

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2013/42



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0354
Naslov programa	Zmanjševanje hrupa in njegovega vpliva na ljudi
Vodja programa	3569 Mirko Čudina
Obseg raziskovalnih ur	9108
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo 244 ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d. 834 DOMEL, Elektromotorji in gospodinjstvi aparati, d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.08 Varstvo okolja
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.07
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.07 Okoljsko inženirstvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Povzetek raziskovalnega programa²

SLO

Hrup je problem civilizacije. Čezmeren hrup povzroča poškodbo sluha in vrsto psihofizioloških motenj. Vpliva tudi na učni uspeh, na delovno učinkovitost in na življenjsko dobo. Hrup je tako problem varstva okolja, humanizacije delovnega mesta in družbe kot celote. Stroji in naprave so ob prometu glavni povzročitelji hrupa tako na delovnem mestu kot v naravnem in življenjskem okolju. Skratka več strojev pomeni manj fizičnega dela, vendar tudi manj miru, manj ugodja. Poleg tega prehrupni stroji zmanjšujejo konkurenčno sposobnost izdelkov, zlasti na industrijsko razvitem trgu, zato je tihi izdelek najboljši prodajni argument. Zmanjševanje hrupa strojev in naprav ima tako

velik pomen za gospodarski in družbeni razvoj, hkrati ima velik vpliv na izboljšanje konkurenčne sposobnosti gospodarstva, kakovost življenja in zdravja ljudi ter trajnostni razvoj. Da bi znali zmanjšati hrup nekega kompleksnega vira moramo najprej znati dominantni vir hrupa identificirati, locirati, definirati in popisati tako v časovni kot v frekvenčni domeni. To pomeni, da moramo poznati njegovo zvočno moč, sliko sevanja in spekter hrupa ter časovni potek. Da bi lahko zmanjšati hrup moramo poznati mehanizme nastajanja hrupa, pa tudi namen vira, da ne bi kakorkoli spremenili njegove karakteristike. Mehanizmi nastajanja hrupa se razlikujejo pri različnih tipih strojev in pri različnih režimih obratovanja.

Programska skupina se primarno ukvarja prav z odkrivanjem in popisom mehanizmov nastajanja hrupa in implementacijo usvojenih znanj pri zmanjšanju hrupa obstoječih virov in pri snovanju novih tihih izdelkov. Pri tem poseben poudarek dajemo mehanizmom nastajanja hrupa pri energetskih strojih (ventilatorjih, kompresorjih, črpalkah, turbinah in motorjih z notranjim zgorevanjem) in še posebej pri prehodnih režimih obratovanja, kot so tvorba zastojskih vrtincev in prečrpavanja, ter kavitacije pri vodnih strojih. Poleg tega posvečamo pozornost tudi impulznim virom hrupa z značilnim pikom v časovni domeni. Tudi zato, ker je pri učinkih impulznega hrupa čas restitucije do pet krat in več daljši kot pri izpostavljenosti kontinuiranemu hrupu. Precej pozornosti posveča programska skupina tudi uporabi slišnega zvoka za monitoring procesov in pretočnih pojavov v procesni tehniki, pri vrednotenju tehnoloških postopkov (varjenja, rezanja) in kontroli kakovosti izdelka. Dobljene rezultate poskušamo sproti implementirati pri izdelavi obstoječih ali razvoju novih izdelkov. Ker pogosto kakšna sprememba sicer zmanjša totalno raven hrupa, občutek oz. percepcija hrupa pa kaže na neprijetno spremembo, ki je bolj moteča, kot je bila pri hrupu z višjo ravno, smo se v zadnjih dveh letih posvetili še subjektivnim raziskavam, to je psiho-akustičnim cenilkam, ki jih ta uporablja za oceno kakovosti vira hrupa oz. njegovo percepcijo. Metodo smo uspešno implementirali pri sesalnih enotah.

ANG

Noise is a drawback of our civilization. Excessive noise damages hearing and causes a number of psycho-physiological disorders. It also affects work efficiency, the academic success and lifespan. Noise is an issue that concerns both the protection of the environment and the humanization of working place and so society as a whole. In addition to traffic, the most common causes of noise both at workplace and in the natural and living environment are machinery and equipment. In short, more machines means less physical work, but also less peace and comfort. If a machine generates excessive noise levels, this often reduces its competitiveness as a product, particularly in industrially developed markets; therefore, a quiet product is the best marketing argument. Reducing the noise levels of machines and equipment is thus significant for economic and social development and greatly influences the improvement of the competitive advantage of the economy, the quality of life and sustainable development. To noise control of a complex source one must be able to identify, locate, define and describe noise source in terms of time and frequency domains. This means to know its sound power, sound pattern, spectrum and time history. To be able to reduce the source of noise, one must know the mechanisms of noise generation, and purpose of the source in order to preserve its rated characteristics. Noise generating mechanisms are different in different types of machines and also at different operating conditions.

The programme group primarily deals with detecting and describing noise generation mechanisms and implementing acquired knowledge to reduce noise from existing sources and develop new products. Special emphasis is given to mechanisms of noise

generation in power machinery (fans, compressors, pumps, turbines and IC engines). In these respect great emphases is given to transient phenomena in operation of turbo-machinery, such as when the rotating stall and surge or cavitation in water machines appear. In addition, great attention is also given to impulse noise with a typical peak in time domain. This is also due to the fact that with impulse effects, restitution time is about five times longer than with exposure to continuous noise. The programme group also devotes a great deal of attention to the use of audible sound for monitoring processes and flow phenomena in process engineering, evaluating technological procedures (welding, cutting) and product quality control. The results obtained, we are trying to implement in the manufacture of existing or the development of new products. Often some changes while reducing the total noise level, a feeling or a perception of noise, however, points to an embarrassing change that is more distracting than it was in the noise with higher levels. Therefore, in the last two years we are given our attention to subjective assessment of noise, i.e. to psychoacoustic parameters, which are used to assess the quality of the noise source and its perception. The method was successfully implemented on suction units.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu³

SLO

V obdobju 2009 do 2012 je programska skupina uspešno realizirala večino predloženega programa izpred štirih let, prvotno predlaganega za obdobje 6 let. Programska skupina sestoji iz treh raziskovalnih podskupin in sicer Tehnične akustike iz Fakulteti za strojništvo (FS), kot nosilne raziskovalne organizacije, in dveh raziskovalnih skupin Razvojna področja DOMEL in Varstvo pri delu (ZVD) kot koncesionarjev. Sodelovanje med raziskovalnimi skupinami je bilo interaktivno in se je dopolnjevalo tako na raziskovalnem kot izobraževalnem področju, tudi v obliki gostovanj na Fakulteti za strojništvo kot najvišji inštituciji znanja na tem področju pri nas. Sodelovanje se je izkazalo za učinkovito in za družbo kot celoto zelo koristno, saj omogoča interakcijo med različnimi vidiki istega problema, hrupa. Rezultat tega so tudi nekatere skupne objave raziskovalnih dosežkov, čeprav so skupine primarno zasledovale cilje svoje raziskovalne skupine.

Skupina za **Tehnično akustiko (FS)** je glavnino raziskav posvetila odkrivanju in popisu mehanizmov nastajanja hrupa pri strojih in napravah pri različnih geometrijah stroja in režimih obratovanja, s poudarkom na prehodnih režimih (pojav zastojskih vrtincev in prečrpavanja ter kavitacije), pri katerih prihaja do precejšnjega porasta hrupa. Z raziskavami vpliva geometrijskih in obratovalnih parametrov na energetske karakteristike in karakteristike hrupa energetskega stroja (črpalke, kompresorja, ventilatorja, turbine, vetrnice) je skupina dokazala, da je aerodinamični mehanizem nastajanja hrupa, pri kakovostni tehnologiji izdelave, prevladujoč v primerjavi z mehanskim oz. strukturalnim virom hrupa, ki je posledica vibracij stroja, in sicer pri vseh režimih obratovanja. Poleg tega je skupina raziskovala in izpopolnjevala poti in načine za implementacijo zvoka v slišnem delu spektra za monitoring delovanja strojev in procesov ter za kontrolo kakovosti tehnoloških postopkov, kot so varjenje in rezanje z vodnim curkom (water jet). Skupina je nadaljevala tudi z razvojem aktivnega dušenja hrupa in uporabi dipolnega vira kot sekundarnega vira zvoka ter resonatorja četrtine valovne dolžine za nevtralizacijo akustične povratne zanke, ki predstavlja glavni problem pri aktivnem dušenju hrupa z brezzančno krmilno strukturo. Nadalje je skupina implementirala tudi uporabo ultrazvoka pri pospeševanju postopka kaljenja jekla in prenosnikov toplote na principu razbijanja nastalih parnih mehurčkov in intenziviranju prenosa toplote. Največje odkritje skupine je bila ugotovitev, da se da začetek in razvoj kavitacije pri vodnih črpalkah zasledovati z diskretno frekvenco znotraj slišnega dela spektra in da se da s to isto diskretno frekvenco določati tudi čisto pozitivno sesalno višino (angl. NPSH - Net Positive Suction Head), ki ustreza standardiziranemu 3% padcu celotne črpalne višine, ki se drugače določa na posebnem preskuševališču v laboratorijskih pogojih. Metoda rabi enostaven merilni sistem, ki sestoji iz mikrofona in računalnika z zvočno kartico, in je uporabna za

monitoring kavitacije in ugotavljanje NPSH na črpalkah delujočih tudi v okviru črpalnega sistema na terenu. Ugotovili smo tudi mehanizem generiranja te diskretne frekvence. Dokazali smo, da je ta posledica lastnih vibracij strukture (ohišja) črpalke, ki jo povzroči implozija kavitacijskih mehurčkov in bombardiranje sten v notranjosti črpalke. Ne nazadnje smo implementirali raziskave tudi na področju psihoakustike, to je cenilk, kot so glasnost, jakost fluktuacije, ostrina, hrapavost in tonalnost, ki popisujejo subjektivno percepcijo hrupa, ki ga emitira stroj.

