

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2014/97



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-3646
Naslov projekta	Optimizacija delovanja vodnih turbin s horizontalno osjo in nizko potopitvijo
Vodja projekta	9286 Brane Širok
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8068
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2010 - 04.2013
Nosilna raziskovalna organizacija	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	2836 LITOSTROJ POWER, družba za projektiranje, gradnjo elektrarn in izdelavo energetske ter industrijske opreme, d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.03 Energetika 2.03.04 Energetski postroji
Družbeno-ekonomski cilj	05. Energija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Turbine z zelo nizkim vodnim padcem in horizontalno vgradnjo so izpostavljene nestacionarnim pogojem zaradi spremenljivega statičnega tlaka na lopaticah rotorja turbine. Kot najneugodnejši pojav se pri tem izpostavlja kavitacija, ki v vodni turbini povzroči padec izkoristka, vibracije, hrup in erozijo. V nalogi smo pristopili k oblikovanju konstrukcijske izvedbe turbine, ki bo obratovala bliže kavitirajočemu stanju ali ob prisotnosti kavitacije pri minimalnih negativnih učinkih. Izvaja se študija asimetrično oblikovanega vodilnika, ki bo

omogočal optimalnejšo porazdelitev tlačnega in hitrostnega polja na vstopu v gonilnik in s tem zmanjšal vplive periodične kavitacije. V okviru bazičnih raziskav smo pristopili k raziskavam vpliva spremenljivega tlačnega polja na lopaticah v kavitacijskem tunelu.

V kavitacijskem kanalu so bile izvedene meritve in izvedena študija časovne povezave merjenih signalov pri visokih frekvencah nad 50 kHz. Izvedeno je bilo simultano snemanje signala iz hidroфона, tlačnega pretvornika in snemanje s hitro kamero. S tem je omogočena povezava tipične oblike iz frekvenčnega spektra oz. posameznih cenilk kavitacije s posnetimi slikami. Študija se je osredotočila na analizo cenilk kavitacije pri povečevanju deleža parne faze, zmanjševanju deleža parne faze in povezavi obeh pojavov.

Poleg zgoraj navedenih znanstvenih nalog so bile izdelane tudi naslednje izvedbene naloge, povezane z nastopanjem na trgu turbin z vodoravno osjo V letu 2011 je bilo izvedeno projektiranje pretočnega prostora in hidravlične oblike elementov pretočnega trakta turbine tipa BULB s specifično hitrostjo $ns = 930$. V okviru projektiranja pretočnega prostora ter hidravlične oblike elementov cevne turbine so bile izvedene naslednje aktivnosti: (1) analiza dimenzij in oblik obstoječih cevnih turbin in analiza strokovne literature (2) izbira in optimizacija dimenzij vtočnega dela v turbino, (3) določitev potrebne velikosti generatorskega prostora imenovanega BULB in hidravlična optimizacija omočenega dela BULBa, (4) oblikovanje podpor generatorskega prostora, ki zaradi nesimetričnosti vtočnega dela opravljajo tudi funkcijo usmerjanja vodnega toka na vodilnik in gonilnik, (5) oblikovanje, postavitve in optimizacija vodilniškega aparata, (6) oblikovanje in optimizacija dimenzij glave in hidravlične oblike lopat gonilnika in (7) oblikovanje in optimizacija sesalne cevi.

ANG

Turbines with very low water head and horizontal installation are exposed to unsteady conditions of variable static pressure at the turbine runner blades. As most unfavorable phenomenon we note cavitation, in which water turbines experiences a drop in efficiency, vibrations, noise and runner erosion. In the project we studied the design implementation of turbines that operate closer to cavitating condition or the presence of cavitation with minimum negative effects. We introduced asymmetrically shaped guide vanes, which allow optimal pressure distribution and velocity field at the inlet to the runner and thus reduce the impact of periodic cavitation. In the context of basic research, we studied impact of variable pressure field on the blades in a cavitation channel.

The cavitation tunnel measurements have been made. A study was performed that links measured signals at high frequencies above 50 kHz with cavitation data. Simultaneous recordings were carried out with signal from the hydrophone, pressure transducer and recording with a fast camera. Comparison enabled to link typical shape of the frequency spectrum and individual estimators with cavitation recorded images. The study focused on the analysis of estimators of cavitation in increasing the share of the vapor phase, reducing the share of the vapor phase and the connection between these two phenomena. In addition to the above scientific tasks implementation tasks associated with the appearance on the market of turbines with horizontal axis were performed in 2011. Design flow area and hydraulic design elements flow tract turbine type BULB with a specific speed $ns = 930$ was performed. In the context of the design flow spatial and hydraulic design elements pipe turbines were carried out by following activities: (1) analysis of the dimensions and shapes of the existing pipe and the turbine analysis, (2) the selection and optimization of the dimensions of the turbine inlet system, (3) determine the necessary the size of the generator room and hydraulic optimization of the bulb, (4) design support generating space, due to asymmetry the intake flow tract also performs the function of directing the flow of water to the diffuser and the runner (5), layout and optimization of guide vane apparatus (6) design and optimization of design of the bulb and hydraulic design of runner blades and (7) the design and optimization of the draft tube.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Projekt le potekal v letih od 2010 do 2013.

