

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

<b>Skupaj:</b>	25	10
----------------	----	----

**9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju**

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	6	1	
- gospodarstvo	6	1	2
- javna uprava		8	
- drugo		1	
<b>Skupaj:</b>	12	11	2

**10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju<sup>10</sup>**

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	International Journal of Dynamics of Fluids, ISSN 0973-1787, <a href="http://www.ripublication.com/ijdf">http://www.ripublication.com/ijdf</a>	47/3/47
2.	Strojniški vestnik, cobiss.si-ID 762116, <a href="http://www.fs.uni-lj.si/sv">http://www.fs.uni-lj.si/sv</a> (2004-2007)	24/2/12
3.	POPOV, Viktor (ur.), POWER, Henry (ur.), ŠKERGET, Leopold (ur.). Domain decomposition techniques for boundary elements : application to fluid flow, (Advances in boundary elements, Vol. 21). Southampton: Wit Press, cop. 2007, str. 33-67. [COBISS.SI-ID 11420694]	1/1/1
4.	International Journal of Engineering Modeling, ISSN 1330-1365, <a href="http://www.gradst.hr/engmod/">http://www.gradst.hr/engmod/</a>	1/1
5.	Engineering Analysis with Boundary Elements, ISSN 0955-7997, <a href="http://www.elsevier.com/locate/enganabound">http://www.elsevier.com/locate/enganabound</a>	5/1
6.	Alternative Fuels 2008, University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Maribor, 10.-11. January 2008. Conference proceedings. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, 2008. 1 optični disk (CD-ROM). ISBN 978-961-248-068-4. Sistemske zahteve: Windows XP, IE 6.0. [COBISS.SI-ID 59971585]	27/3/27
7.	Seminar Alternativna goriva v Sloveniji : zbornik prispevkov : Maribor, 24. november 2006. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 1 optični disk (CD-ROM). ISBN 86-435-0812-8. Windows XP, IE 6.0. [COBISS.SI-ID 57771777]	14/3/14
8.	Prednosti uporabe alternativnih goriv v Sloveniji. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. 48 str., graf. prikazi, fotogr. ISBN 86-435-0775-X. [COBISS.SI-ID 56895489]	6/3/6
9.		
10.		

\*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

**11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca**

Sodelovanje v programski skupini	Število

- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	8
<b>Skupaj:</b>	8

**12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju<sup>11</sup>**

<p>TREN/04/FP6EN/S07.37886/513562; MOBILIS-CIVITAS II; Mobility Initiatives for Local Integral and Sustainability.</p> <p>Sodelava na mednarodnem raziskovalnem projektu v okviru iniciative MNT ERA NET z naslovom Vascular Graft Interfaces; šifra projekta 3211-07-000024. (2007-2010)</p> <p>"Influence of non-Newtonian rheological models on blood hemodynamic in vascular system" (World Federation of Scientists National Scholarship, Contract Number: SZF - P.Ternik/WFS - 01/2007)</p> <p>Izr. prof. dr. Jure Marn je predstavnik Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, kot član Evropskega strateškega foruma o raziskovalni infrastrukturi - ESFRI -European Strategy Forum of Research Infrastructures.</p> <p>Sodelovanje v programu HPC Europa skupno z Univerzo v Stuttgartu (2 meseca) in Univerzo v Udinah. (1 mesec). Sodelovanje z Univerzo v Udinah v okviru Alpe-Adria univerzitetne povezave (5 mesecev). Sodelovanje z Wessex Institute of Technology, Southampton, UK (3 mesece).</p> <p>Alexander von Humboldt Foundation: Advanced computational engineering mechanic, Institutional cooperation between University of Erlangen-Nuernberg, Chair of applied mechanics, and University of Maribor, Institute of power, process and environmental engineering, Institute of construction and design.2004-2006.</p>
---