Skupina **Razvojna področja (DOMEL)** je v tem obdobju razvijala novo generacijo sesalnih enot za mokro sesanje in za gorivne celice. Pri implementaciji novih predlogov in rešitev je uporabljala sodobne optimizacijske metode ob uporabi CFD analize in programskih paketov Fluent in ANSYS. Ob intenzivnem sodelovanju z raziskovalno skupino Tehnična akustika (FS) ji je uspelo izdelati zelo učinkovito in tiho sesalno enoto, ki ima izboljšan izkoristek in nižji hrup do 5 dB(A) neodvisno od režima obratovanja. Poleg tega je bila zmanjšana poraba materiala in znižani stroški proizvodnje. Enota za mokro sesanje je postala glavni prodajni produkt DOMELA in pokriva največji tržni delež izmed vseh proizvajalcev na svetu. Skupni tržni delež vseh njenih sesalnih enot je velikanski, od 35% svetovne do 65% evropske proizvodnje. Skupina aktivno nadaljuje z novimi izboljšavami, saj želi ohraniti in izboljšati tržni delež na tem področju. V zadnjem času so se osredotočili na implementacijo nove zasnove sesalne enote z novo zasnovo rotorja puhala in na trženje rezultatov analize psihoakustičnih cenilk, ki sta ju predlagala skupina iz FS.

Skupina za **Varstvo pri delu (ZVD)** je v okviru laboratorija za fizikalne meritve in aktivnosti na področju okoljske akustike razvila nov model za identifikacijo dominantnih virov hrupa znotraj večjih kompleksnih sistemov, pri čemer je uporabila metodo merjenja hrupa nekoherentnih virov hrupa na emisijskem in imisijskem mestu. Na področju raziskav impulznega hrupa, predvsem pri pokih petard ob novoletnih praznikih in raznih veselicah, ter visokoenergijskega hrupa, ki nastane pri razstreljevanju v kamnolomih in pri pokih iz orožij na raznih vojaških in policijskih poligonih in vadbiščih, je skupina ugotovila, da je impulzna korekcija pri okoljski obremenitvi odvisna od jakosti impulznega hrupa in časa merjenja in na podlagi teh ugotovitev predlagala spremembo slovenske in evropske zakonodaje na tem področju. V okviru laboratorija za medicino dela so raziskovali vpliv impulznega hrupa in še posebej visokoenergijskega impulznega hrupa na poškodbe sluha in ekstra auralne učinke pri ljudeh (delavcih), ki so takemu hrupu izpostavljeni. V zadnjem času se posvečajo še problemu hrupa, ki ga ta ima na ugodje na delovnem mestu in v bivalnem okolju.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

SLO

Programska skupina, ki trenutno šteje 8 (eno leto 9) raziskovalcev, 1 tehnika in 2 MR, se ukvarja z raziskavami, ki pokrivajo širok spekter akustike, hrupa in vibracij, ki jih združuje osnovni cilj zmanjševanje hrupa in njegovega vpliva na ljudi. V obdobju 2009 do 2012 je programska skupina uspešno uresničevala zastavljene raziskovalne cilje izpred štirih let, ali jih celo preseгла. Med drugim to dokazujejo tudi številne objave in citati. V tem obdobju je programska skupina objavila 136 znanstvenih prispevkov, od tega 20 člankov v mednarodnih revijah z IF, 19 člankov v revijah brez IF in 83 člankov na mednarodnih znanstvenih konferencah. Število citatov celotne programske skupine je 495. Vodja programske skupine izkazuje v tem obdobju 10 člankov v revijah z IF, 2 vabljena predavanja in 30 člankov na mednarodnih znanstvenih konferencah. Njegovo število citatov je v tem obdobju poraslo od 11 v letu 2009 na 150 v letu 2012. Skupno število točk vodje je trenutno 674,42 in celotne skupine 2484,06 točk. V okviru tega programa sta bila opravljena tudi 2 znanstvena magistrirja in 2 doktorata znanosti ter 1 doktorat v so-mentorstvu. Opravljeno je tudi 19 diplom univerzitetnega študija in 2 diplomi bolonjskega študija. Štirje člani programske skupine so dali tudi 8 intervjujev za dnevno časopisje na temo hrupa. Dosežki skupine imajo veliki vpliv na usmeritev in razvoj področja v Sloveniji, saj je vodilna skupina, ki pokriva vse segmente od čisto teoretičnih do aplikativnih in zdravstvenih, z visoko stopnjo implementacije rezultatov v praksi. Visok tržni delež sesalnih enot (s 65% evropske in 35% svetovne proizvodnje) je sad predvsem raziskav znotraj te programske skupine. Število

citativ, ki je v zadnjem času v nenehnem porastu, priča, da skupina ima potencial in da ima vpliv na znanstvene kroge tudi v mednarodnem okolju. Skupina aktivno sodeluje z gospodarstvom pri reševanju njihovih tekočih problemov. Prav tako izkazuje precejšnjo aktivnost tudi na društvenem področju, saj v okviru Slovenskega društva za akustiko in regionalnega Alps Adria Acoustics Association, ki ju stalno ali občasno vodi, organizira redne dveletne kongrese, seminarje in medlaboratorijske primerjalne meritve. Izdatno pomaga tudi številnim državnim organom na tem področju (od sodnega izvedeništva, Slovenske akreditacije, prevzemanja in prevodov mednarodnih standardov in predpisov pri SIST itn.). Na mednarodnem področju je skupina vključena v več programov EU, kot so COST akcije in v okviru sodelovanja s priznanimi inštituti na reševanju konkretnih nalog, čeprav se zavedamo, da se to sodelovanje mora v bodoče razširiti z vključevanjem v evropske projekte, ki jih financira in podpira EU. Programska skupina je v zagonu in mlajši, vključno z novimi člani in MR, predstavljajo potencial, ki obeta nove dosežke na tem civilizacijsko relativno novem in tako aktualnem področju. Naš moto je vrniti naravi mir, delovnemu okolju humanost, kar lahko dosežemo le s tihimi in okolju prijaznimi izdelki.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁵

Program sam v osnovi ni bil spreminjan, spremenilo se je le obdobje trajanja programa, namesto predlaganih 6 je program trajal le 4 leta. Krajši čas trajanja je razlog, da doseženi rezultati niso še večji.

Programska skupina se je z leti številčno spreminjala oz. dopolnjevala. Leta 2010 se je za 3 mesece vključila v skupino dr. Rupnik Poklukar Darja, asistentka pri predmetu matematika, ki je pomagala pri razreševanju kompleksnih matematičnih problemov. Leta 2010 se je za eno leto vključil dr. Ferdinand Deželak, s katerim smo skupaj razreševali pojav impulznega hrupa pri pokanju petard v času novoletnih praznikov in leta 2011/2012 se je v skupino vključil še dr. Jan Černetič, ki je po zaključku doktorskega študija še nekaj časa raziskoval na problematiki programske skupine. Oba slednja sta objavila tudi po en članek v mednarodni recenzirani reviji z impact faktorjem.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	10815771	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zaznavanje kavitacije pri delovanju turbo črpalk
		ANG	Detection of cavitation in operation of kinetic pumps
	Opis	SLO	Varno obratovanje turbo črpalke, kot gonilnikov tekočin, je lahko moteno med drugim tudi zaradi pojava kavitacije. Kavitacija je Ahilova peta turbo črpalk. Ta lahko povzroči poslabšanje hidravličnih performans, poškodbo črpalke zaradi erozije materiala ter strukturne vibracije in hrup. Kavitacija se lahko pojavi znotraj celotnega režima obratovanja, zato jo moramo preprečiti z vsemi sredstvi. Da bi preprečili kavitacijo v črpalki moramo vedeti njen začetek in razvoj v črpalki. V ta namen se lahko uporabi, med drugim, nastali hrup v slišnem območju frekvenc. Eksperimenti so pokazali da obstaja nek ton diskretne frekvence v slišnem delu spektra, ki je v ozki zvezi z razvojem kavitacije v črpalki. Zato smo to diskretno frekvenco izločili iz spektra hrupa in jo uporabili za ugotavljanje začetka kavitacije in njen razvoj, kakor tudi za preprečevanje pojava kavitacije v črpalki s pomočjo sprožanja alarma, ustavljanja ali sprožanja signala preko električnega kontrolnega sistema.
			Safe operation of kinetic pumps, as liquid movers, can be threatened by cavitation phenomenon in, amongst others. Cavitation is the Achilles' heel of kinetic pumps. It can cause deterioration of the hydraulic performance, damage of the pump by pitting and material erosion, and structure vibration and noise. Cavitation can appear within the entire range of operating conditions, therefore it must by all means be prevented. To prevent cavitation in a pump we have to know the beginning and