V letu 2010 smo v okviru bazičnih raziskav smo pristopili k raziskavam vpliva spremenljivega tlačnega polja na lopaticah v kavitacijskem tunelu. Eksperimentalne metode zajemajo simultano merjenje dinamičnega tlaka za lopatico v kavitacijskem kanalu in vizualizacijo kavitacijskih struktur z namenom študije vpliva spremenljivega tlačnega polja. Sledil je prenos znanja na izvedbeno turbino na HE Dubrava – Hrvaška. Na objektu so bile izvedene meritve tlačnih pulzacij na senzorjih, ki so bili razvrščeni pred in za rotorjem turbine v zgornji in spodnji legi pretočnega trakta turbine. Na vstopnem delu med vodilnikom in rotorjem turbine je bilo izvedeno tudi merjenje akustične emisije z hidrofonom, na izstopnem delu rotorja turbine še v področju špranjskega toka pa je bila izvedena vizualizacija kavitacijskih struktur. Vse meritve

so bile izvedene simultano, kar omogoča eksperimentalno modeliranje soodvisnosti tlačnih pulzacij in kinematike kavitacijskih oblakov v vidnem polju. Pri eksperimentu se je pokazal kot problem način vgradnje senzorjev v pretočni trakt turbine. Izhajajoč iz tega je bila na kavitacijskem tunelu izvedena dodatna študija vpliva vgradnje senzorjev na zaznavanje kavitacijskih pojavov v prtočnem traktu. Dobljeni rezultati predstavljajo dodarno raziskovalno vrednost, ki bo uporabljena pri diagnostiki kavitacije v turbinskih strojih.

V letu 2011 so bile opravljene analize signalov, ki s bili izmerjeni letu 2010 na hidroelektrarni Dubrava na Hrvaškem. Ugotovljeno je bilo, da mesto namestitve senzorja močno vpliva na rezultate meritev. Pri enostavni tehniki se lahko izkaže, da se lahko nekateri signali skrivajo, drugi so pa precenjeni, še posebej to velja za cenilke, ki so omejene na ozke intervale visokih frekvenc. Rezultati enega samega senzorja ne morejo biti reprezentativni ter lahko vplivajo na napačno predstavo o kavitaciji. Večparametna tehnika uporablja signale senzorjev na več lokacijah in jih procesira po kompleksni poti kar signale približa pravim vrednostim. V pripravi je znanstveni prispevek za revijo s faktorjem vpliva, kjer bo kavitacija analizirana večparametrično na podlagi meritev s prototipa in kavitacijskega kanala. Zaradi stisljivosti parne faze se pričakuje, da pri nizkih kavitacijskih številih ne bo prihajalo do večjih tlačnih fluktuacij in s tem posledično do vrednostih cenilk, ki so manjša od pričakovanj. Pri primerjavi cenilk za opravljene meritve v kavitacijskem kanalu je videti, da kot zanesljive cenilke nastopajo enostavne cenilke kot so tlačna standardna deviacija, RMS ter Xpp (peak to peak/dip).

V kavitacijskem kanalu so bile izvedene meritve in izvedena študija časovne povezave merjenih signalov pri visokih frekvencah nad 50 kHz. Izvedeno je bilo simultano snemanje signala iz hidrofona, tlačnega pretvornika in snemanje s hitro kamero. S tem je omogočena povezava tipične oblike iz frekvenčnega spektra oz. posameznih cenilk kavitacije s posnetimi slikami. Študija se je osredotočila na analizo cenilk kavitacije pri povečevanju deleža parne faze, zmanjševanju deleža parne faze in povezavi obeh pojavov.

V kavitacijskem kanalu je bila v letu 2011 izvedena tudi analiza kavitacijske erozije na stenah kavitacijskega kanala. Analiza poškodb z metodo merjenja površine in šteja luknjic bo potekala predvidoma do konca projekta, rezultati pa se uporabljajo za korekcijo modela kavitacijske erozije.

V nadaljevanju bazičnih raziskav v kavitacijskem kanalu je bila izvedena hkrati z meritvami na elektrarni analiza signalov kavitacije v kavitacijskem kanalu. Hkrati se je kavitacijski kanal v letu 2012 nadgradil. Črpalko smo namestili 3 m nižje kot v prvotni inštalaciji, s tem se je zmanjšala možnost kavitacije v črpalki, ki poganja tekočino v kavitacijskem kanalu. Črpalka se je priklopila na novo električno omarico s frekvenčnim pretvornikom, namestil se je tudi nov zgornji tlačni rezervoar. Vsi navedeni ukrepi omogočajo znatno izboljšanje funkcionalnih karakteristik kavitacijskega kanala. Analiza signalov iz kavitacijskega kanala je bila usmerjena v študij lastnosti cenilk in frekvenčne analize z amplitudno demodulacijo. Na nizkem frekvenčnem območju je bila dokončana primerjava meritev z vizualizacijo s hitro kamero in hidrofonom ter visokofrekvenčnim tlačnim senzorjem. Ugotovljeno je bilo, da je povezava dobra v časovnem prostoru in v frekvenčnem prostoru. Predvsem je bila opažena podobnost v vrtinčni stezi, ki se tvori za zastojnim telesom (Karmanova vrtinčna steza). primerjava v visokem frekvenčnem področju nad 50 kHz je onemogočena zaradi omejene hitrosti posnemanja s hitro kamero, ta je omejena na 50 kHz, če kamera deluje z dovolj velikim številom pikselov. V ta namen je bila razvita programska oprema, ki omogoča vrednotenje predhodno posnetih signalov: v programski opremi poteka filtriranje, amplitudna demodulacija in FFT analiza izmerjenih signalov. Glavni poudarek rezultatov je, da se kavitacija pojavlja v visokofrekvenčnem področju nad 50 kHz.

