

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/196



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4270
Naslov projekta	Razvoj računalniško podprte vizualizacijske metode za diagnostiko hitrostnih polj na področju hidrodinamskih sistemov
Vodja projekta	9286 Brane Širok
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8065
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	101 Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko 263 TURBOINŠTITUT Inštitut za turbinske stroje d.d. 792 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.05 Mehanika 2.05.05 Mehanika fluidov
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Naraščajoča težnja EU in s tem tudi Slovenije po povečevanju deleža obnovljivih ter okolju prijaznejših virov energije spodbuja intenzivnejšo hidroenergetsko izrabo vodnih virov ter posledično gradnjo novih hidroenergetskih objektov. Takšni posegi pogosto pomenijo spremenjene pogoje tako za vodotok kot tudi njegovo okolico, ki ju je potrebno ustrezno zavarovati oz. predvideti ustrezne ukrepe za zmanjševanje neugodnih posledic še posebej v

primerih visokovodnih pretokov. Za zavarovanje objektov in okolice vodotokov se uporabljajo posebni hidrodinamični sistemi kot so zapornice, razbremenilniki, preliv ipd., ki v primeru visokih voda skrbijo, da se del visokovodnih pretokov ustrezno odvede in prepreči poplave z negativnimi posledicami za okolje, objekte in ljudi. Spričo vse pogostejših nenadzorovanih poplav na območju Evrope in Slovenije v zadnjih letih narašča potreba po učinkovitem odvajanju vode na za to ustreznih mestih, katere bistven del predstavlja optimizacija hidrodinamskih sistemov, ki omogočajo ustrezno razbremenitev naraslih vodotokov. Pri optimizaciji in snovanju primernih hidrodinamskih sistemov pa je nujno poznavanje kinematičnih razmer v teh sistemih, gor- in dolvodno od teh sistemov ter na območju poplavnih ravnin, kamor se presežni vodni tok odvaja. Izdelali smo brezdotično metodo merjenja hitrostnega polja s pomočjo računalniško podprte vizualizacije na hidrodinamskih sistemih površinskih vodotokov oz. tokov s prosto gladino z namenom določitve relacij med vplivnimi parametri, ki so potrebni za optimizacijo teh sistemov. Eksperimentalna metoda temelji na fizikalnih relacijah in ne na principu časovne in krajeve korelacije. V vodnem toku je spremljana koncentracija pasivnega polutanta. Koncentracija pasivnega polutanta v toku je na izbranih merilnih mestih določena s pomočjo jakosti sivine na slikah toka. Za določitev krajevnih in časovnih sprememb koncentracije pasivnega polutanta so uporabljene moderne matematično-računalniške geometrijske strukture in numerične metode. Metoda je bila uporabljena na meritvah na modelnih hidrodinamskih sistemih – razbremenilnikih. Rezultati modelnih meritev so zakoni oz. fenomenološke relacije, ki medsebojno povezujejo vplivne parametre in učinkovitost hidrodinamskega sistema. Pri tem so uporabljeni podobnostni zakoni, preučen je tudi vpliv različnih skal. Dobljene fenomenološke relacije na modelnih izvedbah so lahko neposredno uporabljene pri napovedih poplavnih stanj v naravnem okolju. Vzporedno so potekale numerične simulacije toka s prosto gladino na enakem modelnem sistemu s pomočjo komercialne numerične kode. Vizualizacijska metoda je izrednega pomena pri verifikaciji obstoječih komercialnih numeričnih modelov tokovnih polj na različnih krajevnih in časovnih skalah.

ANG

Increasing demand of EU and therefore of Slovenia to raise the portion of renewable- and environmental friendly energy sources stimulates more intensive hydroenergy usage from water sources and consequential construction of new hydropower objects. Such activities often change the conditions for water flow and its surroundings, which should be properly protected or some suitable measures should be undertaken in order to mitigate the adverse consequences particularly in the case of high-water flows. Special hydrodynamic systems are used for protection of objects and river surroundings. These systems such as side weirs, barriers, etc. cater for the appropriate discharge of high flows from rivers in order to prevent inundations, which can have negative consequences on the environment, objects and humans. In the presence of more and more frequent uncontrolled floods and inundations in Slovenia and EU in recent years, there is an increasing need for efficient water discharge at appropriate places along rivers. The fundamental part of this need is presented in optimization of hydrodynamic systems, which enable suitable discharge of superfluous water in the case when river level rises too high. Optimization and design of suitable hydrodynamic systems requires the knowledge of kinematic properties of the flow in the system, up- and downstream of the system as well as in the area of inundation plains, where the superfluous water is discharged.

We developed a contactless, computer-aided visualization based method for measurements of velocity field in hydrodynamic systems of surface flows in order to determine relations between influential parameters, which are needed for optimization of such systems. The method is based on physical relations rather than on time- and spatial correlations. Concentration of passive pollutant is monitored in the water flow. Changes of pollutant concentration are determined by the use of modern mathematical-computational geometric structures and numerical methods. The proposed method was applied on model hydrodynamic systems. Results of model measurements are physical laws or phenomenological relations, which interconnect the influential parameters of the hydrodynamic system and its efficiency. The resulting phenomenological relations on experimental model systems can be used to predict inundation processes in natural environment. Numerical simulations of free-surface flows were carried out simultaneously for the same model systems using the commercial numerical code. Visualization method is of great importance for verification of extant commercial numerical models of flow fields on different spatial- and time scales.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Cilj projekta je razviti brezdotično metodo za merjenje hitrostnega polja v hidrodinamskih sistemih, ki bo omogočala opazovanje kinematskih razmer v toku tako v kvalitativnem kot tudi v kvantitativnem smislu. Kvantifikacija toka v območju hidrodinamskega sistema je izvedena z uporabo računalniško podprte vizualizacijske metode za diagnostiko časovno variabilnih topoloških struktur polutanta v opazovanem vodnem toku. Ta temelji na hipotezi, da je nivo sivine digitalizirane slike v izbranem oknu v danem trenutku proporcionalen koncentraciji polutanta, ki se nahaja v opazovanem oknu.

Metoda je osnovana na predpostavki, da je kinematika polutanta zajeta v adveksijsko-difuzijskem

zakonu, ki povezuje konvektivne in difuzivne mehanizme transporta injicirane snovi (polutanta) v osnovni vodni tok. Pri tem je polutant lahko v zvezni obliki (dim, barvilo) ali diskretni obliki (delci, kapljice). Z uvajanjem časovno variabilne matrike, ki popisuje topološko strukturo skalarnega polja koncentracije polutanta, v nelinearno advekcijsko-difuzijsko parcialno diferencialno enačbo drugega reda se matematični zapis advekcijske enačbe zreducira v enostavnejšo parcialno enačbo, ki je numerično rešljiva. Rešitev enačbe je dvorazsežno hitrostno polje, s čimer se izvede prehod od polja koncentracij k polju hitrosti v toku.