		development of the cavitation in the pump. For this purpose, the emitted noise in the audible range can be used, amongst other possibilities. Experiments have shown that there is a discrete frequency tone within the audible noise spectra, which is in strong correlation with development of the cavitation process in the pump. Therefore, the discrete frequency tone can be separated from the noise spectra of a cavitating pump and used to detect the incipient of cavitation and its development as well as to prevent the onset of the cavitation process in the pump, by means of initiating an alarm, shutdown, or control signal via an electrical control system.
	Objavljeno v	Elsevier Science; Applied acoustics; 2009; Vol. 70, issue 4; str. 540-546; Impact Factor: 0.784; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.068; Avtorji / Authors: Čudina Mirko, Prezelj Jurij
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	11830043 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Ocena merilne negotovosti pri odkrivanju kavitacije v centrifugalnih črpalkah
		ANG Estimating uncertainty of measurements for cavitation detection in a centrifugal pump
	Opis	SLO Meritve hrupa in vibracij v slišnem delu spektra za ugotavljanje pojava kavitacije v centrifugalnih črpalkah je praktično nova metoda. Že opravljene študije na tem področju so pokazale zelo dobre rezultate. Ker je več različnih parametrov, ki vplivajo na kakovost meritev, je bilo potrebno opraviti analizo merilne negotovosti. Ta članek se ukvarja z oceno merilne negotovosti za različne vrste opravljenih meritev za odkrivanje kavitacije v centrifugalnih črpalkah z uporabo zvoka in vibracij v slišnem delu spektra od 20 Hz to 20 kHz. Poseben poudarek je bil dan analizi merilne negotovosti pri odkrivanju kavitacije v širokopasovnem območju in pri diskretnih frekvencah. Rezultati analize so pokazali, da je ta tehnika zanesljiva ne glede na veliko možnih vplivov na negotovost.
		ANG Measurement of noise and vibration signal in audible frequency range to detect cavitation in centrifugal pumps is rather unknown technique. There were already some studies performed on this technique and they showed quite good results. Due to many factors that influence the quality of the measurement, an uncertainty analysis should be performed. This paper deals with estimation of a measurement uncertainty for different kinds of measurement ways to detect the cavitation in a centrifugal pump with noise and vibration signal in audible frequency range from 20 Hz to 20 kHz. Especially the measurement uncertainties for cavitation detection in broad frequency range and at a discrete frequency were analyzed. Results showed that this technique is reliable despite many possible influences on uncertainty.
	Objavljeno v	Elsevier; Measurement; 2011; Vol. 44, iss. 7; str. 1293-1299; Impact Factor: 0.836; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.881; Avtorji / Authors: Černetič Jan, Čudina Mirko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	11839771 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Nova zasnova sekundarnega vira za zmanjšanje hrupa ventilatorja v prezračevalnem kanalu
		ANG A secondary source configuration for control of a ventilation fan noise in ducts
		Glavni vir hrupa v prezračevalnih sistemih je običajno ventilator. Hrup, ki ga generira ventilator se prenaša po cevi v življenjsko okolje. Tipičen spekter hrupa ventilatorja sestoji iz širokopasovnega hrupa s poudarjenimi toni diskretnih frekvenc. Poudarjene frekvence so posledica rotacije rotorja

Opis	SLO	in/ali rotorskih lopatic. Obstajajo različne metode za zmanjšanje teh poudarjenih frekvenc od ventilatorja do življenjskega in delovnega okolja. V tem članku je prikazano, kako lahko z metodo aktivnega dušenja hrupa skupaj s stranskim resonatorjem zmanjšamo poudarjene frekvence. Učinkovitost sistema aktivnega dušenja hrupa je odvisna od kakovosti referenčnega signala, ki bi moral biti v popolni korelaciji s primarnim virom hrupa. Akustična povratna zanka je v tem primeru glavni problem aktivnega dušenja hrupa s feedforward strukturo. Predlagana kombinirana metoda uporablja zvočnik, ki dela kot dipolni vir hrupa skupaj s stranskim resonatorjem za redukcijo akustične povratne zanke. Stranski resonator zmanjša prenos hrupa tudi v ozko-frekvenčnem območju. V tem članku je predstavljeno tudi teoretično ozadje delovanja dipolnega vira s stranskim resonatorjem, poleg nekaj eksperimentalnih rezultatov in simulacij aktivnega dušenja hrupa.		
	ANG	The main noise source in heating, ventilation, and air conditioning systems is usually a ventilating fan. Noise, generated by the ventilating fan is transmitted through the duct into the living and working environment. A typical fan noise spectrum consists of a broadband noise, which is superimposed with pure tones. Different methods are available to reduce a transmission of such noise from the ventilating fan into the living and working environment. In this article it is demonstrated how a feedforward active noise control system can be implemented together with a side branch resonator. Effectiveness of the feedforward active noise control system depends on the quality of a reference signal, which should be in a perfect correlation with the primary noise. An acoustic feedback is the main problem of feedforward active noise control systems in ducts. A combined method uses a single loudspeaker to work as a dipole source and a side branch resonator to reduce the acoustic feedback. A side branch resonator reduces noise transmission in a narrowband frequency range as well. In this article, a theoretical background of a dipole source with a side branch resonator is presented, along with some measurement results and simulations of active noise control.		
	Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2011; Vol. 57, no. 6; str. 468-476; Impact Factor: 0.398;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; Avtorji / Authors: Prezelj Jurij, Čudina Mirko		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
4.	COBISS ID	11736347	Vir: COBISS.SI	
Opis	Naslov	SLO	Določanje deleža aerodinamično in z vibracijami vzbujanega hrupa v sesalni enoti	
		ANG	Quantification of aerodynamically induced noise and vibration-induced noise in a suction unit	
		SLO	Hrup, ki ga proizvaja centrifugalno puhalo se lahko v grobem deli, glede na njegov izvor, na aerodinamično vzbujan in vibracijsko vzbujan hrup. Prispevek posameznega deleža teh dveh virov hrupa v celotni ravni hrupa je težko določiti, čeprav je to ključno pri izdelavi ukrepov za zmanjševanje hrupa. Da bi zmanjšali hrup centrifugalnega puhal v širokem območju obratovalnih režimov je potrebno poprej identificirati vire hrupa. Analiza najpomembnejših virov hrupa v centrifugalnem puhalu, ki je predstavljen v tem članku, je bila izvedena z meritvami prenosne funkcije med hrupom in vibracijami, pri različnih tipih vzbujanja. Na podlagi analize je bilo ugotoviti, da se prevladujoči vir hrupa centrifugalnega puhal lahko pripiše aerodinamično vzbujanemu hrupu, ki presega vibracijsko vzbujan hrup za več kot 10 dB v širokem območju frekvenc.	
			Noise, generated by a centrifugal blower, can be divided according to its	