V letu 2011 je bila izvedena tudi študija erozijskih poškodb z merjenjem površine in globine kavitacije na prototipu gonilnika. Na referenčnem turbinskem rotorju so bile izvedene meritve po 3000 obratovnih urah v delovnem področju s kavitacijo. Meritve so bile izvedene z optično metodo in z dotikalno metodo. Za merjenje z optično metodo se je na turbinski rotor prilepilo referenčne točke, nanese se je tanek sloj titanovega dioksida TiO₂ za doseg bele neodbojne površine, sistem se je kalibriral na posebno umerjenem križu, nato pa s fotogrametrijo s sistemom Tritop posnelo mrežo referenčnih točk. S tako točno definicijo mreže referenčnih točk se je zagotovilo visoko natančnost 3D digitalizacije. Iz meritev se je naredila poravnava align (posameznih meritev med seboj) tako, da je merilna negotovost znašala $\pm 0,025$ mm. Rezultati so bili uporabljeni za povezavo s cenilkami kavitacije. Primerjava bo izvedena pred in po varjenju rotorja. Za merjenje z dotikalno metodo je bila uporabljena prenosna merilna roka za šestosno merjenje v 3D prostoru. Za posnemanje nepoškodovane površine smo uporabili krogelno sondo, za merjenje kavitacijskih poškodb pa iglo. Merilna negotovost je znašala $\pm 0,02$ mm. Obe merilni metodi za merjenje globine kavitacijskih poškodb sta pokazali skoraj enake rezultate o globini poškodb. V letu 2012 se je nameščena merilna oprema na izbrani elektrarni uporabila za meritve. Med namestitvijo in začetkom meritev je preteklo približno pol leta, ker elektrarna zaradi odpravljanja težav z uležanjem in prisilno zaustavitvijo v hladnem

delovanju ni obratovala. Inštalirana je bila naslednja merilna oprema za diagnosticiranje kavitacije: trije visokofrekvenčni senzori vibracij na turbinskem ležaju in čepu vodilniške lopate, merilnik akustične emisije na turbinskem ležaju, nizkofrekvenčni tlačni senzor in visokofrekvenčni tlačni senzor na vratih inšpekcijske odprtine v sesalni cevi. Signal iz sensorja akustične emisije je bil posneman na dva načina, kot visokofrekvenčni filtrirani signal in kot nizkofrekvenčni RMS povprečni signal. Vsi signali so bili posnemani z visokofrekvenčno merilno kartico, nekateri od njih tudi simultano.

Meritve so potekale več dni in sicer pri spremenljivi moči agregata in pri spremenljivi koti zgornje vode. Spremenljiva kota zgornje vode vpliva na neto pozitivno sesalno višino NPSH in s tem na verjetnost pojavljanja kavitacije.

Rezultati so bili vrednoteni na dva načina: (1) s sestavljeno cenilko in z (2) amplitudno demodulacijo. Vrednotenje rezultatov s sestavljeno cenilko smo vrednost posamezne enostavne cenilke (RMS, peak to peak, itd.) delili s pretočnim številom. S tem se je znatno izboljšalo ujemanje med sestavljeno cenilko in Thomovim številom. Običajno pri podobnih meritvah zaznavamo znaten raztros med cenilkami kavitacije in Thomovim številom, ki je posledica obratovanja pri različnih močeh in neto pozitivni sesalni višini NPSH. Hkrati se s spremembami v moči delovanja ali neto pozitivni sesalni višini spreminja delovanje podpornih sistemov, s tem pa zašumljenost izmerjenih signalov. Analiza z amplitudno demodulacijo je pokazala, da se pojavljajo paketi visokofrekvenčnih fluktuacij tlaka v paketih, ki najverjetneje ustrezajo kavitaciji, ne glede na to, da so senzori kavitacije nameščeni razmeroma daleč od mesta kavitacijske erozije. Sklepamo, da ta kavitacija povzroča kavitacijsko erozijo. Ugotovitve se tudi skladajo z modelnimi preizkusi, ki nakazujejo povečano verjetnost za kavitacijsko erozijo, saj se pojavljajo v identičnih točkah kot smo jih ugotovili z meritvami na prototipu.

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

V nadaljevanju bomo predstavili najpomembnejše cilje raziskovalnega projekta, kakor so navedeni v povzetku raziskovalnega projekta v prijavnem dokumentu in ovrednotili izvajanje projekta glede na prijavo.

1. Glede oblikovanja turbine, ki bo obratovala bližje kavitirajočemu stanju, smo v projektu smo uspešno izvedli meritve in numerično analizo turbine, ki deluje blizu kavitacije. Na osnovi obeh raziskav se je oblikovala nova turbine, ki delovala z najnižjo možno potopitvijo.
2. Glede bazičnih raziskav smo raziskovali vpliv spremenljivega statičnega tlaka ob rotaciji turbine na lopatici v kavitacijskem tunelu. Raziskave v polju spremenljivega statičnega tlaka v kavitacijskem kanalu so bile uspešno končane, ugotovljena je bila povezava med kavitacijskimi strukturami v nizkofrekvenčnem območju (pod 50 kHz) in v visokofrekvenčnem področju (nad 50 kHz)
3. Numerične metode so vključevale modeliranje s komercialnimi in odprto kodnimi programi. Večina numeričnega modeliranja je bilo opravljenega že v letu 2011. V zadnji fazi projekta smo razvili tudi nov kavitacijski model, ki temelji na popolnejši obravnavi Rayleigh-Plessetove enačbe. Tako je možno z precej večjo natančnostjo napovedovati kavitacijo v sistemih s hitro spreminjajočim tlačnim poljem (na primer v turbinah s horizontalno osjo in nizno globino potopitve).
4. Izveden je bil prenos znanja na model turbine. Z vzporednim merjenjem tlaka, izkoristka, vibracij, hrupa in vizualizacijo kavitacije na modelu turbine smo nadgradili poznavanje vpliva spremenljivega tlačnega polja na kavitacijo in njene učinke. V letu 2012 so bile izvedene obsežne meritve kavitacije na prototipu. Merile so se ustrezne spremenljivke, pri čemer je bilo ugotovljeno, kako vplivajo pretok, neto pozitivna sesalna višina in moč turbine na kavitacijo in kavitacijsko erozijo.
5. V zadnji fazi sklopa je bila izdelana dokumentacija za prototip turbine, ki bo omogočal nižjo potopitev turbine. Za dizajn prototipov uporabljamo ugotovitve iz faze meritev v kavitacijskem kanalu, numerične analize in eksperimentalne analize na obstoječem prototipu.
6. Za diseminacijo smo delo predstavili v znanstvenih revijah in na konferencah. Sprejeta sta bila dva članka v znanstvenih revijah, dodatno je bil sprejet in objavljen pa je bil en konferenčni članek. Manjša intenziteta publiciranja je tudi posledica interesa sofinancerja, ki za določene ugotovitve ne želi, da bi bile objavljene, saj predstavljajo pomemben del v projektu pridobljene intelektualne lastnine. Interna diseminacija v okviru raziskovalne skupine sofinancerja je bila opravljena.