Eksperimentalno delo je potekalo na fizičnih modelih ostrorobih bočnih prelivov z ali brez premičnih zapornic za uravnavanje pretoka preko preliva. Neposredni namen takšnih raziskav je v podajanju pomembnih informacij za ustrezno obratovanje zapornic na terenu in za ustrezno dimenzioniranje visokovodnih razbremenilnikov. V prostorih FGG sta bila v ta namen na steklenem kanalu širine 200 mm in nastavljivega naklona izdelana modela bočnega preliva z in brez zaklopne zapornice. Modela sta bila izdelana tako, da je mogoče odsekoma spreminjati dolžino in višino prelivne krone in hkrati dolžino zapornice. Odprtje zapornice je mogoče zvezno nastavljanje. Voda, ki se preliva preko bočnega preliva in zapornice, je speljana v stranski kanal. Na začetku glavnega kanala (gorvodni rob) je za robni pogoj definiran vhodni pretok, na dolvodnem robu glavnega kanala pa je gladina vode regulirana z različnimi višinami dodatnega jezua. Gladinske razmere ob bočnem prelivu (npr. prelivna višina) so tako odvisne od vhodnega pretoka in višine jezua na dolvodnem robu glavnega kanala, podobno kot so na terenu te razmere odvisne od visokovodnega vala in zaježitve zaradi hidroelektrarn. Stranski kanal v tem primeru predstavlja inundacijo, na katero se odvaja odvečna voda iz akumulacije. Sama vizualizacija toka je potekala s pomočjo elektrolize vode preko vira enosmerne napetosti, kjer so pasivno sledilo predstavljeni vodikovi mehurčki velikosti 0,1-0,15 mm. Vizualizacija ni potekala na celotnem pretočnem prerezu hkrati, pač pa v posameznih prereznih ravninah, ki so bile osvetljene s pomočjo halogenskih izvorov svetlobe z gibljivimi optičnimi vlakni. To je omogočilo sipanje svetlobe z vodikovih mehurčkov in njeno zaznavanje na poljubnih izbranih mestih na prereznih ravninah v toku. Pri tem je bila posebna pozornost posvečena zmanjševanju vpliva odsevnosti in nagubanosti vodne gladine, ki kvarno vplivajo na rezultat optične metode. Pri menjavi integralnih parametrov toka in preliva z zapornico so bile izvedene tudi meritve hitrosti posebnih plavačev velikosti do 10 mm, katerih namen je bil opazovanje trajektorij ter zagotovitev kalibracijskih vrednosti za verifikacijo računskega modela. Posnetki toka so bili zajemani s pomočjo hitre kamere pri frekvenci 300-1200 Hz. Poleg tega je bil uporabljen tudi model izseka krožnega usedalnika z zveznim delovanjem s premerom 1780 mm, izdelan iz pleksi stekla, ki je predstavljal modelni hidrodinamski sistem za čiščenje odpadnih voda. Tu se je s pomočjo vizualizacije spremljal tok v usedalni komori v odvisnosti od integralnih parametrov suspenzije (pretok, koncentracija) in velikosti delcev. Na osnovi teh meritev je bila določena meja med dvo- in troplastnim tokom, ki bistveno vpliva na izkoristek v usedalnikih.

Računski model metode za kvantifikacijo hitrostnih polj je bil izdelan na računski programski platformi OpenCL v programskem jeziku C++, izvajala pa se tudi paralelna implementacija na grafičnih procesorskih GPU enotah, kar je bistveno prispevalo k pohitritvi modela oz. zmanjšanju računskega časa. Komunikacijo med modelom in uporabnikom predstavlja vmesniško okno, preko katerega se nastavljajo želeni parametri (velikost opazovanega območja, gostota računske mreže v izbranem območju, dolžina sekvence slik, ipd.) ter izpisujejo in shranjujejo rezultati. Model oz. vizualizacijska metoda je bila v obstoječi obliki preizkušena s pomočjo dobljenih eksperimentalnih rezultatov. Primerjava je pokazala relativno merilno negotovost metode v mejah do 5%. Poleg tega so bile izvedene vzporedne meritve sintetičnih optičnih tokov, kar je omogočilo verifikacijo računskega modela vizualizacije na osnovi ne le fizičnega, pač pa tudi numeričnega eksperimenta. Model je bil nadalje razvit za kvantifikacijo tudi drugih veličin, ki se ne nanašajo le na hitrostno polje, pač pa tudi na skalarna polja (koncentracije, tlaki). S tem se je računski model razširil tudi na kvantificiranje drugih visokofrekvenčnih pojavov v tekočinah, kot je npr. kavitacija. Pri tem so se numerične postavke v samem algoritmu opirale na izkušnje, dobljene pri kvantifikaciji hitrostnega polja, sama metoda pa je fizikalno temeljila na modificirani Rayleigh-Plessetovi oz. Breznovi enačbi, ki povezuje tlačno polje s površino kavitacijskega oblaka. Prav tako je bila vzpostavljena platforma v medmrežju (admflo.net), ki vsebuje osnovno verzijo metode skupaj z navodili za uporabo ter nekaterimi virtualnimi posnetki za testiranje metode ter rezultati realnih meritev z vizualizacijsko metodo. Platforma je v testnem režimu in bo služila nadaljnjem razvoju metode tudi po končanju tega projekta.

Na osnovi opravljenih meritev (eksperimentov) na fizičnih modelih je bilo izvedeno eksperimentalno modeliranje medsebojnega vpliva pglavitnih parametrov, ki nastopajo pri hidrodinamskih sistemih. Kot primer slednjih so bili izbrani že navedeni sistemi, in sicer bočni preliv, zaklopne zapornice na prelivu, ki v praksi služijo za varovanje pred poplavnimi valovi in ustrezno speljevanje dela toka vodotokov na retenzijske površine za preprečevanje poplav na poseljenih območjih, ter kontinuirni usedalnik. Pri prvih dveh sistemih je bila pozornost usmerjena predvsem v določevanje pretočnega oz. iztočnega koeficienta C_d navedenih sistemov glede na tokovne razmere, zajezbo, višino gladin, obliko preliva ter odprtje zapornic. Koeficient C_d predstavlja pretočno zmogljivost omenjenih sistemov, kar je glede na uporabo tudi eden izmed najpomembnejših podatkov o njihovi zmogljivosti. Pri tem so bile uporabljene metode brezdimenzijske in multiregresijske analize, s pomočjo katerih je bil izdelan fenomenološki potenčni model odvisnosti koeficienta C_d od navedenih parametrov. Dobljeni modeli za C_d so bili verificirani z visoko stopnjo ujemanja z merjenimi rezultati. Zaradi širokega nabora različnih obratovalnih in konstrukcijskih parametrov (veliko število meritev), je posamezni model uporaben

za široko paleto različnih prelivov in zapornic, ki so si geometrijsko, kinematično in dinamično podobni. Podobno je bilo ocenjena in modelirana učinkovitost usedalnika v odvisnosti od tokovnega polja v njem. Pri tem je bil opažen in sistematično popisano močan vpliv densimetričnega Froudovega števila na tokovno polje.

Numerično modeliranje hidrodinamskih sistemov se je začelo z numeričnim testiranjem mrež ter preverbo neodvisnosti rezultatov na območjih v toku, ki so numerično kritičnejši oz. manj ugodni. Definirale so se različne interpolacijske metode, ki so potrebne za prenos vrednosti spremenljivk na robove ploskev končnih volumnov. Za simuliranje toka s prosto gladino je bila uporabljena t.i. VOF metoda (Volume of fluid) s katero je možno zajeti obe fazi, t.j. vodo in zrak. Na osnovi dobljenih rezultatov fizičnih modelov se preverjajo ustrezni modeli turbulence v programskih paketih Ansys CFX in NUMECA z RAS (Reynolds Averaged simulation) in LES (Large eddy simulation) pristopom kot tudi hibridne LES-RAS modele. Poleg natančnosti rezultatov je bil upoštevan tudi računski čas, potreben za posamezno simulacijo. Prav tako so bile analizirane različne metode reševanja diskretiziranega linearnega sistema enačb, ki so služili izboru najustrežnejših modelov turbulence, t.j. tistih, ki dajejo najverodostojnejše rezultate v primerjavi s fizičnim modelom. Pri tem je bil poseben poudarek namenjen numeričnemu modeliranju vtočnih razmer, kjer se pojavljajo vrtinci s kvarnim vplivom na obratovanje hidrodinamskih objektov oz. naprav. Na osnovi modelnih meritev v sklopu projekta so bili preizkušeni in verificirani številni numerični turbulentni modeli za napoved takšnih tokovnih struktur in posledično optimiranje takšnih sistemov.

Diseminacija je potekala od samega začetka izvajanja projekta. Poleg številnih izvedenih objav v recenziranih tujih in domačih revijah, prispevkih na konferencah, doktoratih in patentni prijavi je bistven doprinos diseminacije predvsem v tem, da se zanimanje za metodo oz. cilje projekta širi z obravnavanih hidrodinamičnih sistemov tudi na druga področja, in sicer na področje gospodinjskih sušilnikov in kondenzatorjev, na proizvodnjo kamene volne ter kavitacijo.

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

Z dokončanjem predvidenega dela na metodi za kvantifikacijo hitrostnih polj s pomočjo računalniško podprte vizualizacije, izdelavo ustrezne programske opreme in uporabniškega vmesnika ter vzpostavitev medmrežne platforme je bil poglavitni cilj projekta uspešno zaključen. Na osnovi pridobljenih izkušenj, ki jih je pri uporabi robustnih algoritmov in numeričnih relacij projektna skupina dobila, je skupini uspela tudi razširitev modela za kvantifikacijo drugih (skalarnih) veličin toka, kot je tlak. Osnovno napovedovanje tlaka je tudi že vključeno v podobne okvire kot meritve hitrosti s pripadajočim uporabniškim vmesnikom.