5.	ANG		origin, into aerodynamically induced noise and vibration induced noise. The contribution of the individual noise source to the total emitted noise is hard to determine, but it is crucial for the design of noise reduction measures. In order to reduce the noise of the centrifugal blower in a broad range of operating conditions, an identification of noise sources needs to be performed. An analysis of the most important noise origin in a centrifugal blower presented in this article was performed by measurements of the transfer function between noise and vibration, under different types of excitation. From the analyses one can conclude that the dominant noise source of a centrifugal blower can be attributed to the aerodynamically generated noise which exceeds the vibration induced noise for more than 10 dB in a broad frequency range.
	Objavljeno v		Mechanical Engineering Publications; Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers; 2011; Vol. 225, no. 3; str. 617-624; Impact Factor: 0.473; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; WoS: IU; Avtorji / Authors: Prezelj Jurij, Čudina Mirko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS ID		10947099 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zaznavanje kavitacije pri delovanju črpalke na mestu obratovanja
Opis		ANG	Detection of cavitation in situ operation of kinetic pumps
		SLO	Kavitacija znotraj črpalke povzroča, poleg drugih stranskih učinkov, strukturne vibracije in hrup. Eksperimenti so pokazali, da obstaja diskretna frekvenca ali ozkopasovni peak znotraj slišnega spektra hrupa, ki je v ozki povezavi s pojavom kavitacije in njenim razvojem v črpalci. Poleg tega ta peak diskretne frekvence sovpada tudi s kritično vrednostjo čiste pozitivne sesalne višine (angleško NPSH critical value), ki sovpada s 3% padcem celotne črpalne višine. Zaradi tega je bila ta diskretna frekvenca uporabljena tudi za določanje NPSH kritične vrednosti, tudi pri delovanju črpalke na mestu obratovanja (in-situ). Poleg tega so bili v članku pojasnjeni tudi mehanizmi za nastanek hrupa, pri tej karakteristični diskretni frekvenci in na katero kavitacija ima velik vpliv. V ta namen so bile uporabljene tri različne metode: prva je temeljila na analizi signala zvočnega tlaka v zraku, druga je temeljila na analizi signala podvodne akustike in tretja na analizi signala strukturnih vibracij. Analize so pokazale, da je karakteristična diskretna frekvenca posledica strukturnih vibracij ali resonanc ohišja črpalke, te pa posledica bombardiranja sten črpalke pri imploziji kavitacijskih mehurčkov. Na notranjih površinah črpalke.
		ANG	Cavitation within a pump causes structural vibration with noise, among other by-products. Experiments have shown that there is a discrete frequency or broadband peak within the audible noise spectra, which is in strong correlation with the development of the cavitation process in the pump. Furthermore, the peak of the discrete frequency, or broadband peak, coincides with the net positive suction head (NPSH) critical value, which corresponds to a 3% drop in the total delivery head. Therefore, the discrete frequency tone can be used to detect the incipience of cavitation and its development as well as to determine the NPSH required or critical value with in situ operation of a pump. In this study, we wanted to clarify the mechanism of noise generation, which is responsible for the discrete frequency component and on which cavitation has an important effect. For this purpose, three different measurement methods were used: the first is based on measurement of the sound pressure level (SPL) in the surrounding air, the second is based on measurement of the underwater acoustics and the third is based on measurement of the structural vibration. Experiments have shown that the characteristic discrete frequency tone, which is in close correlation with the cavitation process, is a result of structural vibrations (modes) or resonances caused by implosion of bubbles and bombardment of the inner surfaces of the pump.

Objavljeno v	Elsevier Science; Applied acoustics; 2009; Vol. 70, issue 9; str. 1175-1182; Impact Factor: 0.784; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.068; WoS: AA; Avtorji / Authors: Čudina Mirko, Prezelj Jurij
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine²

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	10982171	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba slišnega zvoka za neporušno testiranje v strojništvu
		ANG	Use of audible sound for non-destructive testing in mechanical engineering
	Opis	SLO	V strojništvu obstajajo različni pojavi, katere moramo meriti oz. nadzirati, da bi preprečili njihov nezaželeni učinek. Če so ti pojavi povezani z nastankom hrupa, kot je to primer v energetskem in procesnem strojništvu ter pri obdelovalnih strojih je uporaba slišnega zvoka zelo uporabna kot nedestruktivna metoda za njihovo odkrivanje in nadzor. V okviru tega vabljenega predavanja so bila predstavljena nova spoznanja in metode uporabe slišnega zvoka pri kontroli obratovalnih razmer, karakterističnih prehodnih pojavov in kakovosti procesov. Uporaba slišnega zvoka je bila demonstrirana pri identifikaciji zastojnih vrtincev in prečrpavanja pri aksialnih in centrifugalnih turbo strojih (ventilatorjih in črpalkah) pri odkrivanju pojava kavitacije v centrifugalnih črpalkah in pri določanju čiste pozitivne sesalne višine (angl. NPSH) kritične vrednosti, pri kontroli kvalitete postopka varjenja (MIG) in pri rezanju z vodnim curkom (water jet). Vsi predstavljeni pojavi so bili podkreppljeni tudi teoretično. V primerjavi z drugimi metodami je metoda z uporabo slišnega zvoka poceni, enostavna in za uporabnika prijazna. Namesto posebnih preskuševališč ali prilagoditve stroja potrebujemo le mikrofonsko postavljen v bližini stroja in računalnik z zvočno kartico.
		ANG	In mechanical engineering there are different phenomena, which have to be tested and monitored to control undesirable effects. Where these phenomena are connected with the emitted noise like in power and process engineering, and working and machinetools, audible sound is very useful tool for non-destructive testing and monitoring. In this paper, our findings connected with transient phenomena, will be presented. The use of audible sound was demonstrated: - in detection of rotating stall and surge at axial and centrifugal turbo machines (fans, compressors and pumps), - in detection of the cavitation in centrifugal pumps and for determination of the net positive suction head (NPSH) critical value, and - in quality control of the gas metal arc welding (GMAW) process. In this paper, all these phenomena are also theoretical demonstrated. In comparison with other methods, the method based on the use of audible sound is cheap, easy and userfriendly. Instead of a special test stand or boring a hole in the machine wall to mount a sensor, only a microphone placed nearby and a computer with a sound card are needed.
	Šifra	B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v	Comadit; CM 2009 and MFPT 2009; 2009; Str. 1348-1360; Avtorji / Authors: Čudina Mirko	
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)	
2.	COBISS ID	11791899	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zaznavanje kavitacije v centrifugalnih črpalkah s pomočjo zvoka in vibracij v slišnem delu spektra

		ANG	Cavitation detection in centrifugal pumps using sound and vibration in audible range
	Opis	SLO	V delu je bila raziskana metoda zaznavanja kavitacije v centrifugalnih črpalkah s pomočjo merjenja hrupa in vibracij v slišnem delu spektra, torej od 20 Hz do 20 kHz. Raziskava je pokazala, da je predstavljena metoda zaznavanja kavitacije zanesljiva in učinkovita. Pojav kavitacije v črpalki povzroči velik porast amplitude hrupa in vibracij v širokem frekvenčnem območju, še bolj pa v določenih ožjih območjih, določenih na podlagi preučevanja mehanskih in akustičnih lastnosti črpalke. Rezultati kažejo na veliko uporabnost metode pri zaznavanju in nadzoru kavitacije v centrifugalnih črpalkah.
		ANG	This work deals with the method for cavitation detection in centrifugal pumps, based on noise and vibration measurement in an audible range, from 20 Hz to 20 kHz. The research showed that this detection method is reliable and efficient. Cavitation phenomenon in the pump causes great increase of noise and vibration level in wide frequency range. At some particular discrete frequencies even higher levels can be achieved. Results showed that this method can be successfully used for detection and monitoring of development cavitation in centrifugal pumps.
	Šifra		D.09 Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v		[J. Černetič]; 2010; VI, 117 f.; Avtorji / Authors: Černetič Jan
	Tipologija		2.08 Doktorska disertacija
3.	COBISS ID	12453659	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Kontrola kavitacije z uporabo slišnega zvoka in nekaj novih predlogov za preprečevanje kavitacije v turbo črpalkah
		ANG	Monitoring of cavitation by sound in audible range and some new proposals for prevention cavitation in kinetic pumps
	Opis	SLO	Kavitacija v turbo črpalkah lahko povzroči poslabšanje performans, poškodbo materiala črpalke in strukturne vibracije ter hrup. Za preprečitev kavitacije v črpalki moramo poznati začetek in stopnjo razvoja kavitacije v črpalki. V ta namen lahko poleg drugih metod uporabimo tudi hrup v slišnem delu spektra. Naše raziskave so pokazale, da obstaja neka diskretna frekvenca ali ozkopasovni peak znotraj slišnega dela spektra, ki sta v ozki povezavi z razvojem kavitacije v črpalki. Ugotovili smo, da njuna amplituda naraste do 15 dB(A) in več pri popolnem razvoju kavitacije. To pomeni, da se to diskretno frekvenco oz. ozkopasovni pek lahko uporabi za ugotavljanje nastanka in razvoja kavitacije. Ko se ugotovi poponi razvoj kavitacije v črpalki moramo preprečiti njen nadaljnji razvoj. Da bi to dosegli so bile predlagane in ocenjene tri nove metode: 1) z vbizgavanjem vode v sesalno ustje iz tlačnega priključka črpalke, 2) z vbizgavanjem vode v sesalno ustje iz sekundarnega vira (vodovoda) in 3) z dovajanjem vode v sesalno ustje iz sesalnega rezervoarja preko posebne sesalne cevi, ki poteka paralelno z glavno sesalno cevjo. Eksperimentalni rezultati so pokazali, da sta primerni za preprečevanje kavitacije v črpalki le zadnji dve predlagani metodi. Metodi sta zasnovani na principu odpiranja posebnega ventila, ki se odpre, ko pride do ustrezne razlike tlakov pred in za ventilom, običajno je to pri 3% padcu črpalne višine, to je ko se kavitacija popolnoma razvije. V tem trenutku ventil odpre povezavo z vodnim virom, ki omogoči dotok vode v sesalno ustje črpalke in povišanje tlaka ter prepreči razvoj kavitacije in končno njenega nastanka.
			Cavitation in kinetic pumps can cause deterioration of the hydraulic performance, damage of the pump by pitting and material erosion, and structure vibration and noise. To prevent cavitation in a pump we have to know the beginning and development of the cavitation in the pump. For this purpose, the signal of noise in audible range can be used, among other