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

V času projektu ni bilo sprememb programa raziskovalnega projekta niti sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestava projektne skupine.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	12266011	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Meritve hitrosti kavitacijskega toka s hitro vizualizacijo z rentgenskimi žarki
		ANG	Velocity measurements in cavitating flows by fast X-ray imaging
	Opis	SLO	Raziskovali smo dinamiko tekoče faze in mehurčkov. Meritve temeljijo na ultra hitri vizualizaciji z rentgenskimi žarki izvajajo na APS (Advanced Photon Source) v Argonne National Laboratory. Eksperimentalna naprava je sestavljena iz milimetrirnega Venturi testni dela, povezane s hidravličnim prenosnim sistemom. Meritve so potekale pri različnih konfiguracijah hitrosti, tlaka in temperature. Pri tem smo določili slip hitrost med mehurčki in tekočino. Izračunane Reynoldsove napetosti smo primerjali z napetostmi v primeru toka brez kavitacije.
		ANG	Dynamics of the liquid phase and of the bubbles are both investigated. The measurements are based on ultra fast Xray imaging performed at the APS (Advanced Photon Source) of the Argonne National Laboratory. The experimental device consists of a millimetric Venturi test section associated with a transportable hydraulic loop. Various configurations of velocity, pressure, and temperature have been investigated. The slip velocity between vapor and liquid is calculated everywhere both velocities can be obtained. Reynolds stresses are also calculated, and compared with the ones obtained in noncavitating conditions.
	Objavljeno v	Technische Universität; Pacific center of thermal-fluids engineering]; 14th International symposium on transport phenomena and dynamics of rotating machinery, Honolulu, Hawaii, February 27th to March 2nd, 2012; 2012; [9] f.; Avtorji / Authors: Coutier-Delgosha Olivier, Hočevar Marko, Khelifa Ilyass, Fuzier Sylvie, Vabre A., Fezzaa K., Lee W. K.	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
2.	COBISS ID	12824091	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Eksperimentalna raziskava kavitacije v prototipni turbini
		ANG	Experimental investigation of cavitation in prototype turbine
	Opis	SLO	Prikazani so rezultati eksperimentov na prototipni turbini. Raziskave kavitacije so potekale z merjenjem vibracij, akustične emisije in fluktuacij tlaka. Rezultati kažejo dobro ujemanje med meritvami in izbiro delovne točke elektrarne.
		ANG	Results of experiments in a prototype turbine are presented. Cavitation was studied by measurements of vibrations, acoustic emission and pressure fluctuations. Results show good agreement among measurements and selection of operating point.
	Objavljeno v	Hydroturbo; Hydroturbo 2012; 2012; Datoteka 36 (9 str.); Avtorji / Authors: Cencič Tine, Hočevar Marko, Širok Brane	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	13375771	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Študij zaznavanja kavitacije v črpalnem načinu delovanja elektrarne
		ANG	