Projektna skupina je uspela popisati tudi ključne parametre, ki vplivajo na zmogljivost in učinkovitost bočnih prelivov, prelivov z zapornicami in usedalnikov s kontinuirnim delovanjem, s pomočjo izdelanih fenomenoloških modelov. Dobljeni modeli so že primerni za neposredno uporabo v praksi.

Poleg navedenega je na področju numeričnih simulacij projektna skupina uspela priveriti rezultate izbranih numeričnih modelov praktično na raven eksperimentalnih. Poleg tega se je pokazalo, da se s pravilno izbranimi numeričnimi modeli lahko napovedujejo tudi druge tokovne veličine v hidrodinamskih sistemih, kot je tlak. Dodatno je uspela na osnovi dobljenih relacij skrajšati računski čas, potreben za uspešno simuliranje posameznega problema.

V skladu z osnovnim načrtom projekta je projektna skupina ves čas svojega dela na projektu (in tudi kasneje) rezultate svojega dela objavljala v obliki različnih domačih in mednarodnih prispevkov. Rezultati diseminacije projektne skupine so tako 10 že objavljenih člankov v recenziranih revijah (trenutno še dodatna 2 v recenziji), 5 prispevkov na konferencah, 3 končani doktorati (trenutno še eden do konca leta 2015) ter ena patentna prijava. Poleg tega je projektna skupina s pomočjo ustanovljene platforme v medmrežju omogočila predstavitev rezultatov projekta in potencialno nadaljevanje aktivnosti širši množici, ki presega nacionalne okvire.

Glede na rezultate projekta v letih 2011-2014 projektna skupina ugotavlja, da je bila realizacija projekta v skladu z zastavljenim delovnim načrtom dosežena v celoti.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Sprememb programa raziskovalnega projekta ni bilo.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

	Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	12106523	Vir: COBISS.SI
		Učinkovitost usedanja v dveh zvezno delujočih usedalnikih okroglega	

	Naslov		SLO	prereza z različnimi vstopnimi in izstopnimi izvedbami	
			ANG	Sedimentation efficiency of two continuously operating circular settling tanks with different inlet- and outlet arrangements	
	Opis	SLO	Članek predstavlja eksperimentalno študijo tokovnih struktur in hitrostnega polja toka suspenzije v dveh različnih vrstah krožnega usedalnika s kontinuitrnim obratovanjem. Usedalnika sta se razlikovala v postavitvi vstopnega in izstopnega dela. Raziskava je bila usmerjena v vpliv hitrostnega polja na učinkovitost usedanja obeh usedalnikov. Eksperiment je bil izveden na izsekih usedalnikov, ki sta bila izdelana iz pleksi stekla. Kinematične značilnosti toka so bile določene s pomočjo računalniško podprte vizualizacije z namenom analizirati celotno trenutno hitrostno polje naenkrat. Učinkovitost usedanja je bila določena s pomočjo meritev vstopne in izstopne koncentracije suspenzije. V obeh usedalnikih se je pojavil močan pridneni tok, ki pa je pri določenih pogojih izboljšal učinkovitost usedanja. V toku so bile med obratovanjem opazne kvalitativne spremembe, ki so bile značilno odvisne od povprečne gostote suspenzije v notranji komori usedalnika. Nekatere značilnosti toka so bile rekonstruirane tudi iz prostorske porazdelitve usedenega materiala. Sredinsko polnjen usedalnik z obodnim iztokom se je v splošnem pokazal kot učinkovitejši, kar je verjetno posledica premajhne iztočne pregrade pri usedalniku z obodnim polnjenjem.		
			ANG	The paper presents an experimental study of suspension flow patterns and velocity field inside two types of circular settling tanks with continuous operation. The two tanks differ in inlet- and outlet configurations. Research was focused on the influence of flow field on the sedimentation efficiency of both settling tanks. Experiment was carried out on a settling tank sections made of plexi-glass that represented radial slices of prototype circular settling tanks. Kinematic flow properties inside settling tank sections were determined by computer-aided visualization in order to analyse the whole instantaneous flow field at once. Sedimentation efficiency was assessed by measurements of inlet- and effluent suspension concentrations. Pronounced density current evolved in both tanks, which under certain conditions enhanced sedimentation. Flow field showed qualitative changes during operation and proved to be significantly dependent on average suspension density in the inner chamber of the settling tank. Some important properties of the flow field could also be reconstructed from the spatial distribution of the remaining sludge. Centrally fed settling tank with peripheral effluent generally performed better in terms of sedimentation efficiency mainly due to insufficient height of the effluent baffle in the peripherally fed settling tank.	
	Objavljeno v		Elsevier Science; The chemical engineering journal; 2011; Vol. 178; str. 217-224; Impact Factor: 3.461;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; A': 1; WoS: IH, II; Avtorji / Authors: Bajcar Tom, Steinman Franci, Širok Brane, Prešeren Tanja		
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek		
	2.	COBISS ID		12227611	Vir: COBISS.SI
		Naslov		SLO	Študija hitrostnega polja s pomočjo vizualizacije na modelnem bočnem prelivu
				ANG	Study of velocity field at model sideweir using visualization method
		Opis	SLO	Vizualizacijska metoda je bila uporabljena za natančno neintruzivno merjenje hitrostnih polj tekočine na fizičnem modelu pravokotnega ostrorobega bočnega preliva v območju podkritičnega toka. Eksperimentalno dobljeni rezultati hitrostnih komponent v različnih vzporednih vodoravnih merilnih ravninah preko celotne širine kanala potrjujejo, da tokovne razmere na bočnem prelivu niso enoznačne oz.	

			uniformne. Koeficienti neuniformnosti hitrostne porazdelitve so dosegali vrednosti med 1 in 1,1. Predstavljena študija se osredotoča na razmerja med vzdolžnimi komponentami hitrosti preko preliva ter ustreznimi povprečnimi hitrostmi v prečnih prerezih glavnega kanala, ki so prikazana kot funkcija globine toka in lokacije vzdolž prelivne krone. Za različne geometrije bočnega preliva se vrednosti teh razmerij gibajo med 1 in 1,2.
		ANG	A visualization method was employed for accurate non-intrusive measurement of velocity fields at a physical model of a sharp-crested rectangular sideweir under subcritical flow. The experimental observation of velocity vectors at various horizontal planes over the entire width of the main channel confirms that the flow conditions at sideweir are non-uniform. The coefficients of non-uniform velocity distribution were in the range from 1 to 1.1. The present study focuses on the relation between the longitudinal components of the overflow velocities and the corresponding cross-sectional average velocities in the main channel, detailed as a function of flow depth and of location along the sideweir crest. For different sideweir geometries, these coefficients varied between 1 and 1.2.
	Objavljeno v		International association of hydraulic engineering and research; Journal of hydraulic research; 2012; Vol. 50, no. 1; str. 129-133; Impact Factor: 1.037; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.989; WoS: IM, ZR; Avtorji / Authors: Novak Gorazd, Steinman Franci, Müller Matej, Bajcar Tom
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID		26520615 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Skrajšanje računskega časa v računski dinamiki tekočin pri procesu razvoja hidravličnih strojev
		ANG	Reduction of CPU time for CFD analysis of hydraulic machinery development process
	Opis	SLO	Računska dinamika tekočin postaja vsakdanje orodje v procesu razvoja vodnih turbin in črpalk. Čeprav razvoj novih modelov za stacionarne in nestacionarne izračune poteka zelo hitro, nekateri postopki v razvojnem procesu še vedno zahtevajo dolge računske čase. Nekatere posebne numerične analize zahtevajo več kot mesec dni računskega časa, kljub velikemu številu uporabljenih procesorskih enot. V prispevku so predstavljene nove ideje in predlogi za bistveno skrajšanje računskega časa v nekaterih primerih stacionarnih in nestacionarnih izračunov nestisljivih tokov. Pri razvojnem procesu novih hidravličnih turbin, kjer so pričakovane visoke energetske in kavitacijske lastnosti, je potrebno analizirati veliko število različnih geometrij in obratovalnih režimov. Za pridobitev verodostojnih rezultatov mora računska mreža slediti določenim kakovostnim kriterijem in mora biti dovolj gosta. Z upoštevanjem navedenih dejstev lahko računski čas predstavlja ozko grlo pri učinkovitem izvajanju industrijskih projektov.
		ANG	CFD becomes an everyday tool in the development process of water turbines and pumps. The development of new models for steady state and unsteady calculations is very fast, but unfortunately some procedures in the development process are still very time-consuming. Some special numerical analysis takes more than a month of the CPU time although a huge number of processors are used. Hereafter are presented some new ideas on how computational time for steady state and unsteady calculations for incompressible fluids can be reduced by orders of magnitude for some particular cases. In the development process of new hydraulic turbines when high energetic and cavitation characteristics are expected, usually a huge number of different geometries and a lot of operating regimes should be analysed. To obtain accurate results the mesh needs to follow some quality criteria and should be fine enough. Considering all above mentioned