			possibilities. Our experiments have shown that there is a discrete frequency tone or narrowband frequency range within the audible noise spectra, which are in strong correlation with development of the cavitation process in the pump. We found that the amplitudes in the narrowband frequency range are increased by up to 15 dB(A) and more when cavitation is fully developed. Therefore, this characteristic discrete frequency tone or narrowband frequency range can be used to detect the incipient of cavitation and its development. When fully developed cavitation in the pump is detected its prevention has to be done. In order to prevent cavitation in a kinetic pump three new methods were presented and discussed: 1) by injection of the water in the suction nozzle from the pump discharge, 2) by injection of the water in the suction nozzle from a secondary pump or waterworks and 3) by supplying water in the suction nozzle from a suction tank through an additional pipe connected parallel to the main suction pipe. Experimental results have shown that the last two are effective and appropriate for prevention of cavitation in a kinetic pump. The methods are based on activation of a special valve working on the principle of pressure difference before and after the valve, usually when 3% drop of the total delivery head is achieved, i.e. when cavitation is fully developed. In this moment the valve opens the connection to the water supply causing increase of the static pressure in the suction nozzle.
	Šifra	B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v	Hrvatsko akustičko društvo; Proceedings; 2012; Str. INV-03 1-10; Avtorji / Authors: Čudina Mirko	
	Tipologija	1.06	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
4.	COBISS ID	11572507	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Akustično optimiranje sesalne enote za mokro sesanje
		ANG	Acoustic optimization of vacuum cleaner motor for wet aspiration
	Opis	SLO	Precejšnji tržni delež sesalnikov za prah odpade na sesalnike za mokro sesanje namenjenih za sesanje v gospodinjstvih in v profesionalni rabi. Najbolj pomemben del sesalnika je sesalna enota. Težki obratovalni pogoji, visoke zahteve po performansah in dolga življenjska doba, majhna masa in dimenzije so samo nekateri izmed kriterijev, ki so bili upoštevani pri razvoju nove sesalne enote za mokro sesanje. Posebna pozornost je bila dana nizki emitirani ravni hrupa in prijetnem zvoku za človeško uho. V tem članku je bil predstavljen postopek za sistematično identifikacijo virov hrupa na obstoječem motorju. Glavnina raziskav je bila usmerjena na razumevanje mehanizmov nastajanja hrupa. Na podlagi tega so bile optimirane nove zasnove geometrije in dimenzije sesalne enote. Pri iskanju optimalne geometrije in zmanjšanju števila eksperimentov je bila uporabljena CFD analiza. Predstavljene rešitve so bila osnova za novo izboljšano sesalno enoto za suho sesanje.
		ANG	Significant share of vacuum cleaner market belong to vacuum cleaners for wet household and professional aspiration. Most important part of a device is wet vacuum cleaner motor. Heavy operation conditions, high performance and long operation live; low mass and smaller dimensions are only few of criteria for new bypass motor development. Special focus is given to low emitted noise and pleasant sound for human ear. This paper present systematic approach to identification of noise sources on existing motor. Research emphasis is focused on understanding the mechanics of noise source generation. New ideas of geometry and dimension optimization are proposed. CFD analyses were focused to find optimal geometry and reduce number of experiments. The presented solutions are foundation for new improved bypass motor.
	Šifra	F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka

5.	Objavljeno v		S. Hirtzel; EAA Euroregio 2010; 2010; Str. 82; Avtorji / Authors: Biček Andrej, Rihtaršič Janez, Markič Igor, Rejec Jožica, Prezelj Jurij, Čudina Mirko
	Tipologija		1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
	COBISS ID		11151643 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nekaj statističnih aspektov hrupa zaradi eksplozij petard
		ANG	Some statistical aspects of firecracker noise
	Opis	SLO	Ker imajo eksplozije petard impulzni značaj lahko te povzročijo izgubo sluha, resne osebne poškodbe, požar, vznemirjenje in celo smrt. Njihove vršne ravni zvočnega tlaka na razdalji nekaj metrov lahko presežejo mejne vrednosti 140 dB, pri kateri je nujna uporaba osebne varovalne opreme. Ta članek se ukvarja z nekaterimi aspekti hrupa, ki so posledica eksplozij petard merjeno med novoletnimi prazniki. Poleg značilnih faktorjev, ki vplivajo na akustično moč takšnih eksplozij so tukaj opisani tudi nekateri statistični aspekti. Poseben poudarek je dan funkciji verjetnostne porazdelitve peakov ravni zvočnega tlaka, ki so posledica eksplozij velikega števila petard. V splošnem verjetnostna porazdelitev peakov sledi pravilom Rayleighove porazdelitve, medtem ko v primeru, ko je število eksplozij na enoto časa zadosti veliko, pa sledi pravilom Gaussove porazdelitve. Takšen prehod se pospeši, če se upoštevajo odboji, ker v tem primeru število peakov med dva zaporedna ničelna prehoda zvočni tlak poveča.
		ANG	Since firecracker explosions have the characteristics of an impulse noise, they can cause hearing loss, serious personal injuries, fire hazards, annoyance, and even death. Their peak sound pressure levels at a distance of some meters can exceed the limit value of 140 dB, at which hearing protection is necessary. This article deals with some noise aspects resulting from firecracker explosions, which were measured during New Year's Eve. Apart from principal factors influencing the acoustic power of such an explosion, some new statistical aspects are described. A special emphasis is given to the probability distribution function of peak sound pressure levels, originating from a great number of firecracker explosions. Generally, the probability distribution closely follows the Rayleigh distribution, but when the number of explosions in unit time is high enough, it tends to a Gaussian distribution. Such transition is accelerated when reflections are taken into account, since in this case the number of peaks between two sequential zero crossings of sound pressure increases.
	Šifra		F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Objavljeno v		Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2009; Vol. 55, no. 9; str. 529-541; Impact Factor: 0.533; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.969; WoS: IU; Avtorji / Authors: Deželak Ferdinand, Prezelj Jurij, Čudina Mirko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁸

Psihoakustični testi. Raziskovalna skupina FS je na hrupu, ki ga je emitiralo več sesalnih enot opravila psihoakustične teste z namenom ugotavljanja kakovosti proizvodnega procesa in prijetnosti hrupa, ki ga proizvajajo sesalne enote. V ta namen so izvedene dve vrsti raziskav na podlagi testov in na podlagi psihoakustičnih cenilk. Pri testih so poslušalci (45 študentov) poslušali hrup sesalnih enot in ocenjevali na podlagi semantičnega diferenciala (prijetno – neprijetno) z oceno 1 (neprijetno) do 5 (zelo prijetno). Pri vrednotenju psihoakustičnih cenilk smo hrup sesalnih enot vrednotili s cenilkami: glasnost, jakost fluktuacije, hrapavost, ostrina in tonalnost. Na podlagi primerjave rezultatov obeh metod smo izdelali algoritem za ocenjevanje

kakovosti hrupa sesalnih enot na koncu proizvodne linije. Ta se lahko uporabi za vrednotenje kakovosti proizvodnega procesa, ki ga trenutno opravlja priučena delavka na tekočem traku, ali za oceno subjektivnega vrednotenja hrupa različnih sesalnih enot. Rezultati študije so objavljeni na znanstveni konferenci (COBISS.SI-ID 12452379), trenutno je tudi nov članek v fazi recenzije v priznani mednarodni reviji s faktorjem vpliva.

Merjenje absorpcije materialov. Razvit je bil sistem za merjenje absorpcije materialov (sten in panelov) v prostoru ali na odprtem. Sistem temelji na principu delovanja akustičnega dipola v bližnjem polju in odboja valovanja od sten. Preliminarni rezultati so zelo obetavni. Metoda je še v fazi izpopolnjevanja in je del doktorske dizertacije, ki bo zaključena predvidoma v roku leta in pol. Prednost metode v primerjavi s standardno metodo, ki se izvaja v ustreznih laboratorijskih pogojih (odmevnici), je, da je poceni, enostavna in uporabna na terenu za ugotavljanje absorpcije posameznih delov površine v prostoru, pri npr. izračunu odmevnega časa ali pri izboljšanju razumljivosti govora v predavalnicah in avditorijih. Preliminarne študije so objavljene na znanstveni konferenci (COBISS SI-ID 12349467).

10. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Programska skupina je mednarodno prepoznavna, kar potrjujejo številna vabljenja predavanj na tujih univerzah kot gostujoči profesor ali kot uvodni predavatelj na konferencah. S kakovostnimi znanstvenimi objavami v mednarodni recenzirani periodiki je skupina prispevala k zakladnici znanja na področju akustike, hrupa, vibracij in medicine dela, kar potrjujejo tudi citati v bazi podatkov SICRIS.