		ANG	Study of erosive cavitation detection in pump mode of pump-storage hydropower plant prototype
	Opis	SLO	An experimental investigation has been made to detect cavitation in hydropower plant prototype suffering from leading edge cavitation in pump mode. Vibrations and acoustic emission on the housing of the turbine bearing and pressure fluctuations in the draft tube were measured and the corresponding signals were recorded and analyzed. Several estimators of cavitation were evaluated. According to a coefficient of determination between the Thoma cavitation number and estimators, the best results were achieved with a compound discharge coefficient estimator. That is based on the discharge coefficient and several rms estimators: vibrations, acoustic emission, and pressure fluctuations.
		ANG	An experimental investigation has been made to detect cavitation in hydropower plant prototype suffering from leading edge cavitation in pump mode. Vibrations and acoustic emission on the housing of the turbine bearing and pressure fluctuations in the draft tube were measured and the corresponding signals were recorded and analyzed. Several estimators of cavitation were evaluated according to a coefficient of determination between the Thoma number and cavitation estimators. The best results were achieved with a compound discharge coefficient cavitation estimator that is based on the discharge coefficient and several rms estimators: vibrations, acoustic emission, and pressure fluctuations.
	Objavljeno v		American Society of Mechanical Engineers; Journal of fluids engineering; 2014; Vol. 136, no. 5; str. 051301-1-051301-11; Impact Factor: 0.886; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.171; WoS: IU; Avtorji / Authors: Cencič Tine, Hočevar Marko, Širok Brane
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	12534555	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv velikosti na pojavljanje kavitacijskih oblakov
		ANG	Scale effect on unsteady cloud cavitation
	Opis	SLO	Poskusi so bili opravljeni v šestih geometrijsko podobnih testnih odsekih Venturijeve cevi, kjer smo spreminjali širino, višina ali oboje. Različne vrste nestabilnosti so posledica fluktuacij po dolžini ali trganja oblakov pare, ko se poveča količina testnega dela. To potrjuje, da ima velikost testnega dela pomemben vpliv na kavitacijo. Še posebej pomembno vlogo igra višina testnega dela. Rezultati kažejo, da postane pritrjena kavitacija stabilna, ko se testna sekcija zmanjša, kajti povratni curek se ne more formirati.
		ANG	Experiments were conducted in six geometrically similar Venturi test sections where either width or height or both were scaled. Various types of instabilities are obtained, from simple oscillations of the sheet cavity length to large vapor cloud shedding when the size of the test section is increased. It confirms that small scale has a significant influence on cavitation. Especially the height of the test section plays a major role in the dynamics of the reentrant jet that drives the periodical shedding observed at large scale. Results suggest that the sheet cavity becomes stable when the section is scaled down to a certain point because reentrant jet cannot fully develop.
	Objavljeno v		Springer; Experiments in fluids; 2012; Vol. 53, iss. 5; str. 1233-1250; Impact Factor: 1.572; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.171; A': 1; WoS: IU, PU; Avtorji / Authors: Dular Matevž, Khlifa Ilyass, Fuzier Sylvie, Adama Maiga M., Coutier-Delgosha Olivier
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	13049115	Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Rotacijski generator hidrodinamske kavitacije za čiščenje vode
	ANG	Rotation generator of hydrodynamic cavitation for water treatment
Opis	SLO	Zaradi pomanjkanja sladkovodnih virov je, ravnanje z odpadno vodo globalni problem, kar se kaže tudi v hitri rasti novih tehnologij za čiščenje odpadnih vod. V študiji je predstavljen nov rotacijski generator hidrodinamično kavitacije, za odstranjevanje zdravilnih učinkovin iz vode. Študija je pokazala, da je za učinkovito odstranitev potrebna kombinacija kavitacije z dodajanjem vodikovega peroksida. Preučili smo različne obratovalne točke, oblike rotorjev, tlak v komori, temperatura medije, količina in čas izpostavljanja kavitaciji, ter na ta način optimirali proces. Za različne zdravilne učinkovine (ibuprofen, ketoprofen, karbamazepin in diklofenak) smo dosegli preko 80% učinkovitost razgradnje. Eksperimentalni rezultati kažejo, da ima hidrodinamična kavitacija dober potencial za učinkovito odstranjevanje zdravil, ter da velja nadaljevati z raziskavami in preučiti ustrezno zasnovo za komercialno uporabo.
	ANG	Nowadays, due to lack of freshwater resources a sufficient wastewater management is an environmental concern. This global issue is resulting in the rapid growth of technologies for wastewater treatment. In this study a novel rotation generator of hydrodynamic cavitation is presented, which is used as a tool for pharmaceuticals removal in water. On presented machine analysis of hydrodynamics is made, where the extent and aggressiveness of cavitation is evaluated. The study has shown, that for a sufficient treatment, hydrodynamic cavitation with combination of hydrogen peroxide is needed. The removal of four pharmaceuticals (ibuprofen, ketoprofen, carbamazepine and diclofenac) was considered, where the over 80% effect was achieved. Various operating parameters such as the rotors geometry of the cavitation generator, pressure in the treatment chamber, temperature of the liquid, amount of hydrogen peroxide and time of exposure to the cavitation was investigated. The experimental results show that hydrodynamic cavitation has a good potential for efficient removal of pharmaceuticals what suggests to continue with research in this field and to consider an appropriate design for a commercial use.
Objavljeno v	Elsevier; Separation and purification technology; 2013; Vol. 118; str. 415-423; Impact Factor: 2.894; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.598; A': 1; WoS: II; Avtorji / Authors: Petkovšek Martin, Zupanc Mojca, Dular Matevž, Kosjek Tina, Heath Ester, Kompore Boris, Širok Brane	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	12582427	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Odziv strank pri uporabi dvojnih Francisovih turbin	
	ANG	Field feedback from a double-runner Francis turbine	
Opis	SLO	V prispevku predstavljamo odzive uporabnikov na inštalacijo dvojnih Francisovih turbin.	
	ANG	This manuscript presents the responses to the user's installation of double Francis turbines.	
Šifra	F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
Vienna University of Technology, Institute for Energy Systems and Thermodynamics, Institute for Testing and Research; Conference			