			facts, the computational time can be a bottleneck for efficient accomplishment of industrial projects.
	Objavljeno v		Institute of Physics; Proceedings of the 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 19-23 August 2012, Beijing, China; IOP Conference Series; 2012; Vol. 15, prt. 6; str. 062011-1-062011-8; Avtorji / Authors: Lipej Andrej, Čelič Damjan, Tartinville B., Mezine M., Hirsch C.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	13484571	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Računalniško podprta vizualizacijska metoda za analizo toka
		ANG	A computer-aided visualization method for flow analysis
	Opis	SLO	Članek predstavlja brezdotično metodo za določanje hitrostnega polja iz zaporedja posnetkov osvetljene ravnine v tekočini s primešanim sledilom. Hitrostno polje je določeno podobno kot v primeru optičnega toka in temelji na advekcijsko-difuzijski enačbi. Model, ki je vključen v našo programsko opremo (ADMflow) je preverjen na različnih skupinah sintetičnih posnetkov. Izračunana hitrostna polja se dobro ujemajo z dejanskimi, saj je relativna napaka v velikosti hitrosti manjša od 10%, razlika v smeri pa manj kot 1 stopinja.
		ANG	This paper presents a non-contact method for velocity field calculation from a series of images containing illuminated planar layer of fluid with a pollutant mixed in. Velocity field is calculated using a model similar to optical flow based on the advection-diffusion equation. The model which was also implemented into our software, ADM flow, is evaluated on different sets of synthetic images. Calculated velocity fields are in a good agreement with the true velocity fields, mostly deviating by less than 10 % in magnitude and 1° in flow direction.
	Objavljeno v		Butterworth; Flow measurement and instrumentation; 2014; Vol. 38; str. 1-8; Impact Factor: 1.030; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; WoS: IU, OA; Avtorji / Authors: Bizjan Benjamin, Orbanic Alen, Širok Brane, Kovač Boštjan, Bajcar Tom, Kavkler Iztok
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	13570587	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vizualizacijska metoda za izračun hitrostnih polj toka na osnovi advekcijsko-difuzijske enačbe
		ANG	Flow image velocimetry method based on advection-diffusion equation
	Opis	SLO	V današnjem času obstajajo številne vizualizacijske metode, ki omogočajo izračun hitrostnih polj opazovanega toka tekočine, pri tem pa je njihova glavna prednost, da so brezdotične in zato ne vplivajo na tok. Najpogosteje se uporabljajo metode, ki delujejo na osnovi križne korelacije (npr. PIV), znane pa so tudi metode na osnovi optičnega toka. PIV metode so dokaj uveljavljene za meritve hitrostnih polj, vendar pa je njihova slabost kompleksnost in razmeroma visoka cena merilnega sistema. Metode na osnovi optičnega toka lahko po drugi strani delujejo na tokovih z manj zahtevno izvedbo vizualizacije (npr. dim, delci...), vendar so v primerjavi s korelacijskimi še dokaj neuveljavljene in slabo računalniško podprte.
		ANG	This paper presents a non-contact method for velocity field calculation from a series of fluid flow images with illuminated planar layer of the flow and a mixed-in pollutant for flow visualization. The velocity field is calculated using a model similar to optical flow that is based on the advection-diffusion equation. The model is evaluated using a set of synthetic airfoil flow visualization images generated by a combination of computational fluid dynamics and inverse advection-diffusion equation approaches. The calculated velocity fields are in a good agreement with the true velocity

		fields.
Objavljeno v		Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2014; Vol. 60, no. 7/8; str. 483-494; Impact Factor: 0.776; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; WoS: IU; Avtorji / Authors: Bizjan Benjamin, Orbanic Alen, Širok Brane, Bajcar Tom, Novak Lovrenc, Kovač Boštjan
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	13179931	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Naprava in metoda za spremljanje razvlaknjenja taline
		<i>ANG</i>	Apparatus and method for monitoring melt fiberization
	Opis	<i>SLO</i>	Patentna prijava opisuje napravo za spremljanje (monitoring) procesa razvlaknjenja taline na centrifugi. Jedro naprave predstavlja metoda kvantifikacije hitrostnih polj s pomočjo računalniško podprte vizualizacije.
		<i>ANG</i>	Patent application describes an apparatus for monitoring the process of melt fiberization on spinning discs. The core of the apparatus is the method of flow field quantification by computer-aided visualization.
	Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v		Slovenian Intellectual Property Office; 2013; 12 f., 2 f. pril.; Avtorji / Authors: Bizjan Benjamin, Peternejl Marko, Orbanic Alen, Širok Brane, Bajcar Tom
	Tipologija	2.23	Patentna prijava
2.	COBISS ID	5862497	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Hitrostno polje vodnega toka v območju bočnega preliva
		<i>ANG</i>	Velocity field of water flow at side weir : doctoral thesis
	Opis	<i>SLO</i>	Disertacija obravnava hitrostno polje vodnega toka v območju ostrorobih pravokotnih bočnih prelivov in koeficient pretoka teh prelivov za mirni režim toka. Poudarek je na rezultatih eksperimentov, izvedenih na različnih fizičnih hidravličnih modelih. Uporabljena je vizualizacijska metoda, ki v nasprotju z ustaljenimi pristopi, omogoča neinvazivno kvantifikacijo hitrostnih polj. Le-ta so izmerjena v posameznih horizontalnih ravninah obravnavanega vodnega toka. Določitev vektorskega polja hitrosti temelji na analizi posnetkov premikanja v tok vnesenega polutanta, tj. delcev, barvila, ali z elektrolizo generiranih vodikovih mehurčkov. Metoda omogoča numerični izračun komponent vektorjev hitrosti z veliko prostorsko in časovno ločljivostjo. Rezultati meritev dajejo nov, podrobnejši vpogled v kompleksnost vodnega toka v območju bočnega preliva in v nasprotju z eno od predpostavk energijskega pristopa kažejo na izrazito neenakomerno porazdelitev obravnavanih hitrosti vzdolž toka. Rezultati so primerjani z že objavljenimi raziskavami. Prispevek k znanosti predstavlja tudi nova, fenomenološka enačba za koeficient pretoka bočnega preliva, oblikovana na podlagi dimenzijske analize in potenčnega nastavka. Tako formulirana enačba je preprosta za uporabo in veljavna za dokaj širok razpon brezdimenzijskih parametrov, ki podajajo glavne geometrijske in hidravlične značilnosti toka preko bočnih prelivov.
			Doctoral dissertation considers velocity field of water flow at sharp-crested