**13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS<sup>12</sup>**

<p>Mednarodni projekti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- AVH Foundation; Friederich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg; BEM for Visco-elastic flow; 2002-2005,</li> <li>- AVH foundation; Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg; Fast BDIM for Transprot Problems,</li> <li>- 397-23/2004/1/18; URSJV, NEK; Sodelovanje v mednarodnih raziskovalnih programih CAMP, CSARP in COOPRA; 2004-2005.</li> </ul> <p>Projekti sklenjeni z ministrstvi in drugimi javnimi zavodi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pog. št. 534-I-0011/2008; Javna agencija RS za energijo; Izdelava podlag za določitev nadomestnih odjemnih značilnosti za odjemalce zemeljskega plina; 2008,</li> <li>- Pog. št. 534-I-0012/2007; Javna agencija RS za energijo; Analiza vpliva dejavnikov na porabo zemeljskega plina karakterističnih odjemalcev; 2008,</li> <li>- 2513-05-397046; MOP-URSJV; Usposabljanje o možnih nezgodah v jedrskih elektrarnah z demonstracijo le-teh na modelu jedrske elektrarne; 2005</li> <li>- 2513-05-397022; MOP-URSJV; Uporabnost programov za računalniško dinamiko tekočin za simulacijo termodinamičnih pojavov v Nuklearni elektrarni Krško; 2005,</li> <li>- 2511-04-700059; MOPE; Študija za izgradnjo incineracijske naprave za medicinske odpadke v Univerzitetnem Kliničnem Centru Srbije (UKCS); 2004,</li> </ul>
---

- 35306-00004; MOM; Analiza možnosti predelave blata iz Centralne čistilne naprave Maribor; 2004,
  - 11/JNMV-2004/S; Mesta občina Celje in Javne naprave d.o.o.; Izdelava študije "Možnosti predelave komunalnih odpadkov v Centru za ravnanje z odpadki Celje iz blata iz Centralne čistilne naprave odpadnih vod Celje"; 2004;
  - 404-10-277-2004-1; MORS; Izdelava študije izvedljivosti "Ravnanje z odpadnimi vodami v SV", 2005.
- Industrijski in drugi projekti:
- 123-03-PVO; TEŠ; Raziskava časovnih in temperaturnih pogojev zgorevanja mesno kostne moke TEŠ; 2004,
  - P-317/2004; Snaga JP d.o.o., Surovina; Študija izvedljivosti projekta "Proizvodnja industrijskega goriva in okolju prijazna energija"; 2004-2005,
  - 05/04-FS; IBJ d.o.o.; Sežig odpadnih olj - Petrol energetika Ravne; 2004;
  - P. št. 40/05 in aneks št. 2 k pogodbi 40/05; Turboinštitut; Razvoj verzibilne črpalke-turbine; 2005-2006;
  - P. št. 131/07-36/ZŽ; Hella Lux Slovenia d.o.o.; Numerično modeliranje termohidravličnih razmer v BMW megljenki; 2007,
  - P-153/2008; Hella Saturnus Slovenija; Razvojno-raziskovalno sodelovanje; 2008,
  - P. št. 5/74-07; Cimos d.d.; Razvojno raziskovalno delo - izpušni kolektorji; 2007,
  - P-IEPOI-07/07; Talum d.d., Kidričevo; Primerjava hladilne moči cevno lamelnega (NO-FROST) in ploščnega (ROLL-BOND) izparilnika za potrebe gospodinjskih hladilnih aparatov znamke BOSCH; 2007,
  - 12/JNMV-12/2005-S; Izdelava projekta "Primerjava variant in tehnologij ravnanja z odpadki v okviru CERO Celje; 2005,
  - WV term d.o.o.; Izvedba meritev emisij; 2006,
  - Pog. št. 06/06; Cinkarna Celje; Numerično modeliranje in simulacija disperzije prahu s površine deponirane sipke titanove sadre, pri izvajanju programa sanacije in rekultivacije mokrih odlagališč sadre Cinkarne Celje, na lokaciji Za Travnikom,
  - Etiks Štore; Meritve emisij dimnih plinov; 2006-2007,
  - Kolign d.o.o., Sp. Idrija; Meritve emisij dimnih plinov; 2006,
  - Pog. št. P-9/IEPOI-1/2008; Surovina d.d.; Izdelava študije "Proizvodnja alternativnega goriva iz ostankov odpadkov"; 2008,
  - Andino Hydropower Engineering; DMS meritve na delu cevovoda; 2004,
  - P-139/2005; Gostol TST d.o.o., Povečanje pretoka abraziva v PEP 300 turbini in s tem povečanje njene maksimalne moči; 2005,
  - P-139/05; Gostol TST d.o.o., Meritve turbin PEP 300; 2007,
  - Gorenje Rogatec; Meritve pretoka v kapilarni cevi; 2007,
  - Hydrovita d.o.o.; Raziskava vpliva ploščice na delovanje motorja; 2004,
  - Pog. št. IEPOI-06/07; Tanin Sevnica d.d.; Postavitev projekta za dvig učinkovitosti pralnika plina na sušilniku NIRO; 2007;
  - Solarni termo sistemi (STS); Analiza polikarbonatnih sončnih kolektorjev; 2006.