Pri raziskovalni skupini Tehnična akustika (FS) je ta prispevek opazen predvsem na področju popisa mehanizmov nastajanja hrupa v energetskih delovnih strojih (črpalkah, kompresorjih in ventilatorjih) pri prehodnih režimih obratovanja, kot sta meja prečrpavanja in pojav kavitacije pri črpalkah. Pri monitoringu razvoja pojava kavitacije je razvita nova metoda, ki temelji na uporabi slišnega zvoka, in ki omogoča tudi določanje čiste pozitivne sesalne višine, oz. NPSH (Net Positive Suction Head) vrednosti, tudi na mestu obratovanja črpalke, ki se sicer določa v laboratorijskih pogojih. Poleg tega je skupina prispevala pri uporabi slišnega zvoka pri kontroli kvalitete zvara s snemanjem slišnega zvoka, ki nastane pri varjenju. Skupina je pomembno prispevala tudi pri uporabi ultrazvoka pri razkrajanju parnih mehurčkov, ki nastanejo pri pojavu kavitacije in kaljenju jekla. Z navedenimi prispevki je skupina prispevala praktično podlago za zmanjšanje škodljivih učinkov pojava kavitacije, zlasti erozije sten črpalke, pri kaljenju jekla pa je z razkrajanjem parnih mehurčkov omogočila povečanje hitrosti postopka kaljenja jekla in povečanje trdnosti. S prispevkom na področju aktivnega dušenja hrupa z brezzančno krmilno strukturo in z uvajanjem dipolnega vira za zmanjšanje akustične povratne zanke je skupina omogočila izboljšanje učinkovitosti metode v širšem frekvenčnem območju. V fazi razvoja je tudi nov postopek merjenja absorpcije materiala v prostoru vgrajenih materialov. Metoda temelji na uporabi dipola v bližnjem polju.

V okviru skupine razvojnih področij DOMEL so dosegli opazne rezultate pri raziskavah na področju sesalnih enot in elektromotorjev ter razvoju in izboljšanju njihove konkurenčne sposobnosti na razvitih svetovnih trgih. Uspelo jim je razviti in izdelati sesalno enoto z visokim izkoristkom in nizko ravno hrupa tako, da so postali vodilni proizvajalci sesalnih enot v svetu. V Domelu so zasnovali razvoj podjetja na ciljih s katerimi želijo doseči tehnološko visoko zahtevne in energijsko učinkovite izdelke. V ta namen dajejo velik poudarek temeljnim in aplikativnim raziskavam, saj v ta namen vsako leto izdvajajo okrog 9% celotnega prihodka. Taki in podobni projekti pa pomembno prispevajo k skrajšanju časa razvoja ter hitrejši realizaciji izdelka od zasnove do končne izdelave. Njihov prispevek k znanosti je, poleg lastnih raziskovalnih dosežkov, tudi v implementaciji znanstvenih oz. raziskovalnih dosežkov v prakso na konkretnih izvozno usmerjenih izdelkih, ki posledično dvigujejo konkurenčno sposobnost podjetja. V okviru projekta optimizacije in razvoja nove sesalne enote za mokro sesanje so prispevali dodatna znanja na področju turbinskih strojev in elektromotorjev, njihovi optimizaciji in razvoju, pri čemer uporabljajo sodobna računalniška orodja (Ansys, Fluent), kar zmanjša število prototipov in stroške.

V okviru raziskovalne skupine varstvo pri delu (ZVD) so veliko dosegli na področju medicine dela, saj so njihove raziskave na področju vpliva hrupa na poškodbe sluha in ekstra auralne učinke priznane tudi v svetu. Ena takih je tudi vpliv hrupa na koncentracijo stresnega hormona kortizola. Znan je njihov prispevek k znanosti tudi na področju vrednotenja impulznega hrupa, zaradi eksplozij petard in eksplozij v kamnolomih, in njegovem vplivu na poškodbo sluha in čas restitucije. Prav tako je pomemben prispevek laboratorija za fizikalne meritve pri vrednotenju virov strukturalnega hrupa, v katerem so zasnovali tudi novo metodo identifikacije nekoherentnih virov znotraj večjega sistema kompleksnih virov hrupa.

ANG

The programme team is internationally recognized and renowned, which many invitations to lecture at foreign universities as a guest professor or keynote speaker at international conferences confirm. By many scientific publications in international journals having IF the team has contributed new knowledge in the area of acoustics, noise and vibration, and occupational medicine, which the citation index in the bases SICRIS confirms.

For the Research Group of Technical Acoustics (FME) this contribution is relevant first of all in the area of description of the noise generating mechanisms within pumps, compressors and fans when they operate in transient regimes, e.g. when rotating stalls and surge appear or cavitation in pumps. A new method based on the use of audible sound was developed to monitor the onset of cavitation and its development and to determination of the Net Positive Suction Head (NPSH) required value, also in-situ operation, otherwise determined in laboratory conditions. In addition, the use of audible sound was implemented for monitoring the quality of the welding process by recording the sound caused by the welding process. The research group has also made an important contribution to science by using ultrasound for decaying vapour bubbles, which occur in the cavitation process and during iron hardening (steeling). In this way, harmful effects of cavitation, especially the erosion of the pump walls were prevented, and an increase in the speed of hardening and hardening depth at the steeling was achieved. By contribution to the feedforward active noise control system and especially by using dipole noise source for reducing the effect of acoustic feedback to primary signal effectiveness of the method was pretty improved in wider frequency range. In phase of development is a new method for measurement absorption coefficient in-situ, i.e. in room built-in materials. The method is based on use of dipole in a near field.

Research and Development Group DOMEL have achieved significant results in suction units and electric motors research, and in increasing their competitiveness in the developed world markets. They have succeeded in producing a suction unit with high efficiency and low level noise which made them the leading producer of the suction units in the world. In DOMEL their goal is to produce high-tech and high efficiency products. It is for this reason that they invest in basic and applied research: each year 9% of the company's revenue is invested for these purposes. Such projects shorten the time required for the development of a product from an idea to the final production. In addition to their own research achievements, their contributions to science also include transferring basic research achievements into practice with export products. This increases their competitiveness. Their project of optimisation and development of a new "by-pass" suction unit they have made a significant contribution to new knowledge in the field of turbo-machinery and electric motors, as well as their optimisation and the development. This is done by using up-to-date computer tools (Ansys, Fluent), which reduces number of prototyping and cost.

The Research Group Occupational Safety (ZVD) has achieved important results in the area of occupational medicine, and their research on the field of the effects of noise on hearing loss and extra aural effects are also well recognized in the world. One of these is the effect of noise on the concentration of stress hormone cortisol. Their contribution to science in the field of impulse noise evaluation, due to firecracker explosions and blasting in quarries, and their effects on the hearing injuries and the time of restitution, as well as evaluating the causes of structure borne noise are well-known. In the same laboratory a new method was established for identification of dominant incoherent sound sources within a bigger system of complex noise sources.

10.2.Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Z natančno identifikacijo virov hrupa in njihovo sanacijo smo aktivno prispevali k zmanjšanju hrupa na delovnih mestih in v okolju na sploh, posledično smo s tem prispevali tudi k humanizaciji delovnih mest in udobju v življenjskem in bivalnem okolju.

Raziskovalna skupina za Tehnično akustiko (FS) skrbi za tesno sodelovanje in izmenjavo raziskovalnih dosežkov med sodelujočimi inštitucijami in tako prispeva k dvigu ravni skupnega znanja in izkušenj, katerega nesebično posreduje tudi drugim gospodarskim subjektom v obliki svetovanja, seminarjev, konferenc in predavanj. S številnimi objavami v mednarodnih recenziranih revijah (z IF) pripomore tudi k mednarodni prepoznavnosti R. Slovenije. Državnim organom pa posamični člani programske skupine pomagajo v okviru sodnega izvedenstva, akreditacijskih organov pri USM in tehničnega komiteja za akustiko v okviru SIST. Skupina skrbi tudi za društveno organiziranost doma (SDA) in v regiji (AAAA). Z delom v tehničnih odborih številnih mednarodnih združenj posredno pripomoremo tudi k večji prepoznavnosti Slovenije v svetu. Vodja programske skupine je bil 4 leta tudi direktor IIAV. S širjenjem mreže predmetnih vsebin tudi na druge fakultete (Fakulteta za arhitekturo, Biotehnična fakulteta, Medicinska fakulteta) prispeva k dvigu tehnične kulture na tem področju.