	Objavljeno v	Proceedings; 2012; str. [1-8]; Avtorji / Authors: Gale Janez, Dolenc Damir, Alič Gregor, Kovačič Matjaž, Bergant Anton, Cizelj Sandi	
	Tipologija	1.09 Objavljeni strokovni prispevek na konferenci	
2.	COBISS ID	12392219	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Meritve lokalnih hitrosti v Francisovi turbini BHEL
		ANG	Measurements of local velocities in BHEL Francis turbine
	Opis	SLO	Predstavljena je nova metoda analize vektorjev znotraj pretočnih traktov hidravličnih turbin. Metoda temelji na merjenju lokalnih tlakov s petluknjično Pitotovo sondo znotraj turbine v pretočnem delu. Metoda omogoča meritve v bližini vodilniških lopat, lopatic gonilnika in v sesalni cevi.
		ANG	New method of analysis of vectors of velocity inside hydraulic turbines was presented. Method is based on five hole Pitot probe measurements inside turbine flow tract. The method enables measurements near governor blades, runner blades and in the draft tube.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	Faculty of Mechanical Engineering; 2012; 190 f.; Avtorji / Authors: Malneršič Aleš, Hočevar Marko, Širok Brane	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
3.	COBISS ID	13148699	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Postopek za obdelavo vode s kavitacijo in naprava za kavitacijo
		ANG	Verfahren der Behandlung von Wasser durch Kavitation sowie Kavitiervorrichtung
	Opis	SLO	V patentni prijavi navajamo postopek obdelave vode s kavitacijo. Postopek temelji na tlačnih silah, ki nastanejo v tekočini pod vplivom kavitacije. V patentni prijavi navajamo tudi napravo, ki jo uporabljamo za obdelavo vode s kavitacijo. Naprava sestoji iz dveh turbinskih diskov, ki sta drug od drugega rahlo razmaknjena, od katerih se en disk vrti. Naprava deluje hkrati kot turbinski stroj in kot naprava za obdelavo vode.
		ANG	The patent application process addresses water treatment with cavitation. The process is based on the pressure forces generated in the liquid under the influence of cavitation. The patent application also listed the device used for water treatment with cavitation. The device consists of the two turbine disks, which are from each other slightly spaced apart, of which one disc rotates. The device operates at the same time as the turbine machine, and as a device for the treatment of water.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent	
	Objavljeno v	Deutsches Patent- und Markenamt; 2013; 14, 5 f., [2] f. pril.; Avtorji / Authors: Širok Brane, Dular Matevž, Petkovšek Martin	
	Tipologija	2.23 Patentna prijava	
4.	COBISS ID	12430875	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Dinamika kavitacije na ultrazvočni sondi
		ANG	Dynamics of attached cavitation at an ultrasonic horn tip
	Opis	SLO	V prispevku je predstavljen razvoj novega kavitacijskega modela, ki je namenjen simulacijam kavitacije v hitro speminjajočem tlačnem polju. Gre za prvi tovrstni model, ki odpira široko možnost uporabe - ultrazvočna kavitacija, kavitacija na turbinah shorizontalno osjo, hiter zagon turbočrpalk raketnih motorjev...
			The paper shows the development of a novel approach to modelling of cavitation in rapidly changing pressure field. It is the first of the kind model

		ANG	which enables prediction of cavitation in many applications: ultrasonic cavitation, turbines with horizontal axis, fast startup of rocket engine turbopump...
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Research Publishing Services; Proceedings of the 8th International Symposium on Cavitation, 13 - 16 August 2012, Singapore; 2012; Str. 741-745; Avtorji / Authors: Dular Matevž, Mettin Robert, Žnidarčič Anton, Truong Viet Anh	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
5.	COBISS ID	11827995	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	K natančni napovedi kavitacijske erozije
		ANG	Towards accurate prediction of cavitation erosion
	Opis	SLO	Gre za vabljen predavanje na delovnem sestanku izbranih znanstvenikov s področja kavitacijske erozije. izmed 20 vabljenih predavanj so nas 8 povebili k pisanju znanstvene monografije, ki je leta 2014 izšla pri založbi Springer (DULAR, Matevž. Investigations into dependence between cavitation structures and cavitation erosion : chapter 10. V: KIM, Ki-Han (ur.), et al. Advanced experimental and numerical techniques for cavitation erosion prediction, (Fluid Mechanics and Its Applications, ISSN 0926-5112, 106). Dordrecht [etc.]: Springer, 2014, str. 239-256, ilustr., doi: 10.1007/978-94-017-8539-6_10. [COBISS.SI-ID 13369115]).
		ANG	This is an invited lecture at a workshop, where leading scientists from the field of cavitation erosion met. Out of 20 invited lectures, 8 were selected to contribute to a scientific monograph which was published by Springer in 2014 (DULAR, Matevž. Investigations into dependence between cavitation structures and cavitation erosion : chapter 10. V: KIM, Ki-Han (ur.), et al. Advanced experimental and numerical techniques for cavitation erosion prediction, (Fluid Mechanics and Its Applications, ISSN 0926-5112, 106). Dordrecht [etc.]: Springer, 2014, str. 239-256, ilustr., doi: 10.1007/978-94-017-8539-6_10. [COBISS.SI-ID 13369115]).
	Šifra	B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Dular Matevž	
	Tipologija	3.16	Vabljen predavanje na konferenci brez natisa

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Univerzitetno priznanje:

prof.dr. Brane Širok, i.prof.dr. Matevž Dular, Martin Petkovšek, dr. Mojca Zupanc; Rektorjeva nagrada; za projekt: Rotacijski generator hidro dinamske kavitacije; za drugo mesto; Univerza v Ljubljani, 2014

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

V današnjem hitrem razvoju svetu velja, da moramo na nivoju družbe za trajnostno skrb za okolje skrbeti za med drugim tudi zadostno količino čiste energije. Vodna energija je med vsemi čistimi viri energije najpomembnejša, vendar je večina vodnih virov v razvitem svetu že izkoriščenih, s pomembno izjemo večine rek z nizkim razpoložljivim padcem. Le te v Sloveniji in Evropi še vedno niso izkoriščane za proizvodnjo energije zaradi visokih stroškov izgradnje elektrarn. Visok izkoristek teh elektrarn ob znižani potrebni potopitvi omogoča izkoriščanje

dodatnih vodnih virov, podobno velja za elektrarne, ki delujejo na principu plimovanja morja. V okviru projekta je bila razvita metodologija za dizajn vodnih turbin, ki bodo obratovale z nizkim padcem in nizko potopitvijo. Z modernimi eksperimentalnimi in numeričnimi metodami smo pokazali, da je možno izboljšati dizajn vodnih turbin za obratovanje pri nizkih padcih in nizkih potopitvah. Za to smo izvedli numerične in eksperimentalne študije kavitacije. Kavitacija je eden redkih še nerešenih, pri čemer je še posebej relativno glede na druge tehniške vede slabo raziskano področje kavitacijske erozije. S področja kavitacijske erozije smo objavili več odmevnih znanstvenih prispevkov.