			rectangular side weirs and their discharge coefficients for subcritical flow. This work focuses on experimental results, obtained at various physical hydraulic models. A visualization method is employed, which – in contrast to more common approaches – allows non-invasive quantification of velocity fields. These are measured in separate horizontal planes of observed flow. Determination of vector field of velocities is based on the analysis of films displaying the movement of inserted pollutant, e.i. particles, dye or electrolysis-generated hydrogen bubbles. The method allows numerical calculation of components of velocity vectors with great spatial and time resolution. Results of measurements provide a new, more detailed insight into complexity of water flow at side weir, and – in contrast to one of the energy-approach assumptions – indicate the distinctively nonuniform distribution of considered velocities along the flow. Results are compared with published studies. As an additional contribution to science a new, phenomenological equation for a side weir discharge coefficient has been formulated on the basis of dimensional analysis and a power-law formulation. This equation is simple to use and is valid for fairly wide range of dimensionless parameters that give main geometrical and hydraulic characteristics of flow over side weirs.
	Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	[G. Novak]; 2012; XIII, 100 str., [34] str. pril.; Avtorji / Authors: Novak Gorazd	
	Tipologija	2.08	Doktorska disertacija
3.	COBISS ID	6622817	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv tokovnega polja na učinkovitost usedanja trdnih delcev v usedalniku s kontinuiranim delovanjem
		ANG	Influence of flow field on sedimentation efficiency in a settling tank with continuous operation
	Opis	SLO	Na modelu naknadnega krožnega usedalnika disertacija obravnava tipične tokovne strukture, ki se vzpostavijo pri dvanajstih različnih kombinacijah hidravlične obremenitve in koncentracije suspenzije na vtoku. Poleg že omenjenih so bili spremenljiv parameter tudi trdni delci, ki so služili kot suspendirana snov. Prva skupina uporabljenih delcev je bila mleta lešnikova lupina, ki je bila na voljo v dveh sestavih glede na strukturo velikosti zrn; drugo skupino so zastopali stekleni delci v treh različnih granulacijah. Trije kontrolni poskusi so se izvedli pri gostotno nevtralnih pogojih z vnosom barvila. Vsi poskusi so bili snemani z digitalno kamero, iz posnetkov je bil s fotogrametričnim pristopom v vtočnem jašku in v neposredni bližini iztoka določen indikator koncentracije v suspenziji, s pomočjo računalniško podprte vizualizacije pa so bili pridobljeni podatki o tokovnem polju. Pri ponovitvi prve serije poskusov se je izvajalo še vzorčenje suspenzije na vtoku in iztoku. Velik nabor eksperimentov s skrbno izbranimi parametri je omogočal sistematično obravnavo hidrodinamičnih fenomenov v usedalni komori. Ugotovilo se je, da sta tokovno polje in učinkovitost usedanja trdnih delcev tesno povezana z vrednostjo Froudovega densimetričnega števila Fr_d. Pri vseh poskusih je bil opažen trend naraščanja učinkovitosti s padanjem vrednosti Fr_d. Pri največjih izmed steklenih mikrokroglic in grobo mlete lešnikove lupine se troslojni tok ni pojavil; pri ostalih delcih pa je nizka vrednost Fr_d pogojevala vzpostavitev ugodne troslojne tokovne strukture, pri čemer je bila mejna vrednost Fr_d, nad katero se troslojni tok ne oblikuje več, neodvisna od tipa in velikosti delcev.
			On a model of a circular secondary settling tank the dissertation deals with typical flow structures that establish at twelve different combinations of hydraulic and solids loading. Another variable parameter beside the already mentioned were also solid particles that served as suspended matter. The first group of used particles was fine ground hazelnut shell that was

		ANG	available in two different compositions of grain size; the second group were glass microbeads in three different granulations. Three control experiments were conducted at neutral density conditions by introducing a dye. All experiments were filmed with a digital camera. By processing video clips of experiments an indicator of concentration in the inflow and in the vicinity of the effluent was captured by photogrammetric approach and data on flow field was obtained by computer-aided flow visualization. A repetition of the first series was carried out in order to collect samples of inflow and outflow suspension. A wide set of experiments with carefully chosen parameters enabled a systematic study of hydrodynamic phenomena in the sedimentation chamber. Flow field and clarification efficiency were found out to be closely related to the value of the densimetric Froude number Fr_d. All experiments exhibited trends of growing efficiency when values of the densimetric Froude number Fr_d were decreasing. A three-layer flow structure never occurred when the biggest particle granulation from glass microspheres and when coarse ground hazelnut shell was used. By the rest of the model particles a low value of Fr_d reflected in a formation of favourable three-layer flow structure, whereas the threshold value of Fr_d (when the value is exceeded, the three-layer flow does not develop) was independent from the type or size of the particles.
	Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	[T. Prešeren]; 2014; XXX,VI 109 str., [34] str. pril.; Avtorji / Authors: Prešeren Tanja	
	Tipologija	2.08	Doktorska disertacija
4.	COBISS ID	13812251	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvlaknjenje mineralne volne na vrtečih kolesih centrifuge
		ANG	Mineral wool melt fiberization on the spinner wheels
	Opis	SLO	Doktorsko delo obravnava proces nastanka vlaken mineralne volne iz taline, natekajoče na kolo centrifuge. Zaradi omejenih možnosti opazovanja realnega procesa je razvlaknjenje modelirano na enokolesni centrifugi z natokom hladnih Newtonskih kapljev. Kot merilna metoda se uporablja vizualizacija procesa s hitro kamero v različnih obratovalnih točkah, dobljenih s spreminjanjem vrtilne hitrosti kolesa ter volumskega toka in fizikalnih lastnosti kapljev. Kot rezultat analize fotografij procesa so ugotovljeni značilni obratovalni režimi centrifug in oblikovani regresijski modeli za karakteristične integralne parametre razvlaknjenja, kot so število, dolžina in premer ligamentov ter spremljajočih tokovnih struktur. Predmet študije je tudi kinematika rasti ligamentov v povezavi s hidrodinamsko stabilnostjo razvlaknjenja. Na podlagi rezultatov kvalitativne in kvantitativne analize procesa je izvedena primerjava obratovalnih karakteristik z ostalimi izvedbami rotacijskih naprav za razvlaknjenje in z znanimi teoretičnimi modeli relevantnih hidrodinamskih pojavov. V povezavi z neželenima pojavoma abrazije površine kolesa industrijske centrifuge in nastanka nerazvlaknjenega materiala sta kot možna mehanizma preučena hitrostni zdrs filma kapljevine po kolesu oziroma trganje vodilnih kapljic z ligamentov.
		ANG	In this thesis, the process of mineral wool fiber formation from the melt spun by a spinner wheel is investigated. Due to restrictions in the study of the real process, melt fiberization is modeled on a single wheel spinning machine supplied by cold Newtonian liquids. High-speed camera visualization is employed to conduct the measurements in different operating points defined by the variation of the wheel rotational speed, liquid flow rate and physical properties. Results of the photographic material analysis are presented as the identification of the typical spinner operating regimes and as regression models for characteristic integral fiberization parameters such as the number, length and diameter of

		ligaments and related flow structures. Additionally, ligament growth kinematics is studied in conjunction with the hydrodynamic stability of fiberization. Based on the qualitative and quantitative analysis results of the process, operational characteristics are compared to other types of rotary fiberization devices and to known theoretical models of the relevant hydrodynamic phenomena. In relation to the undesired phenomena of the industrial spinner wheel surface abrasion and the unfiberized material formation, we investigate the mechanisms of the liquid film velocity slip against the wheel and the ligament end pinch-off, respectively.
Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
Objavljeno v	[B. Bizjan]; 2014; IX, 104 f.; Avtorji / Authors: Bizjan Benjamin	
Tipologija	2.08	Doktorska disertacija

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Postavitev portala v medmrežju, namenjenega razvoju, praktični uporabi in seznanjanju z v projektu razvito vizualizacijsko metodo za kvantifikacijo tokovnih razmer (<http://admflow.net>).

Vizualizacijska metoda merjenja hitrostnega polja je bila uporabljena na številnih industrijskih projektih, med drugim v sklopu Kompetenčnega centra KC-SURE (analiza hitrostnih polj na ventilatorjih) ter v procesih razvlaknjenja kamene volne.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Optimiranje hidrodinamskih sistemov (razbremenilnikov, bočni prelivov, usedalnikov ipd.) s pomočjo poznavanja kinematskih razmer pri različnih geometrijah in obratovalnih režimih je tema, ki je v svetu v zadnjem času vse bolj aktualna (hidroenergetski objekti, vremenske ujme s poplavami, čiščenje odpadnih voda, itd.), vendar še v začetnih fazah razvoja. Večina študij s tega področja se omejuje na značilnosti tokov po sestavljenih prerezi (struga in pripadajoča poplavna ravnica). Novejše raziskave so večinoma osredotočene na enostavnejšo določitev pretočnosti. Posledica nepoznavanja kinematskih razmer v toku se kaže v slabši učinkovitosti hidrodinamskih sistemov, kar ima zaradi posledično slabo nadzorovanih poplav lahko negativne posledice na ljudi in okolje. Nepoznavanje hitrostnih polj v toku pa je v veliki večini primerov posledica neustreznih merilnih metod, ki se uporabljajo pri eksperimentih v laboratorijskem okolju (modelni preizkusi) ali na realnih vodotokih in objektih.