**14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)**

<p>Članstvo v združenju ERCOFTAC: European Research Community On Flow Turbulence And Combustion; Avstrijsko-Madžarsko-Slovenski pilotni center; 2005-2008.</p> <p>Sodelovanje z RRCOT-om (RRCOT - Razvojno raziskovalni center okoljskih tehnologij, Bukovžlak 30, 3221 Teharje). V okviru tega sodelovanja nastajajo različne študije, razvojni projekti in dokumentacija, kot jo predvideva Zakon o graditvi objektov.</p> <p>Razvoj inovacijskega okolja slovenske industrije za klimatizacijo, gretje in haljenje; Vzpostavitev mreže laboratorijev KGH. Slovenski grozd za klimatizacijo, gretje in hlajenje. 2004</p> <p>Svetovanje Mestni občini Celje in Mestni občini Maribor na področju ravnanja z odpadki.</p>
--

**15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)<sup>13</sup>**

<b>Naslov</b>	Učbenik: Termodinamika
<b>Opis</b>	Učbenik Termodinamika je namenjen študiju strojništva, tako študentu UNI kot VSŠ programa. Poleg dejstva, da predstavlja sodoben pogled na inženirsko termodinamiko je pomemben tudi zato, ker je v njem zajeta zapuščina lani preminulega drugega avtorja, ki je na Fakulteti in še prej Visoki tehniški šoli predaval in vodil vaje iz termodinamike dolga desetletja.
<b>Objavljeno v</b>	Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2006. XX, 364 str., graf. prikazi. ISBN 86-435-0778-4
<b>COBISS.SI-ID</b>	57040385

**16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)<sup>14</sup>**

<b>Naslov</b>	Uporabne strojniške izkušnje: modeliranje toka krvi
<b>Opis</b>	V obravnavanem prispevku so povzete analize toka krvi in analiza dogajanja v karotidni arteriji. Gre za povezavo med mehaniko tekočin oziroma prenosnimi pojavi ter biološkimi pojavi v človeškem telesu, ki imajo lahko za rezultat nepravilno strjevanje krvi, degradacijo žilnih okolij ter tvorbo strdkov. Z možnostjo računalniških analiz lahko simuliramo dogajanje v žilah v namen preprečitve ter z namenom analize žilnih vsadkov.
<b>Objavljeno v</b>	Delo (Ljubl.), 27. dec. 2007, leto 49, str. 11, ilustr
<b>COBISS.SI-ID</b>	11998998

**17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008**

1.	<b>Naslov predmeta</b>	Mehanika tekočin, Prenos toplote, Procesna tehnika, Motorji z notranjim zgorevanjem, Toplotni stroji, Prenosniki toplote, Eksperimentalne metode v energetskem in procesnem strojništvu, Goriva, Dinamika tekočin večfaznih sistemov, Dinamika stisljive tekočine, Računalniška dinamika tekočin - CFD, Inženirstvo okolja, Prosesi zgorevanja in sežiganja, Ravnanje z odpadki, Matematično modeliranje procesnih in ekoloških sistemov, Klimatizacijska tehnika, Ekološka problematika vozil in motorjev z notranjim zgorevanjem
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Univerzitetni študij - Strojništvo, smer Energetika in procesno strojništvo in Okoljevarstveno inženirstvo