ANG

In today's rapidly changing and developing world we should at the society level look for the sustainable protection of the environment. Among this, a sufficient amount of clean energy is required. Hydropower is among the most important clean energy resources, but most of the water resources in the developed world are already exploited, with the notable exception of most rivers with low available head. Rivers with low head in Slovenia and Europe are still not exploited for energy production due to high costs of power plant erection. High efficiency of these power plants at a reduced need for submersion depth allows the use of alternative water sources, the same is true for power plants that operate on the principle of sea tide . The project developed methodology for the design of water turbines that will operate with a low head and low submersion depth. With modern experimental and numerical methods, we have shown that it is possible to improve the design of water turbines operating at low head and low submersion depths. For this, we performed numerical and experimental studies of cavitation. Cavitation is one of the few pending scientific areas, wherein, in particular relative to other engineering disciplines is poorly understood area of cavitation erosion. In the area of cavitation erosion, we have published several high-profile scientific papers.

9.2.Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Področje razvoja vodnih turbin je eno najstarejših področij v tehniki. V Sloveniji, ki je z vodno energijo bogata država, velike vodne turbine obratujejo že približno 100 let. Ob tem je v Sloveniji močno prisotno znanje o razvoju in izdelavi velikih vodnih turbin. Z razvojem turbin in njihovo izdelavo se v Sloveniji ukvarja veliko število podjetij, od katerih je veliko podjetje Litostroj Power d.d. prisotno v več kot 50 državah po svetu in je izdelalo in kupcem dobavilo več kot 450 turbinskih agregatov z več kot 17 GW moči.

Z uspešnim nastopanjem na trgu Slovenija poleg ekonomskih koristi pridobiva tudi na prepoznavnosti. Večina držav, mednje sodijo tudi tehnološko zelo razvite države, nima možnosti proizvodnje velikih vodnih turbin. Pri tem se Slovenija postavlja ob bok redkim državam, ki so sposobne proizvodnje velikih vodnih turbin, kot so ZDA, Japonska, Nemčija, Avstrija, Francija, Rusija in Kitajska. Naša naloga je, da ohranjamo tako prepoznavnost Slovenije, k čemur so pripomogli tudi rezultati tega projekta.

Za uspešno nastopanje na trgu se mora proizvajalec velikih vodnih turbin spopasti s svetovno konkurenco, kar pa je možno samo z odličnim znanjem in dobro organiziranostjo podjetja. Od tega zavisijo veliko številno delovnih mest v proizvodnji, servisu in drugih spremljevalnih dejavnostih, povezanih s proizvodnim programom vodnih turbin. Hkrati gre za področje tehnike, kjer je zaradi velike količine v izdelek vloženega znanja dodana vrednost za produkt zelo velika.

Znanje, ki smo ga v okviru projekta osvojili, je na voljo uporabniku podjetju Litostroj Power d.d., hkrati pa je na voljo tudi Fakulteti za strojništvo. Za Litostroj Power d.d. rezultati projekta omogočajo ugodnejši položaj na globalnem svetovnem trgu. Ob tem bomo uporabljene numerične in eksperimentalne metode na Fakulteti za strojništvo uporabili za prihodnje projekte s področja razvoja velikih vodnih turbin ali pa za razvoj na sorodnih tehničnih področjih turbinskih strojev, kjer deluje v Sloveniji veliko število proizvodnih podjetij.

ANG

Development of water turbines is one of the oldest areas of engineering. In Slovenia, which is with hydropower rich country, are large water turbines already in operation for about 100 years. Knowledge of the development and manufacture of large water turbines has a strong presence in Slovenia. With the development of turbines and their production in Slovenia in a large number of companies is engaged, among them a large company Litostroj Power d.d. is present in more than 50 countries around the world and has manufactured and supplied to

customers more than 450 turbines with more than 17 GW of electric power. With a successful appearance on the global world market in addition to the economic benefits slovenija benefits on visibility of identity. Most countries , among them are included technologically developed countries, does not have a production capacity for large water turbines. In this context, Slovenia abreast of the few countries that have ability of large water turbines manufacture, such as the U.S. , Japan , Germany , Austria , France , Russia and China. Our mission is to preserve both the recognition and identity of Slovenia, to which contributed also the results of this project .

For successful performance on the market, the manufacturer of large water turbines must cope with global competition. This is only possible with excellent knowledge and good organization of the company. On excellent knowledge and good organization depends a large number of jobs in manufacturing, service, and other related activities, associated with the production program of water turbines. At the same time it is a field of engineering, where the vast amount of knowledge is embedded in the product and therefore added value of the product is very high. The knowledge that we have obtained within the project is available to the user Litostroj Power d.d. , while at the volju the Faculty of Mechanical Engineering . For Litostroj Power d.d. project results in more favorable position in the global world market. At the same time for the project modern numerical and measurement methods were used at the Faculty of Mechanical Engineering. These can be used again or upgraded for future projects in the field of development of large water turbines or for the development of related technical areas of turbomachinery, for which in Slovenia, a large number of manufacturing companies exist.

**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	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15 Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16 Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)		
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.19 Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20 Ustanovitev novega podjetja ("spin off")		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21 Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22 Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

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	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička					

		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input checked="" 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"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" 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"/>	
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	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" 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"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

Sofinancer					
1.	<table border="1"> <tr> <td>Naziv</td> <td>LITOSTROJ POWER, družba za projektiranje, gradnjo elektrarn in izdelavo energetske ter industrijske opreme, d.o.o.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Naziv	LITOSTROJ POWER, družba za projektiranje, gradnjo elektrarn in izdelavo energetske ter industrijske opreme, d.o.o.		
Naziv	LITOSTROJ POWER, družba za projektiranje, gradnjo elektrarn in izdelavo energetske ter industrijske opreme, d.o.o.				