Merilne metode za kvantifikacijo kinematskih razmer v hidrodinamskih sistemih, ki so sedaj na voljo, omogočajo v večini primerov le omejeno spremljanje hitrostnega polja. Omejitve uporabe obstoječih merilnih metod so posledica njihove kompleksnosti, nezmožnosti zajetja celotnega hitrostnega polja naenkrat, fizične prisotnosti v toku in/ali visoke cene.

V projektu razvita metoda za kvantifikacijo hitrostnih polj v hidrodinamskih sistemih temelji na računalniško podprti vizualizaciji, ki v zadnjem desetletju doživlja strm vzpon kot perspektivni primer visoke tehnologije. Vzporedno s hitrim razvojem strojne opreme (osebni računalniki, hitre kamere), ki postaja vse bolj dostopna širokemu krogu porabnikov, predstavlja predlagana metoda uporabno orodje na področju preučevanja vodnih tokov s prosto gladino in širše.

Preprosto rokovanje, hitra priučitev za uporabo, majhno število komponent same metode ter širok spekter uporabe jo dela posebej privlačno tudi z vidika eksploatacije.

Drugi pomemben vidik v danem projektu razvite metode je, da za razliko od ostalih do sedaj uporabljenih merilnih metod temelji na aplikaciji fizikalnih zakonov dinamike tekočin in prenosa snovi. Skupaj s hkratnim kvalitativnim in kvantitativnim popisom tokovnih razmer (hitrostno in tlačno polje) lahko ta metoda preko ohranitvenih zakonov kot jih predstavljajo npr. Navier-Stokesove enačbe omogoča temeljno preučevanje mehanizmov posameznih pojavov oz. tokovnih struktur, kar je novost ne le na področju tokov s prosto površino, pač pa na področju celotne dinamike tekočin. S tem je mogoče rezultate projekta aplicirati tudi na sorodna

področja, kot so optimizacija eksperimentalnih metod v mehaniki kontinuuma ter optimizacija numeričnih metod v dinamiki tekočin.

ANG

Optimization of hydrodynamic systems (discharges, side weirs, settling tanks, etc.) through kinematic properties at different geometric shapes and operating conditions is an issue that becomes increasingly important (hydropower objects, floods, wastewater treatment, etc.), but is still in its basic phases of development. Most studies from this field of science are focused on flow properties in combined cross-sections (riverbed and the corresponding inundation plane). Recent studies are mainly focused on simple determination of flow rates only. The consequence of ignoring the kinematic properties of the flow is lower efficiency of hydrodynamic systems, which in turn can cause adverse effects on people and environment due to poorly regulated floods and inundations. On the other hand, undetermined velocity field of the flow is mainly the consequence of inappropriate measurement methods, which are used in experiments in non-industrial environments (experiments on models) or in real surface flows and their corresponding objects.

Readily available measurement methods for quantification of kinematic properties in hydrodynamic systems usually enable only marginal detection of velocity field. Limitations in the use of extant measurement methods are the consequence of their complexity, inability to capture the whole velocity field in a selected area at once, their physical presence in the flow (probes) and/or their high price.

The developed method for quantification of velocity fields in hydrodynamic systems is based on computer-aided visualization. This approach is recognized in the last decade as a highly perspective example of advanced technology. Together with the fast development of appropriate and increasingly available hardware (PCs, high-speed cameras), the proposed method represents a useful tool in the field of free-surface water flows and beyond. Ease of handling, quick application, low number of components, and wide spectrum of usage make the proposed measurement method particularly attractive from the exploitation view.

The other important property of the method developed in the project is that it is based upon the application of physical laws that govern fluid dynamics and mass transfer rather than upon correlation between images like other visualization methods. Together with the ability of monitoring the flow conditions qualitatively and quantitatively (i.e. velocity and pressure fields), the method can provide the fundamental study of mechanisms that govern particular phenomenon or flow structure. This is accomplished through conservation laws such as Navier-Stokes equations. Such an approach is innovative not only in the field of free-surface flows, but also in the field of fluid dynamics as a whole. In this way, the results of the project can be applied on similar fields of science, such as the optimization of experimental methods in mechanics of continuum and the optimization of numerical methods in fluid dynamics.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Število hidroenergetskih objektov vzdolž vodotokov v Sloveniji, ki zaradi svoje narave zahtevajo pretok znotraj predpisanih meja oz. vplivajo na poplavnost okolice, narašča v skladu z zagotavljanjem dovolj velikega deleža obnovljivih virov energije. Poleg tega smo priča vse pogostejšim poplavam v zadnjih letih, ki so naravnega oz. vremenskega izvora in ki ogrožajo človeška življenja, materialno lastnino ter vplivajo na preoblikovanje okolice vodotokov. Zaradi takšnega stanja se pojavlja potreba po optimiranju in zviševanju učinka hidrodinamskih sistemov, ki omogočajo nadzorovano razbremenitev naraslih voda brez škodljivih posledic za ljudi in okolje. Tipični primer potrebe po takšnih raziskavah kažejo primeri iz prakse na nacionalnem nivoju, ki vključuje učinkovitejše projektiranje hidroenergetske izrabe reke Save v območju med Krškim in državno mejo s Hrvaško (HE Brežice in HE Mokrice). Gre za zelo občutljivo območje z jedrsko elektrarno in obsežnimi poplavnimi površinami v bližini državne meje. Pri tem je ključnega pomena aktiviranje razpoložljivih retenzijskih območij za ustrezno odvajanje dela visokovodnih pretokov, s čimer bo zagotovljena protipoplavna zaščita jedrske elektrarne Krško, Čateža ob Savi in Čateških toplic, hkrati pa bo zadoščeno zahtevi po znižanju konice visokovodnega vala na rečnem profilu na državni meji. Projekt v širšem družbenem smislu vključuje predvsem skrb za bivalno okolje in življenjsko raven prebivalstva ter zmanjševanje porabe energije v določenih tehničnih panogah. Slabosti izkoriščanja vodotokov oz. hidroenergije so pogosto povezane z okoljskimi in ekološkimi zapleti, omejeno življenjsko

dobo in preselitvami prebivalstva. Vse obsežnejše izkoriščanje vodne energije ter podnebne spremembe, ki smo jim priča v zadnjih letih, skupaj z neustreznimi projektiranimi razbremenilniki oz. odvajalniki presežkov vode v vodotokih povzročajo vse pogostejše poplave, ki imajo škodljiv vpliv tako na okoliško prebivalstvo kot tudi na materialne dobrine ter okolje. Poleg katastrofalnih situacij pa se vsakodnevno srečujemo s težavo čiščenja odpadnih voda in s tem povezanimi hidrodinamskimi sistemi. Raziskave, ki jih vključuje projekt, zato pomembno prispevajo k splošni omilitvi ali preprečevanju katastrof in varovanju okolja, ki jih zgornji dejavniki lahko povzročijo. Na ta način pa se občutno zmanjšajo tako število potencialnih žrtev kot tudi stroški posredovanja in odprave možnih posledic.