Raziskovalna skupina razvojnih področij DOMEL je veliko naredila na razvoju nove generacije sesalnih enot, ki so z visokim tržnim deležem veliko pripomogle k prepoznavnosti Republike Slovenije. Z dolgoročnimi raziskavami in razvojem novih izvozno usmerjenih izdelkov z odličnimi karakteristikami so utrdili svoj položaj vodilnega proizvajalca izdelkov za široko porabo, saj s ca. 8 milijonov izdelanih sesalnih enot na leto pokriva okrog 35% svetovnega in okrog 65% evropskega tržnega deleža. Na ta način so uvrstili Republiko Slovenijo med največje in najprestižnejše proizvajalce sesalnih enot na svetu, ki svoj visok tržni delež v tekmi s poceni vzhodnoazijskimi izdelki zagotavljajo predvsem z odličnostjo po vseh kazalcih. A tekma se nadaljuje in prav zato se skupina prizadeva tržni delež še naprej ohranjati in še povečevati. Z intenzivnimi raziskavami na področju zmanjševanja hrupa, povečanja izkoristka, zmanjšanja proizvodnih stroškov in kontrole kvalitete se želijo uvrstiti tudi v še višji cenovni razred. Prispevek raziskovalne skupine k razvoju stroke in inženirske prakse je velik, saj s svojimi prizadevanji za doseganje najvišjih standardov služijo za zgled drugim. Nadaljnja optimizacija in razvoj »by-pass« sesalne enote, družine 467, za kombinirano sesanje predstavlja nadaljnji razvojni izziv. Z visokimi naročili teh sesalnih enot se je v ponudbi Domela povečal delež visokotehnoških izdelkov, kar prinaša višjo dodano vrednost, ohranitev zaposlenosti v lokalnem in širšem okolju ter perspektivno zaposlitev za visoko izobražene kadre.

Raziskovalna skupina varstvo pri delu (ZVD) je referenčni zavod na področju medicine dela v Sloveniji in še posebej na področju varstva pred hrupom. S svojimi raziskovalnimi in strokovnimi aktivnostmi so postali vodilna inštitucija znanja na področju varovanja zdravja. S številnimi praktičnimi in inovativnimi prijemi in rešitvami so veliko prispevali na področju tehnike zmanjševanja hrupa na mestu vira in širše ter tako prispevali k humanizaciji delovnega mesta ter življenjskega in bivalnega okolja. Skupina se veliko ukvarja s spremljanjem profesionalnih bolezni zaradi hrupa, zlasti z ekstra auralnimi učinki in ukrepi za zmanjšanje poškodb sluha in njihovo restitucijo. Sodelujejo pri izobraževanju na tem področju in pomagajo državnim organom pri svetovanju in izdelavi uredb in pravilnikov, zlasti v okviru ministrstva za okolje in prostor in ministrstva za zdravje.

ANG

By an exact identification of noise sources and their control we have contributed to noise reduction at workplaces and in the environment in general and consequently also to making workplaces more employee-friendly and to comfort people in living environment.

The Research Group Technical Acoustics closely cooperates and exchanges research achievements between all three cooperating institutions and in this way contributes to increasing the level of common knowledge and experience, which it selflessly shares with business entities by advising and conducting seminars, conferences and lectures. The Group's several publications in international journals with citation index also greatly contributes to the international recognisability of the Republic of Slovenia. Some members of the research team have worked with the state institutions as court experts, as accreditation authority at the USM and technical Committee of Acoustics within the SIST. The Team is also involved in society activities within SDA in Slovenia and within AAAA in the Alps-Adria region. Participation in technical committees of different international associations we have indirectly also contributed

to global recognisability of the Republic of Slovenia. The Head of the Programme Team acted as Director of the IIAV for four years. By introducing the subject of acoustics into the curriculum at other faculties (Faculty for Architecture, Biotechnical Faculty and Medical Faculty) the Team is helping to boost technical culture in this area.

Research and Development Group DOMEL has done a lot in the development of the new generation of suction units which have contributed to the recognisability of Slovenia by having a large market share. Their long-term research work and the development of new export products with great characteristics they have become the leading producer of consumer goods as with around 8 million suction units per year they cover about 35% of the global market and about 65% of the European market share. It is for this reason that Slovenia has been included amongst the biggest and the most prestigious producers of suction units in the world, whose large market share is secured by maintaining excellence even though they have to compete with cheap Asian products. However, competitiveness is always challenging, so the team tries to continuously increase their market share. They have been trying to break into a higher price range through intense research of noise control, increase of efficiency and quality control. The contribution of the DOMEL research team to the development of the field and engineering practice is considerable, as they serve as a good example with reaching the highest standards. Further optimisation and development of the "by-pass" suction unit of the Family, 467, which is used for combination suction is a development challenge. Large orders for this suction unit have contributed to a bigger share of high-tech products that DOMEL has to offer. This brings higher added value, preserves jobs, and contributes to employment of the professionals.

The Research Group Occupational Safety (ZVD) is a referential institute in the area occupational medicine in Slovenia and especially in the area of safety from noise. Their research work and professional activities have made them into a leading institution in their area of health protection. Through practical and innovative approaches and solutions they have greatly contributed to the area of noise control at the source and wider, and so to humanisation of working places and living environment. The team has been involved in monitoring work-related illnesses caused by noise, especially by extra aural effects as well as measures for decreasing hearing injuries and their restitution. They have been involved in education and have worked with state institutions in advising and preparing rules and regulations, particularly at the Ministry of the Environment and Spatial Planning and the Ministry of Health.

11. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹²

11.1. Diplome¹³

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	
bolonjski program - II. stopnja	2
univerzitetni (stari) program	19

11.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
0	Marko Drvar	☒	☐	☒	
0	Jan Černetič	☐	☒	☒	
20841	Jožef Horvat	☐	☒	☐	
0	Nikola Vlahović	☒	☐	☐	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti
MR - mladi raziskovalec

12. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁵

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
28612	Jan Černetič			C - Gospodarstvo	
29621	Marko Drvar			C - Gospodarstvo	

Legenda zaposlitev:

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

13. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
10851	Ferdinand Deželak	A -	12	
0	Andrej Biček	A -	10	
0	Eracn Duzgun - Turčija	A -	5	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

14. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹⁶

SLO

Raziskovalna skupina za Tehnično akustiko:

- COST Action TU 0901 Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions
- COST Action TD 0804 Soundscape of European Cities and Landscapes
- 2103 Advanced Voice Function Assessment
- Texas Institute of Science, Inc. ("TxIS"), 1701 N. Greenville Ave., Suite 901, Richardson, Texas 75081, An overview of active noise suppression system for pumps. (Contract No. 5487-RP-010), 2009 (nosilec M. Čudina, FS).
- Brodarski institut d.o.o, Avenija V. Holjevca 20, 10020 Zagreb, Hrvaška, Noise sources identification in Cementarna Sućurac, 2011 (nosilec J. Prezelj)

Raziskovalna skupina razvojnih področij **DOMEL**:

LOTUS Razvoj sistema za dovod zraka za gorivne celice, (nosilec J. Rejec)

MANUET Sodelovanje pri razvoju gorivne celice (nosilec J. Rejec) in
CONOT evropski razvojni projekt za razvoj dovoda za gorivne celice (nosilec J. Rejec).

15. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), potekali izven financiranja ARRS¹⁷

SLO

- VARSI, d.o.o. Stegne 35, 1000 Ljubljana, Detekcija mikro razpok v izdelkih zelene gostote (varistor) z uporabo zvoka. Pogodba št. FS 5/068-2012 (nosilec M. Čudina FS).
 - Kova, d.o.o. Teharska cesta 4, 3000 Celje, Razvoj sistema za izvajanje meritev zvočne izoliranosti, Pogodba št.: 5/030-2012, (nosilec J. Prezelj, FS).
 - DOMEL d. d., Železniki, Zmanjšanje hrupa sesalne enote za mokro sesanje, Pogodba št. FS 5/01-09) (nosilec M. Čudina, FS).
- Projekti za druge naročnike (z naročilnico nosilec M. Čudina, FS).
- Iskra Mehanizmi, Lipnica 8, 4245 Kropa, (z naročilnico nosilec M. Čudina).
 - ZVD, Chengdujska 25, 1000 Ljubljana, (z naročilnico nosilec M. Čudina).
 - Ministrstvo za pravosodje: Stalni sodni izvedenec za ekologijo (hrup in vibracije) in za energetske delovne stroje (črpalke, kompresorji in ventilatorji) v številnih primerih sodnih sporov (M. Čudina),
 - USM: Stalni presojevalec za laboratorijske meritve hrupa v okviru slovenske akreditacije USM (J. Prezelj),
 - Slovenska standardizacija SIST: Predsednik tehničnega komiteja za akustiko (M. Čudina),
 - Ministrstva za kulturo: Predsednik Sveta Tehničnega muzeja Slovenije (M. Čudina),
 - Predsednik Slovenskega društva za akustiko (SDA) od ustanovitve 1997 naprej (M. Čudina),
 - Občasni predsednik Alps Adria Acoustics Association (AAAA) od ustanovitve 2000 naprej (M. Čudina),
 - Na Fakulteti za strojništvo: Član Senata in predstojnik katedre za delovne stroje in tehnično akustiko (M. Čudina).
 - Slovenska Akreditacija: Stalni ocenjevalec za sistem kakovosti v preskusnih laboratorijih na področju meritev hrupa in vibracij po SIST/EN ISO 17025 standardu in po standardu SIST/EN ISO 17020 tudi za kontrolne organe (J. Prezelj)
 - Pri Ministrstvu za zdravje: Član sveta za varnost, zdravje in delo in član sveta za alkoholno politiko (M. Bilban),
 - Pri Gasilski zvezi Slovenije: Član predsedstva za področje varstva, zaščite in reševanja (M. Bilban),
 - Na Medicinski fakulteti: Član Senata in predstojnik katedre za ekologijo (M. Bilban).

16. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁸

SLO

Ocenjujemo, da so rezultati programa ustvarili solidno osnovo za implementacijo raziskovalnih dosežkov v prakso in sicer na naslednjih področjih:

1. Za implementacijo metode zaznavanja pojava kavitacije v vodni črpalki na mestu obratovanja s pomočjo diskretne frekvence v slišnem delu spektra zvoka.
2. Za implementacijo slišnega zvoka, ki nastane pri varjenju, za vrednotenje kakovosti zvara, oz. varilnega postopka. Enako velja za vrednotenje kakovosti reza pri rezanju z vodnim curkom (water jet).
3. Za na novo razvit sistem aktivnega dušenja hrupa z uporabo akustičnega dipola, kot sekundarnega vira hrupa, ki je zrel za implementacijo v kanalu prezračevalnih, klima, hladilnih in ogrevalnih sistemov.
4. Za na novo razviti sistem za merjenje absorpcije plošč in sten v prostoru na principu akustičnega dipola v bližnjem polju.
5. Za možnost razvoja novih absorpcijskih materialov z veliko specifično gostoto, ki temeljijo na odpadnih materialih, kot so avtomobilske gume, tekstil in razne poliuretanske pene, za dušenje tudi nizko frekvenčnega hrupa.
6. Za svetovanje na področju zmanjševanja hrupa, za izvajanje zahtevnejših meritev hrupa in vibracij in za izdelave sanacij virov hrupa.
7. Za svetovanje na področju prostorske akustike, izboljšanja razumljivosti govora v učilnicah, predavalnicah, avditorijih itn.

Ime podjetja bi lahko bilo **Inštitut za akustiko**.

Za ustanovitev spin-off podjetja so potrebna: zagonska sredstva za ustanovitev podjetja, za enoletno plačo enega zaposlenega, sredstva za najem prostora, za trženje itn.

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

možnost ustanovitve spin-off podjetja	☒ DA ☐ NE
potrebni finančni vložek	50.000,00 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁹	50.000,00 EUR

18. Izjemni dosežek v 2012²⁰

18.1. Izjemni znanstveni dosežek

Zvočna moč sesalne enote presega 90 dB(A), pri delnih pretokih pa tudi do 10 dB več. Emitirani hrup je najbolj odvisen od zgradbe puhala, predvsem rotorja. Optimizacija rotorja je z vidika hrupa zahtevna, saj je v ozki povezavi s performansami puhala. V prizadevanjih za zmanjšanje hrupa smo prišli do originalne rešitve, ki ima trapezno (namesto pravokotno) obliko kanala in lopatice iz enega kosa. Ta rešitev je prinesla vrsto prednosti v primerjavi s klasično izvedbo rotorja, izboljša se izkoristek sesalne enote, zmanjša se hrup in kar je važno zmanjšajo se stroški izdelave. Namesto 11 delov (stojnina, pokrov in 9 lopatic s šestimi kovicami) rabimo samo tri dele (stojnina, pokrov in lopatice iz enega kosa, slika v prilogi). Tehnologija spajanja je preprosta, vsi trije elementi se centrirajo in z uporovnim varjenjem zavarijo. Nova zasnova rotorja bistveno zmanjša število delovnih operacij in ceno sesalne enote, za več kot 20%. (Objava ni dovoljena zaradi varovanja industrijske lastnine.)

18.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Raziskovalna skupina razvojna območja DOMEL je ob sodelovanju z raziskovalno skupino Tehnična akustika uspelo izdelati sesalno enoto, ki ima zelo dober izkoristek in nizko raven hrupa v primerjavi s konkurenco pri vseh režima obratovanja. Enota za mokro sesanje je postala glavni prodajni produkt DOMELA in pokriva največji tržni delež izmed vseh proizvajalcev

na svetu. Skupni tržni delež vseh njenih sesalnih enot je nad 65% evropske in 35% svetovne proizvodnje, kar DOMEL uvršča med največje proizvajalce sesalnih enot na svetu. Skupini aktivno nadaljujeta z novimi izboljšavami, saj želita ohraniti in še izboljšati tržni delež na področju sesalnih enot. Uspešne rešitve s pridom implementirajo tudi pri sesalnih enotah za suho sesanje in pri sesalnih enotah za gorivne celice. Uspeh proizvajalca je tudi uspeh. S svojimi uspehi prispevajo tudi k uspehu okolja v katerem deluje, saj zagotavlja številna delovna mesta, in s tem prispevajo tudi k stabilnosti in ugledu Republike Slovenije v svetu.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa

Podpisi:

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

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
strojništvo

Mirko Čudina

ŽIG

Kraj in datum: Ljubljana 12.3.2013

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2013/42

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani ARRS (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (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](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (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 programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

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

¹¹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹⁴ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

¹⁵ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2012), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁹ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

²⁰ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

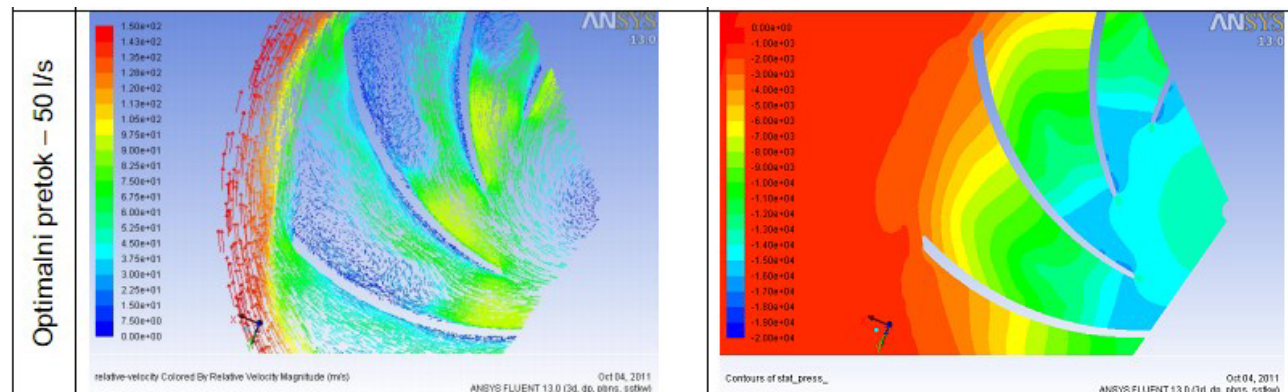
Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2013 v1.00

0A-94-F7-4C-73-FF-3E-53-CB-C9-FE-8D-F0-2F-83-6A-2C-68-7A-81

Nova sesalna enota za mokro sesanje namenjena za vgradnjo v sesalnike za prav v gospodinjstvih ima odličen izkoristek in nizko raven hrupa. Je boljša od vseh konkurenčnih pri vseh režima obratovanja. Postala je glavni prodajni produkt DOMELA, saj ga s tržnim deležem nad 65% evropske in nad 35% svetovne proizvodnje uvršča med največje proizvajalce sesalnih enot na svetu. DOMEL aktivno nadaljuje z novimi izboljšavami, saj želi ohraniti in še izboljšati tržni delež na področju sesalnih enot. Uspešne rešitve s pridom implementirajo tudi pri sesalnih enotah za suho sesanje in pri sesalnih enotah za gorivne celice. S svojimi uspehi prispevajo tudi k uspehu okolja v katerem deluje, saj zagotavlja številna delovna mesta, in s tem prispevajo tudi k stabilnosti in ugledu Republike Slovenije v svetu.



VCSU 467.3.416



Emitirani hrup sesalne enote je najbolj odvisen od zgradbe puhala, predvsem njegovega rotorja. Opravljena je teoretična analiza in optimizacija rotorja. Rezultat tega je bila popolnoma nova zasnova rotorja. Namesto pravokotne ima trapezno obliko kanala in lopatice iz enega kosa. Ta rešitev je prinesla vrsto prednosti v primerjavi s klasično izvedbo rotorja, izboljša se izkoristek sesalne enote, zmanjša se hrup in zmanjšajo se predvsem stroški izdelave. Namesto 11 delov (stojnina, pokrov in 9 lopatic s šestimi kovicami) rabimo samo tri dele (stojina, pokrov in lopatice iz enega kosa, glej sliko. Tehnologija spajanja v celoto sestoji iz preprostega centriranja okroglih elementov in uporovnega varjenja. Nova zasnova rotorja bistveno zmanjša število delovnih operacij in ceno sesalne enote, za več kot 20%.