Naslov	Litostrojska cesta 50, 1000 Ljubljana - Slovenija (SI)	
Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	13.342,88	EUR
Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1. Izvedba tehnične rešitve za HE Neue Ruchig, Švica	F.06
	2. Hydraulic design and CFD Analysis Bulb/PIT turbine 3KP10E; interno poročilo št.2011-60-003-0917	F.06
	3. 3KP10E Full Model Test Report; poročilo št. VAV - 2014 - 1068	F.06
	4. Izvedba tehnične rešitve za HE Klosterfoss, Norveška; E1-o798	F.07
	5.	
Komentar	Litostroj Power se je osredotočil na pripravo tehnične dokumentacije in operativno izvedbo tehnične rešitve na projektih z horizontalnimi cevniimi turbinami, ki jih je uspel pridobiti na podlagi vloška v raziskave in razvoj hidravličnih oblik za stroje takega tipa v predhodnih fazah projekta. Izziv na področju projektiranja mehanskih komponent teh strojev ter operativne izdelave in izvedbe projekta kakor tudi funkcionalno sinhronizacijo z ostalimi komponentami te tehnične rešitve predstavlja poseben in svojevrsten problem. Pričakujemo, da bo v kratkem pričel uspešno delovati prvi stroj tega tipa.	
Ocena	Faze raziskovalnega dela so bile usklajene z razvojnimi aktivnostmi sofinancerja.	

13. Izjemni dosežek v letu 2013¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Prva meritev vpliva velikosti merilne postaje na dinamiko razvite kavitacije. Pokazali smo, da velikost merilne postaje odločilno vpliva na vrsto nestabilnosti, ki prehaja od majhnih fluktuacij v dolžini kavitacijskega žepa do trganja oblakov večjih oblakov pare. Še posebej pomembno vlogo igra višina testnega dela. Rezultati kažejo, da postane pritrjena kavitacija stabilna, ko se testna sekcija zmanjša, saj se povratni curek ne more več formirati.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Predstavljena je nova metoda analize vektorjev znotraj pretočnih traktov hidravličnih turbin. Metoda temelji na merjenju lokalnih tlakov s petluknjično Pitotovo sondo znotraj turbine v pretočnem delu. Metoda omogoča meritev v bližini vodilniških lopat, lopatic gonilnika in v sesalni cevi.

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	15.4.2014
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2014/97

- 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 / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)
- ¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2013 (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 priložitev/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2014 v1.03

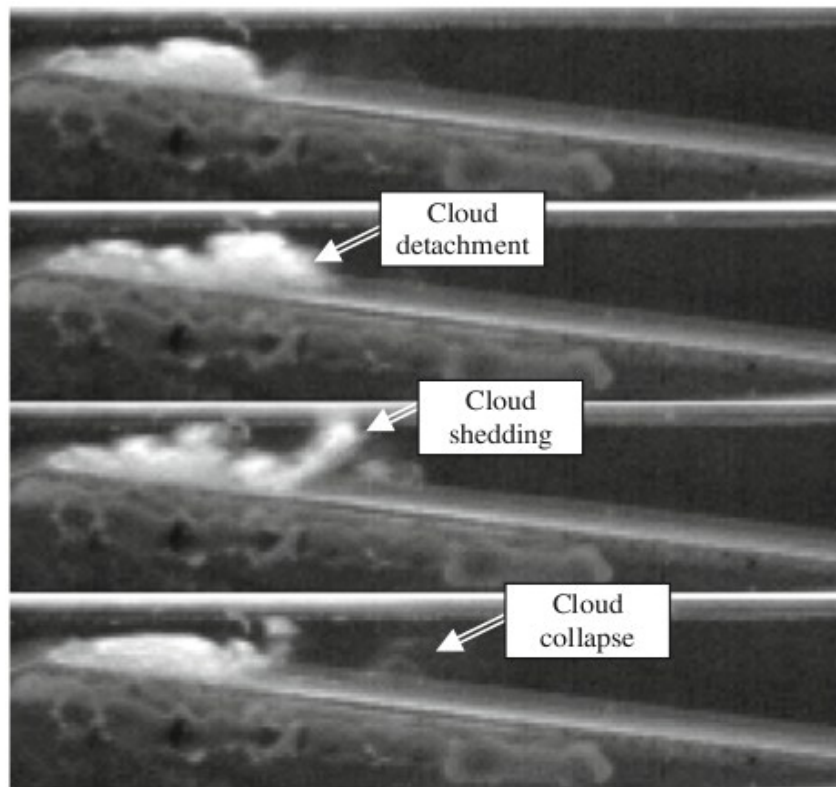
06-AF-CB-C6-B0-29-E8-53-E5-81-7E-EA-10-3C-B9-12-28-2A-F6-75

Priloga 1

Veda: Tehniške in tehnološke vede

Področje: Energetika 2.03

Dosežek 1: Prva meritev vpliva velikosti merilne postaje na dinamiko razvite kavitacije



Prva meritev vpliva velikosti merilne postaje na dinamiko razvite kavitacije. Pokazali smo, da velikost merilne postaje odločilno vpliva na vrsto nestabilnosti, ki prehaja od majhnih fluktuacij v dolžini kavitacijskega žepa do trganja oblakov večjih oblakov pare. Še posebej pomembno vlogo igra višina testnega dela. Rezultati kažejo, da postane pritrjena kavitacija stabilna, ko se testna sekcija zmanjša, saj se povratni curek ne more več formirati.

Vir: DULAR, Matevž, KHLIFA, Ilyass, FUZIER, Sylvie, ADAMA MAIGA, M., COUTIER-DELGOSHA, Olivier. Scale effect on unsteady cloud cavitation. Experiments in fluids, ISSN 0723-4864, 2012, vol. 53, iss. 5, str. 1233-1250, ilustr., doi: 10.1007/s00348-012-1356-7. [COBISS.SI-ID 12534555]