Predlagana vizualizacijska metoda za kvantifikacijo hitrostnih polj na hidrodinamskih sistemih, ki omogoča merjenje hitrostnega polja toka tekočine preko polja koncentracij polutanta, predstavlja sodobno brezdotično metodo merjenja, ki temelji na aplikaciji fizikalnih zakonov dinamike tekočin in prenosa snovi. Metoda je brezdotična, hitra in uporablja lastne (domače) algoritme, kar s tehničnega vidika predstavlja visok potencial na nacionalnem nivoju (primer domače visoke tehnologije). Prednost te eksperimentalne metode je v skrajšanem času, potrebnem za izvedbo meritev, kar je pomemben ekonomski faktor, saj bistveno vpliva na stroške posameznega RR projekta. Drugi socialno-ekonomski vplivi predlaganega projekta se bodo odražali predvsem v znižanju stroškov, ki bi sicer odpadli na meritve na hibridnih modelih. Fenomenološki modeli relacij vplivnih parametrov na hidrodinamskih sistemih bodo namreč nadomestili dodatne meritve na modelih realnih sistemov kot se izvajajo danes. Enako velja tudi za verificirane in selektirane numerične modele, ki bodo v veliki meri sposobni nadomestiti drago eksperimentalno delo na fizičnih modelih, ki se uporabljajo predvsem pri snovanju novih hidrodinamskih objektov. Predlagani projekt na tak način dviguje znanstveni nivo sodelujočih partnerjev ter njihov nivo tehnologije, hkrati pa z rezultati diseminacije vpliva na lokalno ozaveščenost.

ANG

Hydropower objects require the flow rate that is within certain limits and can therefore influence the inundation of the environment. The amount of such objects along rivers in Slovenia is increasing in order to ensure the required portion of renewable energy sources. Apart from that, there is an increasing number of floods and inundations in recent years due to climate changes that threaten human lives, material property and influence the changes in river environments. Therefore, there is a need to optimize and to increase the efficiency of hydrodynamic systems that enable controlled discharge of high river flows without adverse consequences on humans and environment. A typical example of such a need is reflected through practical examples on national level, which implies the more efficient planning of hydropower utilization of Sava river between Krško and the state border with Croatia. This is known as a highly sensitive area with a nuclear powerplant and wide inundation plains in the vicinity of the state border. A key factor here is the activation of available retention areas in order to discharge appropriately a part of high river flow. This will enable the anti-flood protection for the nuclear powerplant Krško, for Čatež ob Savi and for Čatež spa. At the same time, the requirement for decreasing the front of high-water wave of the river profile at the state border will be fulfilled. The project involves the concern for human environment, life standard of the habitants, and decrease in energy consumption. The drawback of water power utilization (i.e. hydroenergy) is often connected with environmental and ecological complications, limited life expectancy and human migrations. Extensive utilization of hydroenergy and climate changes in recent years together with inappropriate designed hydrodynamic objects and systems for discharge of high-water flows from rivers cause inundations. These have adverse effects on nearby living people, material property, and environment. Apart from that, there is a persistent problem of wastewater treatment in specialised hydrodynamic systems. Research activities, proposed in the project, are therefore expected to have a significant impact towards general environment protection and prevention of catastrophes that are caused by above mentioned factors. In this way, the number of potential human victims as well as the costs of intervention and removal of expected consequences can be significantly lowered.

The proposed visualization method for quantification of velocity fields on hydrodynamic systems, which will enable the measurement of velocity field of fluid flow through the concentration field of pollutant, represents a modern contactless measurement method. It is based on the application of physical laws of fluid dynamics and mass transfer. The proposed method from a technical point of view represents a high potential on the national level (an example of domestic high technology). One of the advantages of the proposed method is the

reduced amount of time needed for measurement execution, which is an important economic factor that substantially influences the costs of a particular R&D project. The other socio-economic influences of the proposed project will be reflected mainly in reduction of costs, which otherwise occur in hybrid physical model measurements. Namely, phenomenological models of relations between influential parameters in hydrodynamic systems will replace the additional measurements on the physical models of real systems. The same goes for verified and selected numerical models, which will be able to replace costly experimental work on physical models used mainly in design of new hydrodynamic objects. The proposed project therefore not only raises the science and technology levels of involved partners, but also (through the results of the executed dissemination) of the local population and its perception.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	

Uporaba rezultatov	
--------------------	----------------------

Komentar

--

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☒	☐	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☒	☐	☐	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☒	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☒	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☒	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☐	☒	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☒	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☒	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☒	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☐	☒	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☒	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☒	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☒	☐	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☒	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☒	☐	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☒	☐	☐	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	☐	☐	☒	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☒	☐	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☒	☐	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	☒	☐	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	☒	☐	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	

G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv	Turboinštitut d.d.	
	Naslov	Rovšnikova 7, 1210 Lj.-Šentvid	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		89.747 EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		25 %
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	LIPEJ, Andrej, ČELIČ, Damjan, TARTINVILLE, B., MEZINE, M., HIRSCH, C. Reduction of CPU time for CFD analy. of hydraulic mach. development process, Proc. of the 26th IAHR Sym.(COBISS.SI-ID 26520615)	B.03
	2.	NOVAK, Gorazd, STEINMAN, Franci, MÜLLER, Matej, BAJCAR, Tom. Study of velocity field at model sideweir using visualization method. J. Hydraul. Res., 2012, vol. 50. (COBISS.SI-ID12227611)	A.01
	3.	PREŠEREN, T., STEINMAN, F., ŠIROK, B., BAJCAR, T. The theoretical densimetric Froude number values with favourable effect on the clarifier performance. Chem.Eng.Proc.2013,vol.74 (COBISS.SI-ID13177115)	A.01
	4.	MILAVEC, Matej, VENKO, Samo, PAVLOVIČ, Erik, ŠIROK, Brane, BAJCAR, Tom, HOČEVAR, Marko. Experimental visualization of velocity field of air supply diffuser, 43. MKGHK Beograd. (COBISS.SI-ID 12578331)	B.03
	5.	BIZJAN, B., ORBANIĆ, A., ŠIROK, B., KOVAČ, B., BAJCAR, T., KAVKLER, I. A computer-aided visualization method for flow analysis. Flow meas. instrum. 2014, vol. 38 (COBISS.SI-ID 13484571)	A.01

Komentar	Pri uporabi računalniške dinamike tekočin v industriji naletimo hitro na dva problema. Prvi problem je povezan z natančnostjo numeričnih analiz, ki ga lahko delno rešimo z uporabo različnih turbulentnih modelov, kar pa velikokrat pripelje do drugega problema, ki pomeni trajanje računskega časa posamezne simulacije. V določenih primerih so lahko računski časi, kljub uporabi zelo zmogljivih računalnikov, dolgi več tednov ali mesecev, zato za industrijske raziskave niso primerni. Tok v turbinah in črpalkah je turbulenten in nestacionaren. Kljub temu pa se moramo pogosto zadovoljiti s stacionarnimi izračuni. Od izbire turbulentnega modela je odvisna gostota računske mreže, bolj zahtevni turbulentni modeli zahtevajo časovno odvisne izračune. Zato smo tudi pri izbiri turbulentnega modela omejeni, če hočemo, da računski časi niso predolgi. To zlasti velja v fazi razvoja novih hidravličnih oblik, ko je potrebno analizirati tok za veliko različnih geometrij v več obratovalnih točkah. Zato je za nas izjemno pomembno poznati natančnost numeričnih izračunov v odvisnosti od izbire turbulentnega modela in gostote mreže. V večini primerov je potrebno poiskati kompromisno rešitev glede zahtevnosti različnih fizikalnih modelov, kar pa se pozna na natančnosti rezultata. Z uporabo različnih eksperimentalnih metod, še posebej z računalniško podprto vizualizacijo toka, lahko bolj podrobno analiziramo posamezne efekte, ki vplivajo na natančnost simulacije tokovnega polja. Rezultati omenjene metode nam omogočajo, da najhitreje poiščemo optimalno kompromisno rešitev med natančnostjo izračuna in porabo računskega časa. Predvsem pa je pomembno, da je možno z uporabo predstavljene metode v določenih primerih izboljšati natančnost izračuna in/ali računski čas bistveno skrajšati. V zadnjih letih smo se zlasti veliko ukvarjali z napovedjo izkoristka aksialnih turbin. Pri velikih pretokih in zelo nizkih padcih je prej običajno prihajalo do velikega odstopanja med numerično napovedanimi vrednostmi izkoristka in izmerjenimi vrednostmi. Z rezultati projektnega vizualizacijskega modela, t.j. z meritvami hitrosti in turbulentne kinetične energije, smo lahko določili vstopne pogoje za numerični izračun. Na podlagi primerjave numeričnih rezultatov z vizualizacijo vrtincev smo verificirali naše numerične preračune in ugotovili, kateri turbulentni modeli so primerni za modeliranje toka na vtoku v hidravlični stroj. Na ta način smo se približali natančnosti modelnih meritev, ki jih bo možno količinsko zmanjšati na minimum, kar pomeni velik prihranek pri času, denarju in energiji.
Ocena	Turboinštitut d.d. (TI) je raziskovalno naravnano podjetje z več kot 60 letno tradicijo na področju razvoja in raziskav hidravličnih strojev in več kot 20 letno tradicijo na področju računalniške dinamike tekočin (Computational Fluid Dynamics – CFD). Podjetje je med vodilnimi industrijskimi uporabniki računske intenzivnih metod za inženirske in raziskovalne aplikacije. TI je tudi eden izmed dveh neodvisnih svetovnih laboratorijev za preizkušanje modelov vodnih turbin po mednarodnih IEC standardih. Raziskave na področju obnovljivih virov energije so ključnega pomena za prihodnji razvoj in kontroliranje klimatskih sprememb. Na področju razvoja turbin in črpalk je konkurenca vedno večja. Razviti moramo stroje, ki obratujejo na širokem območju po pretoku in padcu, brez kavitacije in brez vibracij ali pulzacij, ki lahko izzovejo nestabilnosti celotnega sistema. Pri tem je zanesljiva napoved izkoristka strojev, kavitacije, pulzacij tlaka in drugih nestacionarnih pojavov izjemno pomembna. Za doseg predstavljenih ciljev je potrebno uporabljati vse prednosti temelječe na dolgoletnih izkušnjah računalniških simulacij. Dosedanja znanja je potrebo razširiti, tako z vsebinskim razvojem fizike simulacij, kakor tudi z razvojem eksperimentalnih metod, numeričnih preračunov in uporabe zmogljivih superračunalnikov. Posebno področje so razmere v vtočnih bazenih črpalk, kjer je ključna napoved pojava