	<b>Naziv univerze/ fakultete</b>	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
2.	<b>Naslov predmeta</b>	Izbrana poglavja iz mehanike tekočin, Sistemska ureditev okolja, Prenos toplote, Prenos snovi, Procesni zgorevanja, Računalniška dinamika tekočin, Okoljsko inženirstvo, Eksperimentalne metode v raziskovalnega dela, Motorji z notranjim zgorevanjem, Modeliranje večfaznih sistemov, Varnost in zanesljivost v procesni tehniki, Radioaktivnost in sevanje v okolju, Matematično modeliranje okoljskih sistemov, Gospodarjenje z odpadki, Varstvo pred hrupom
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Magistrski študij in enovit doktorski študij - Strojništvo, modula Računalniško modeliranje toplotno-tokovnih prenosnih pojavov in Snovna in energijska izraba odpadkov
	<b>Naziv univerze/ fakultete</b>	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
3.	<b>Naslov predmeta</b>	
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	
	<b>Naziv univerze/ fakultete</b>	
4.	<b>Naslov predmeta</b>	
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	
	<b>Naziv univerze/ fakultete</b>	
5.	<b>Naslov predmeta</b>	
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	
	<b>Naziv univerze/ fakultete</b>	
6.	<b>Naslov predmeta</b>	
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	
	<b>Naziv univerze/ fakultete</b>	
7.	<b>Naslov predmeta</b>	
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	
	<b>Naziv univerze/ fakultete</b>	

**18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visoko-šolskega izobraževanja</b>				

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>					
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>					
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	



## Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

### Komentar<sup>15</sup>

--

## 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 5., 6. in 7. 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

### Podpisi:

vodja raziskovalnega programa		zastopniki oz. pooblaščenec osebe raziskovalnih organizacij in/ali koncesionarjev
Leopold Škerget	in/ali	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
		Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo

Kraj in datum:

Maribor,

17.4.2009

### Oznaka poročila: ARRS\_ZV\_RPROG\_ZP\_2008/561

<sup>1</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega programa. Največ 21.000 znakov vključno s presledki (približno tri in pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Največ 3000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti

## Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>4</sup> Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

**PRIMER** (v slovenskem jeziku):

**Naslov:** Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

**Opis:** Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

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

**Tipologija:** 1.01 - Izvirni znanstveni članek

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

<sup>5</sup> Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, 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, 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](#)

<sup>6</sup> Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si> [Nazaj](#)

<sup>7</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>8</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>9</sup> Za raziskovalce, ki niso habilitirani, so pa bili mentorji mladim raziskovalcem, se vpiše ustrezen podatek samo v stolpec MR [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Vpisuje se uredništvo revije, monografije ali zbornika v skladu s Pravilnikom o kazalcih in merilih znanstvene in strokovne uspešnosti (Uradni list RS, št. 39/2006,106/2006 in 39/2007), kar sodi tako kot mentorstvo pod sekundarno avtorstvo, in delo (na zlasti nacionalno pomembnim korpusu ali zbirki) v skladu z 3. in 9. členom istega pravilnika. Največ 1000 znakov (ime) oziroma 150 znakov (število) vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Navedite oziroma naštejite konkretne projekte. Največ 12.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Navedite konkretne projekte, kot na primer: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine ipd. in ne sodijo v okvir financiranja pogodb ARRS. Največ 9.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>13</sup> Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine strokovnega prispevka v slovenskem jeziku, ki se nanaša na povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki) ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

<sup>14</sup> Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine, povezano s popularizacijo znanosti (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki), ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

<sup>15</sup> Komentar se nanaša na 18. točko in ni obvezen. Največ 3.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-ZV-RPROG-ZP/2008 v1.00a