	vrtnicev. Področje našega dela postaja vedno bolj interdisciplinarno. Interdisciplinarnost naših raziskav se je pokazala v sestavi raziskovalne skupine, ki je delovala v sklopu raziskovalnega projekta L2-4270 z naslovom Razvoj računalniško podprte vizualizacijske metode za diagnostiko hitrostnih polj na področju hidrodinamskih sistemov. Pri naših raziskavah je natančna analiza hitrostnih polj v hidravličnih strojih najpomembnejši pogoj, da lahko razvijemo svetovno konkurenčen produkt. Z rezultati raziskovalnega projekta smo dosegli določene izboljšave, predvsem v delih stroja, kjer ima uporaba primerne turbulenta modela odločilen vpliv na konvergenco in natančnost izračuna. Za nas so bile pomembne meritve kinematike v cevni turbini ter meritve in vizualizacija toka v vtočnem bazenu črpalke. Na osnovi teh rezultatov smo pomembno izboljšali znanje o izbiri pravilnega turbulenta modela za izračune toka v turbinah in v vtočnih bazenih črpalk. Ocenjujemo, da so rezultati projektne skupine izjemnega pomena, saj že koristno uporabljamo nekatere izsledke raziskav projekta L2-4270.
--	---

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Naprava in metoda za spremljanje razvlaknjenja taline

Inovacijo predstavlja sistem za nadzor razvlaknjenja taline kamene volne, ki se uporablja kot izolacijski material. Sistem deluje na osnovi računalniško podprte vizualizacije toka in nadzira zdrs taline na centrifugi, razmik med ligamenti taline in dinamiko natoka taline na prvo kolo centrifuge. Sestavljajo ga hitra digitalna kamera z računalnikom, kamor se zvezno in v realnem času prenašajo posnetki procesa. Sledi numerična obdelava posnetkov za določitev značilnih razvlaknitvenih parametrov. Območje vizualizacije procesa razvlaknjenja zajema zgornji in osrednji del prvega kolesa centrifuge, kjer se opazujeta film taline in območje neposredno nad kolesom, kjer tok taline iz rezervoarja taline pada na prvo kolo centrifuge. Kamera je postavljena ob strani centrifuge nasproti območju transporta vlaken v usedalni komori, da se preprečijo poškodbe kamere zaradi vročega toka vlaken.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

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 ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
strojništvo

Brane Širok

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

12.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/196

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) 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, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) 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 projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

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

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

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

¹¹ Rubrike izpolnite / prepišite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.rrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). 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 priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.rrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.rrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

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

EA-B7-FF-31-31-BF-B6-B6-C9-48-E3-20-62-E1-53-B8-19-AB-3B-28

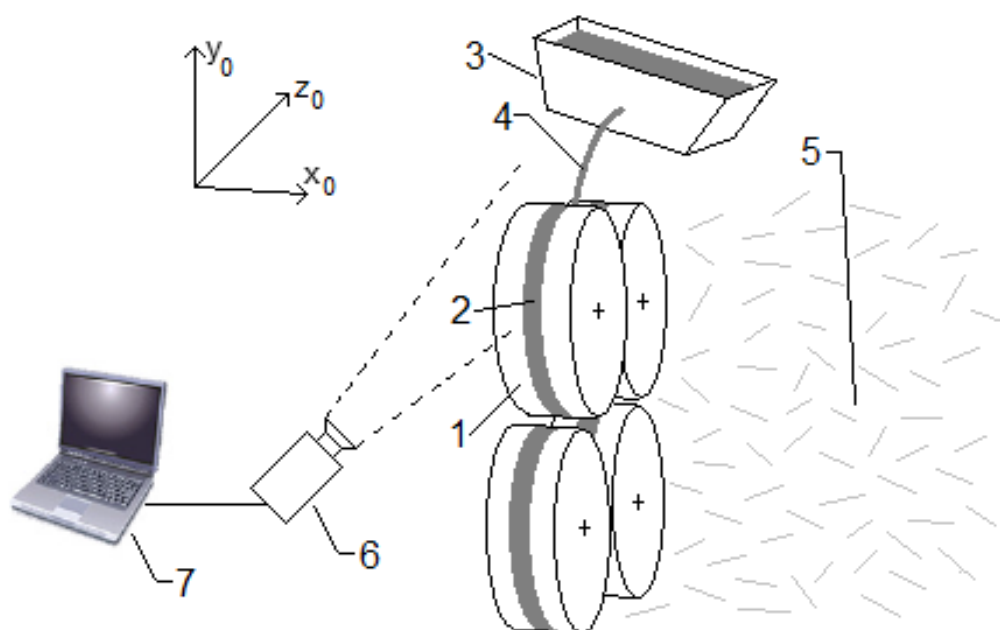
Priloga 1

VEDA: 2 Tehniške in tehnološke vede

Področje: 2.03 Mehanika

Dosežek 1: Naprava in metoda za spremljanje razvlaknjenja taline

Vir: BIZJAN, Benjamin, PETERNELJ, Marko, ORBANIĆ, Alen, ŠIROK, Brane, BAJCAR, Tom. Apparatus and method for monitoring melt fiberization : patentna prijava : PCT/SI2013/000054. Ljubljana: Slovenian Intellectual Property Office



Inovacijo predstavlja sistem za nadzor razvlaknjenja taline kamene volne, ki se uporablja kot izolacijski material. Sistem deluje na osnovi računalniško podprte vizualizacije toka in nadzira zdrs taline na centrifugi, razmik med ligamenti taline in dinamiko natoka taline na prvo kolo centrifuge. Sestavljajo ga hitra digitalna kamera (6) z računalnikom (7), kamor se zvezno in v realnem času prenašajo posnetki procesa. Sledi numerična obdelava posnetkov za določitev značilnih razvlaknitvenih parametrov. Območje vizualizacije procesa razvlaknjenja zajema zgornji in osrednji del prvega kolesa centrifuge (1), kjer se opazujeta film taline (2) in območje neposredno nad kolesom, kjer tok taline (4) iz rezervoarja taline (3) pada na prvo kolo centrifuge. Kamera je postavljena ob strani centrifuge nasproti območju transporta vlaken v usedalni komori (5), da se preprečijo poškodbe kamere zaradi vročega toka vlaken.

Sistem je uporaben predvsem pri proizvodnih procesih, kjer nastopa talina, ki jo je potrebno razviti v vlakna (izolacijski materiali, steklarstvo ipd). Služi za nadzor in izboljšanje kvalitete končnega produkta preko spremljanja vhodnih parametrov procesa.